

XII Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Mayab.

Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Mayab.

CONIEEM



MEMORIAS
Abril 2012

ISSN 1665-0271

INSTITUCIONAL

M.C. Abel Zapata Dittrich

Director del Instituto Tecnológico de Mérida

Dra. Alma Rosa Centurion Yah

Subdirectora Académica

M.C. Jorge Carlos Canto Esquivel

Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Ing. Quirino Jimenez Domínguez

Presidente de Academia Ingeniería Electrónica

Ing. Luis Jorge Barbosa Polanco

Presidente de Academia Ingeniería Eléctrica

Consejo Editorial

Editores

MM. Carlos Alberto Lujan Ramírez

MTE. María Margarita Álvarez Cervera

Coeditores

Br. Samuel Escarcega Canche

Br. Eric Herrera May

Br. Nidia Interian Balan

Comité de Arbitraje

Dr. Arnulfo Alanis Garza; Potencia y automatización Instituto Tecnológico de Tijuana, Mexico

Dr. Miguel Angel Lopez Potencia y automatización Instituto Tecnológico de Tijuana, Mexico

M.C. Fernando Alvarez Cervera; Biomédica; Hideyo Noguchi;

Dr. Francisco José Heredia López; Biomédica; Hideyo Noguchi

MTE. Margarita Alvarez Cervera; Digitales Tecnología educativa; ITMerida.

Ing. Ivan Gil Domínguez; Comunicaciones; ITMerida.

Ing. Agustín Flores Novelo; Electrica; ITMerida.

Ing. Quirino Jimenez Domínguez; Control; ITMerida.

M.M. Carlos Lujan Ramírez; Digitales procesamiento de imágenes; ITMerida.

Dr. Ramón Atoche Enseñat; robotica; ITMerida.

M.C: Adelaida Cárdenas Bastarrachea; Tecnología educativa; IT Ensenada.

Dr. Jesus Sandoval Gio; control; ITMerida.

M.C. Jorge Carlos Canto Esquivel; industrial; ITMerida.

Dr. Alejandro Castillo Atoche; comunicaciones; ITMerida.

Dra. Citlalih Yollohtli Alejandra Gutierrez; Instituto Tecnológico de Toluca;
Areas: la Ingeniería de Software, el Procesamiento de Lenguaje Natural,
Inteligencia Artificial y Robótica.

M.C. José Rafael Cruz Reyes; Instituto Tecnológico de Toluca;
Areas: Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, Especialidad en Teoría de
Control, Inteligencia Artificial.

DR. SERGIO DIAZ ZAGAL; Instituto Tecnológico de Toluca;
Áreas: Circuitos Microelectrónicos y Microsistemas.

INDICE

CAPITULO I. ELECTRICA Y ELECTRONICA

1.1 AUTOMATIZACION Y CONTROL

1.1.1 ANÁLISIS, DISEÑO Y CONTROL DE UN ROBOT BÍPEDO	1
M.C. Miguel Ángel Barrón Castelán, Ing. José Federico Chong Flores, M.C. Samuel Mar Baron, Ing. Joe Alan Román Flores, Ing. María Angélica Hernández Colín.	
1.1.2 APLICACIÓN DE UN ALGORITMO DE RECONOCIMIENTO DE OBJETOS EN UN ROBOT MÓVIL PARA DISEÑO DE CONTROL	13
Martha I. Aguilera Hernández, José L. Ortiz Simón, Ramón V. Roque Hernández, Claudia Perales Moreno.	
1.1.3 AUTOMATIZACION DE UNA INCUBADORA CON ENERGIA SOLAR PARA AVES	21
Benigno Alejandro Del Valle Soberanes, Sergio A. Gamboa Sánchez, Miriam Gutiérrez Macedo, Porfirio R. Nájera Medina, Gerardo Reyes Salgado, Adriana Montes Martínez.	
1.1.4 AVANCES EN LA AUTOMATIZACIÓN DE UN LABERINTO ELEVADO EN CRUZ PARA LA MEDICIÓN DE ANSIEDAD EN RATAS	31
Br. Emmanuel de Jesús Vera Tun, Dr. Francisco José Heredia López, Dr. José Luis Bata García, Dr. José Luis Góngora Alfaro, M. en C. Fernando Álvarez Cervera	
1.1.5 CONTROL DE INTENSIDAD LUMINOSA Y RIEGO EN UN INVERNADERO CON ADQUISICIÓN DE DATOS Y VISUALIZACIÓN REMOTA DE DATOS A TRAVÉS DE INTERNET	36
Carlos Barroeta Zamudio ¹ , Juan Francisco Novoa Colín ² , Rodrigo López Cárdenas	
1.1.6 CONTROL PID DE ENFRIAMIENTO DE UNA CELDA TERMOELÉCTRICA: UN AJUSTE BASADO EN ALGORITMOS EVOLUTIVOS	44
Juan Fernando García Mejía, Sergio Díaz Zagal, Allan Antonio Flores Fuentes	
1.1.7 DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO BASADO EN UN MICROCONTROLADOR PIC PARA CONTROLAR UNA INCUBADORA	51

AVÍCOLA PARA PYMES.

Mtro. Miguel Humberto Moreno Carrillo, Mtro. Eddy Arquímedes García Alcocer, Ing. Aldo Fausto Blanco Segura

1.1.8 DESEMPEÑO DEL CONTROLADOR DIFUSO SINTONIZADOS MEDIANTE ASSCD Y SU COMPARACIÓN CON UN PID CONVENCIONAL.

59

JOSÉ CARLOS NAVA JIMÉNEZ, EDUARDO GÓMEZ RAMÍREZ

1.1.9 DISEÑO DE UN CONVERTIDOR DC/DC REDUCTOR DEL TIPO PWM UTILIZANDO EL MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL MODIFICADA

72

QUIRINO JIMENEZ DOMINGUEZ, MARGARITA ALVAREZ CERVERA

1.1.10 DISEÑO DE UN CONVERTIDOR DC/DC REDUCTOR-ELEVADOR DEL TIPO PWM UTILIZANDO EL MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL MODIFICADA.

78

QUIRINO JIMENEZ DOMINGUEZ, JOSE LUIS GASCA HEREDIA

1.1.11 DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN MÓDULO GENERADOR DE MOVIMIENTOS OSCILATORIOS

84

William Jesús Martín Ramírez, Víctor Hugo LópezChávez, Silvio José Villajuana Cervantes, Hugo Joel Carrillo Escalante, José Ramón Atoche Enseñat, Martha Cobos Díaz

1.1.12 INTERFACE PARA MANEJO DE 8 MOTORES A PASOS DE CUATRO FASES CON PIC 16F628A EN LAZO ABIERTO.

96

M.C. Eliut López Toledo

1.1.13 MODELADO FÍSICO Y LÓGICO DE UN DISPOSITIVO MÓVIL DE DATOS PARA MEDIR LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN MICRO CUENCAS.

103

Eddy Arquímedes García Alcocer, Miguel Humberto Moreno Carrillo, Arquímedes de Dios Domínguez García, Carlos Alberto Martínez Quiroz.

1.1.14 MONTAJE Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO AUTOMATIZADA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES COMESTIBLES USADOS	114
Carlos Milan, Chérif Ben-Youssef, Suzana Rincón, Alejandro Zepeda, Fernando Vera, Oscar San Juan, Elisa Guillén, Ligia Torres.	
1.1.15 SISTEMA DE CONTROL ADAPTABLE PARA SILLA DE RUEDAS ELECTRICA PARA PERSONAS DISCAPACITADAS	123
Raymundo Lerma Gutiérrez, Joel Ricardo Holguín Hernandez, Emmanuel Batista Rodríguez, Enrique Armando Montoya Chacón, Luis Carlos Montañez Padilla	
1.1.16 SISTEMA DE CONTROL DE CASA HABITACIÓN MEDIANTE GSM	130
Arnulfo Castro Vásquez, Saúl González Campos, Ernesto Sifuentes de la Hoya, Lidia H. Rascon Madrigal, Rafael Fierro Mascorro ¹ , Erick Alan Lozano Palma	
1.1.17 SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN PARA UNA CELDA DE COMBUSTIBLE TIPO PEM	138
Luis Ruiz Vélez, Beatriz Escobar Morales, Ysmael Verde Gómez	
1.1.18 SISTEMA DE PROYECCIÓN DE BORDE PARA LA DIGITALIZACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL DE OBJETOS SÓLIDOS EN ROTACIÓN	147
Raymundo Lerma Gutiérrez, Gerardo Trujillo Schiaffino, Didia Patricia Salas Peimbert	
1.1.19 SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE BASADO EN UN SISTEMA EMBEBIDO MULTIPROCESADOR ORIENTADO EN UNA RED EN UN CHIP	157
José Benito Góngora Kú, Eliel Isaí Chan Dzib, Julián Raúl Trejo Avila, Alejandro Castillo Atoche, Jorge Carlos Canto Esquivel, Jesús Sandoval Gío	
1.1.20 SISTEMA DOMÓTICO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA PARA EL RIEGO DE PLANTAS	168
Ricardo Antonio Ruiz Domínguez, Edrei Javier Bastar Sarao, Rogelio	

García Martínez, Juan Pech Subias, Itchelt Nallely Villanueva Ramírez, Omar Hernández González.

1.1.20 TRANSPORTE AUTOMATIZADO PARA NIÑOS CON CAPACIDADES DIFERENTES 179

E. G. Manuel Tzul.

1.2 BIOELECTRONICA

1.2.1 SISTEMA PROTOTIPO DE MONITOREO REMOTO DE CUADROS DE APNEA OBSTRUCTIVA DEL SUEÑO EMULADOS POR ADULTOS 189

Lidia H. Rascón Madrigal, Ernesto Sifuentes de la Hoya, Nelly Gordillo Castillo, Erika Meraz Tena, Arnulfo Castro Vásquez.

1.2.2 ADECUACIÓN DE UN RADAR MARINO PARA EL MONITOREO EN BAJO VUELO DEL TRIATOMA DIMIDIATA 197

Tomás de Jesús Santiago Nuñez, Dr. Francisco José Heredia López, Dr. Eric Dumonteil

1.2.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTROENCEFALÓGRAFO AMBULATORIO INALÁMBRICO CON MEMORIA 204

José Daniel Pinzón Vivas, Francisco José Heredia López, Humberto Salgado Burgos, Gloria Arankowsky Sandoval

1.2.4 LOS ISÓMEROS DEL ÍNDIGO Y SU EMPLEO COMO OPERADORES LÓGICOS MOLECULARES 216
PAMELA MOLLINEDO ROSADO, CECILIA JUÁREZ GORDIANO,
ANTONIO QUIROZ GUTIÉRREZ

1.2.5 MODELADO APLICANDO CÁLCULO FRACCIONARIO DE MUESTRAS DE TEJIDO SANGUÍNEO. 228

F. Gómez-Aguilar, J. Bernal-Alvarado, J. Rosales-García, M. Guía-Calderón, T. Cordova.

1.2.6 MÚSCULOS ARTIFICIALES NEUMÁTICOS VS SIMULACIÓN DE MÚSCULOS BÍCEPS BRACHII. 235

Sergio Díaz Zagal, Citlalih Gutiérrez Estrada, Rafael Cruz Reyez, Fernando García, Dorian Aguirre, Guadalupe Macedo, Beatriz Barrientos,

Julio Gonzále, Guillermina Gómez, Celso Hernández, Fabian Escobar, Rafael Lemus, Diana Rodríguez.

1.2.7 PROGRAMACIÓN GENÉTICA EN EL PRONÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE 245

Sigifredo García Alva, Oscar Iván Valenzuela Díaz, Guillermina Muñoz Zamora, Raúl Cruz Rentería, Zindi Sánchez Hernández

1.2.8 SIMULADOR BIOELECTRÓNICO DE VARIABLES CORPORALES PARA EL EXTERMINIO DEL MOSQUITO TRANSMISOR DEL DENGUE 252

Porfirio Roberto Nájera Medina, Angélica Gómez Cárdenas, Adriana Leticia Montes Martínez, María Esther Durán Figueroa, Viridiana Ramírez Fernández.

1.2.9 SISTEMA DE RUPTURA PARA ADHESIVOS BACTERIANOS 258

Ricardo Salazar Uitz, Víctor Manuel Moo Yam, José Rubén Lagunas Jiménez, Eduardo Pérez Cruz

1.2.10 SISTEMA INALÁMBRICO PARA EL MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES DE BAJO COSTO 266

Carlos Jair Sánchez Rivera, Francisco López Huerta, Juan Castillo Mixcóatl.

1.3 COMPUTACION

1.3.1 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN FPGA STRATIX II (ALTERA) Y UN FPGA VIRTEX 4 (XILINX) PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RECEPTOR BÁSICO CAMERA LINK 1.0 275

Carlos Alberto Luján Ramírez, Ramon Atoche Enseñat, Margarita Alvarez Cervera, Elías Francisco

1.3.2 ANÁLISIS DE DATOS BASADOS EN UN GENERADOR DE ENCUESTAS WEB, CREADO CON METODOLOGÍA OOHDM 284

Francisco Gutiérrez Vera, Claudia Cristina Ortega González, Raúl Lesso Arroyo, Claudia Rodríguez Lemus, Abdón Javier Ruiz Guerrero

1.3.3 ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS ROBÓTICOS 289

Diana Rodríguez Guido, Citlalih Gutiérrez Estrada, Claude Baron, Rafael Lemus González, Sergio Díaz Zagal, Rafael Cruz Reyes, Jorge Fabián Escobar Arizmendi

1.3.4 COMPARACIÓN DE K VECINOS MÁS CERCANOS Y NAIVE BAYES PARA CATEGORIZACIÓN DE TEXTOS EN ESPAÑOL	301
Benjamín López González, Roberto Cano Rojas, Mauro Sánchez Sánchez, Deicy Camacho De La Cruz, Andrés Villanueva Picasso	
1.3.5 COMPARACIÓN DEL ALGORITMO DE PORTER Y DE LEMATIZACIÓN FLEXIVA	312
Benjamín López González, Roberto Cano Rojas, Mauro Sánchez Sánchez, Bany Sabel Hernández Cardona, Mara Nefertiti Patricia Hinojosa Garduño	
1.3.6 LA IMPORTANCIA DE LA DOCUMENTACIÓN DE SOFTWARE EN PROGRAMAS “HECHOS A LA MEDIDA”	324
Teresita A. de Jesús Rivero Salazar, Mario R. Moreno Sabido, Grely del S. Canul Novelo, Larissa J. Peniche Ruiz	
1.3.7 CONTROL DE AMBIENTACIÓN PARA PINTURA DE ARTÍSTICA CON TECNOLOGÍA CAPSENSE	331
Margarita Alvarez Cervera, David Ochoa Morales, Felipe de Jesús Canche Canul .	
1.3.8 DESARROLLO DE SOFTWARE CLIENTE-SERVIDOR INTEGRANDO HERRAMIENTA DE CÓDIGO ABIERTO PARA MAPEO OBJETO-RELACIONAL EN .NET	337
Melissa Blanqueto Estrada, Vladimir Cabañas Victoria, Laura Dávalos Castilla, Mauricio Colunga Velazco	
1.3.9 “DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA DESDE UN TELEFONO CELULAR PARA USUARIOS EN TARIFA DOMESTICA (1C)”	344
JOSE DEL CARMEN HERNÁNDEZ ARCOS, GILBERTO GUERRA SANTIAGO, JUAN DIAZ LOPEZ, JOSE DEL CARMEN ONOFRE LOPEZ	
1.3.10 DIFUSIÓN DE ARTESANÍAS POR INTERNET	350
Benjamín López González, Roberto Cano Rojas, Mauro Sánchez Sánchez, Roberto David Vera Torres, Angélica Millán Díaz	
1.3.11 DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GEOLOCALIZACIÓN DE SERVICIOS	357
Mario R. Moreno Sabido, Danice D. Cano Barrón, Didier R. Moreno Vázquez, Grely del S. Canul Novelo, José R. Atoche	

Enseñat

1.3.12 INDEXACIÓN DE DOCUMENTOS DE TITULACIÓN **368**

Benjamín López González, Roberto Cano Rojas, Mauro Sánchez Sánchez, Mayra Gryssel Ocampo Cardoso, Bany Sabel Hernández Cardona

1.3.13 INTEGRACIÓN DE PROCESOS METODOLÓGICOS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y GESTIÓN, PARA LA CONCEPCIÓN DE SOFTWARE **378**

Citlalih Gutiérrez Estrada, Sergio Díaz Zagal, Rafael Cruz Reyes, Juan Fernando García Mejía, Claude Baron, Dorian Aguirre Brito, Guadalupe Macedo Miranda, Beatriz Barrientos Becerra, Celso Hernández Tenorio, Diana Rodríguez Guido.

1.3.14 MARCO DE PROCESOS PARA LA CAPTURA DE REQUISITOS EN PLATAFORMAS DE AMBIENTES VIRTUALES DE APRENDIZAJE INTERACTIVO BASADO EN WEB. **387**

Benjamín Tass-Herrera, Carlos de la Cruz-Dorantes, Gustavo Verduzco-Reyes

1.3.15 MÉTODO PARA AGILIZAR BÚSQUEDAS DE DOCUMENTOS DE TITULACIÓN **399**

Benjamín López González¹, Bany Sabel Hernández Cardona², Luis Roberto Flores Olivares³, Roberto Cano Rojas⁴, Mauro Sánchez Sánchez⁵

1.3.16 MICTLAN OBJETOS **411**

M. en C. Mauro Sánchez Sánchez, Jorge Antonio Manilla Derbez

1.3.17 “OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE INTERÉS CONTENIDA EN CHEQUES A PARTIR DE SU IMAGEN DIGITAL” **422**

Mauro Sánchez Sánchez, Juan Omar Ramírez Arellano, Benjamín López González, Roberto Cano Rojas, Andrea Nájera Ávila.

1.3.18 PLATAFORMA LMS CREADA CON TECNOLOGÍAS AMP.	428
Francisco Gutiérrez Vera, Claudia Cristina Ortega González	
1.3.19 PORTAL WEB PARA EL MONITOREO DE EROSIÓN DE PLAYAS Y CONDICIONES DEL MAR EN LA COSTA YUCATECA	435
M.C. Larissa Jeanette Peniche Ruiz, M.S.C. Nora Leticia Cuevas Cuevas, Br. Roger Omar Puerto Guillermo.	
1.3.20 SEGUIMIENTO DE RUTAS UTILIZANDO APRENDIZAJE POR REFUERZO EN ESPACIOS DE ESTADO Y ACCIÓN CONTINUOS	444
L.M. Francisco de Jesús Coral Sabido, Dr. Carlos Brito Loeza, Dr. Víctor Uc Cetina	
1.3.21 SISTEMA GENERADOR DE HORARIOS (SGH)	454
Computación. Autores: M. en C. Mauro Sánchez Sánchez, Elizabeth Flores Vásquez, Mónica Montiel Pérez, Jorge Antonio Manilla Derbez, Juan José Vega Antonio.	
1.3.22 SISTEMA MEDIDOR DE CALORÍAS	464
Mauro Sánchez Sánchez, Javier Gómez Lugo, Nemrod Dan Misraim Montaña Cervantes, Sergio Carbajal Millán, Erik David Hernández Martínez.	
1.3.23 SITIO WEB PARA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMATIZADA (EMA) DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE NOGALES	470
Sigifredo García Alva, Guillermina Muñoz Zamora, Román Gabriel Duarte Valenzuela, Jesús Raúl Cruz Rentería, Ismael Armando Zúñiga Félix, Zindi Sánchez Hernández, Ludivina Gutiérrez Torres	
1.3.24 SOFTWARE DE APOYO A LA ENSEÑANZA DE CÁLCULO PARA PANTALLAS DIGITALES INTERACTIVAS	477
Larissa Jeanette Peniche Ruiz, Jesús Roberto Dzul Chi, José Alejandro Ojeda Pérez, Versain Pacheco Faustino	
1.3.25 Técnicas de Inteligencia Artificial e Ingeniería de Software para el diseño de sistemas de calidad	486
Jaime Aviles Bahena	
1.3.26 UNA APLICACIÓN PARA TELÉFONOS INTELIGENTES	496
J. A. Estrada Soto, M. A. García Galván	
1.3.27 UTILIZACIÓN DE ÍNDICES DE VALIDACIÓN INTERNOS PARA OPTIMIZAR EL ANÁLISIS DE APLICACIONES DE AGRUPAMIENTO	501

Dra. Erendira Rendon Lara, Juan Omar Ramírez Arellano, Andrés Villanueva Picasso

1.4 COMUNICACIONES

1.4.1 ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS DE QoS EN UNA RED VoIP 507

Homero Toral, Vladimir Cabañas, Freddy Chan, Víctor Sánchez, Emmanuel Torres, Jorge Aguilar

1.4.2 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA ALMACENADA EN LAS LINEAS EMITIDAS POR UN AMPLIFICADOR RAMAN DE FIBRA OPTICA. 521

M.J. Vázquez López, M.L. Estrella Rosas, L. de la Cruz-May

1.4.3 SISTEMA DE MONITOREO DE ESTACIONES DE REPETICIÓN MICROONDAS DE TELECOMUNICACIONES EN PETRÓLEOS MEXICANOS, ACTIVO INTEGRAL MACUSPANA 529

M.I. Jorge Alberto Acosta Alejandro, Ing. Antonio Acosta Alejandro, Ing. Heron Bache

1.4.4 CONSIDERACIONES EN EL MODELADO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CON MODULACIÓN MULTIPORTADORA. 539

Miguel Ángel Del Valle Diego, Selwin Chávez Salazar.

1.4.5 ANÁLISIS BAYESIANO DE UN TERMINAL ÓPTICO (OLTE: EQUIPO TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA) DE 140Mbps 551

José Gabriel Réding Domínguez, Carlos de la Cruz Dorantes, José Alonso Pérez Cruz

1.4.6 UTILIZACIÓN DEL PROTOCOLO TCP/IP EN COMUNICACIONES DEL SISTEMA RADAR MONOPULSO RSM970S 562

Roberto Liquidano Rodríguez, Andrea Olimpia Nájera Ávila,

1.4.7 AVANCES EN EL DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO BASADO EN EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) 571

Irving Vladimir Pech Poot, Francisco José Heredia López, Hugo Antonio Ruiz Piña

1.4.8 LA CONTAMINACIÓN TÓXICA POR LOS EQUIPOS DE CÓMPUTO OBSOLETOS: E-WASTE 578

Dr. José Alonso Pérez Cruz, Dr. José Gabriel Reding Domínguez, M. C. Gustavo Verduzco Reyes, M. I. Carlos Román de la Cruz Dorantes.

1.5 ELÉCTRICA

1.5.1 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL GENERADOR DE INDUCCIÓN AUTO-EXCITADO CON CARGAS LINEALES Y CARGAS NO-LINEALES. 584

Emmanuel Torres Montalvo, Freddy Ignacio Chan, Víctor Manuel Sánchez Huerta, Homero Toral Cruz, Joan Alba Aguilar.

1.5.2 CONTACTO ELÉCTRICO CON DETECTOR DE MODO STANDBY PARA EL AHORRO DE ENERGÍA 593

Porfirio Roberto Nájera Medina, Angélica Gómez Cárdenas, Adriana Leticia Montes Martínez, María Esther Durán Figueroa, Viridiana Ramírez Fernández

1.5.3 COMPARACION DE LOS MODELOS ARX, ARMAX Y OE EN UN MODELO DE UN GENERADOR DE VAPOR EN LA CENTRAL ELECTRICA DE ABBOTT EN CHAMPAING IL. 599

M. Eusebia Guerrero-Sánchez, A. Alejandro Alvarado-Pensamiento, V. Gabriel Facundo-Landa y Omar Hernández-González.

1.5.4 DISEÑO DE UNA ASPA PARA UN GENERADOR EÓLICO POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS 607

Renán González Espinosa, Francisco Arroyo Rodríguez, Iramy Córdova Castillo

1.5.5 DISEÑO, FABRICACION Y EVALUACION DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE TIPO PEM, PARA LA GENERACION DE ENERGIA EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ. 617

Benigno Alejandro Del Valle Soberanes, Sergio A. Gamboa Sánchez, Miriam Gutiérrez Macedo, Porfirio R. Nájera Medina, Gerardo Reyes Salgado, Adriana Montes Martínez

1.5.6 GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE CORRIENTES MARINAS 627

Víctor Sánchez, Homero Toral, Freddy Chan, Emmanuel Torres, Jorge Aguilar

1.6 ELECTRÓNICA

1.6.1 DISEÑO DE CIRCUITOS ANALÓGICOS EN EL FPAА Y COMPARACIÓN CON CIRCUITOS DE COMPONENTES DISCRETOS 636

Tomás de Jesús Santiago Nuñez, Carlos Emmanuel Villanueva Ojeda, M. en C. Johan Jair Estrada López, Dr. Carlos Brito Loéza

1.6.2 ACONDICIONADORES DE ENERGÍA PARA APLICACIONES EN CELDAS DE COMBUSTIBLE 644

Freddy Chan Puc, Víctor Sánchez Huerta, Homero Toral Cruz, Emmanuel Torres Montalvo, Jorge Ovidio Aguilar, Jesús Álvarez Ruiz

1.6.3 CARACTERIZACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DE REJILLAS DE BRAGG POR MEDIO DE VARIACIONES DE TEMPERATURA. 653

Manuel May Alarcón, Walter Ariel Silva Martínez, Jesús Alberto Cobá Ramos, Francisco Méndez Martínez, Rubén Alejandro Vázquez Sánchez, Héctor Hugo Cerecedo Núñez.

1.6.4 CARACTERIZACIÓN DEL ESPEJO DE LAZO ÓPTICO NO LINEAL Y REJILLA DE BRAGG APLICADOS EN AMPLIFICADORES DE FIBRA DOPADA CON ERBIO. 658

Manuel May Alarcón, Jesús Alberto Cobá Ramos, Walter Ariel Silva Martínez, Francisco Méndez Martínez, Rafael Sánchez Lara, Santiago Castillejos Álvarez.

1.6.5 COMPARACIÓN DE SUSTANCIAS LÍQUIDAS TRANSPARENTES MEDIANTE UN SISTEMA OPTOELECTRÓNICO A 550 nm 667

Manuel May Alarcón, Gabriel Felipe Benítez; Ivette del Rosario López Fernández, Emmanuel Sósimo Díaz Méndez, Marco Antonio Rodríguez Blanco. Héctor Hugo Cerecedo Núñez.

1.6.6 CONTROL DE PASOS PARA MARCHISTAS. 674

Juan Manuel Salazar Morales, Severo Mata Baca, Jorge Vilchis Caballero, Roberto Cano Rojas, Mauro Sánchez Sánchez

1.6.7 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FOTODETECTORES PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS RELACIONADOS A UN LÁSER RAMAN 681

Manuel May Alarcón, María Isabel Vila Bezares, Aarón Flores Gil, Víctor Golikov, Olga Lebedeva, Emmanuel Sósimo Díaz Méndez.

1.6.8 EL USO DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN EN EL DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICO 688

Marcelo Bastida Tapia

1.6.9 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE UN SECADOR DE CABELLO UTILIZANDO LAS ESTRUCTURAS ARX, ARMAX Y OE. 697

M. Eusebia Guerrero-Sánchez, A. Alejandro Alvarado-Pensamiento, V. Gabriel Facundo-Landa, Omar Hernández-González y M. Elizabeth Guerrero-Sánchez.

1.6.10 ECOMAGIC, MOUSE INALÁMBRICO ECOLÓGICO 702

Irma Lisbeth Bautista Romero, Gabriela Lizeth Ortega Domínguez, María Fernanda Domínguez Ramírez, Roberto Cano Rojas, Mauro Sánchez Sánchez

1.6.11 INSTRUMENTO VIRTUAL PARA ESTIMAR LA CORROSION MEDIANTE LA TÉCNICA DE RUIDO ELECTROQUÍMICO 705

José Alfredo Domínguez Cruz, Víctor Manuel Moo Yam, José Rubén Lagunas Jiménez, Eduardo Pérez Cruz

1.6.12 SOLUCIÓN APLICANDO CÁLCULO FRACCIONARIO DE LA ECUACIÓN DEL OSCILADOR MECANICO Y SU DUAL ELÉCTRICO 710

F. Gómez-Aguilar, J. Rosales-García, J. Bernal-Alvarado, M. Guía-Calderón, R. Guzmán-Cabrera

1.6.13 DETECTOR DE PRESENCIA DE VEHÍCULOS CON MAGNETORRESISTENCIAS 718

Ernesto Sifuentes de la Hoya, Lidia H. Rascón Madrigal, Juan de Dios Cota Ruiz, Arnulfo Castro Vásquez

1.6.14 MEDICIÓN DE LA IMPEDANCIA CD DE UN VOLTÍMETRO DIGITAL POR MEDIO DE UN AMPLIFICADOR DIFERENCIAL 730

Raymundo Barrales Guadarrama, Roberto A. Alcántara Ramírez, Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez, Ernesto Rodrigo Vázquez Cerón, Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, José Vázquez Martínez.

1.6.15 PRINCIPIOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA PLUVIOMÉTRICO ELÉCTRÓNICO 738

Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez, Raymundo Barrales Guadarrama, Ernesto Rodrigo Vázquez Cerón, Mauricio Ontiveros Rodríguez

1.6.16 DESCRIPCIÓN EN VHDL DE UN TRANSECTOR DE DATOS PARA CONTROL DISTRIBUIDO 752

M.I. Jorge Alberto Acosta Alejandro, Dr. René de Jesús Romero Troncoso, Dr. Manuel Acosta Alejandro.

1.6.17 PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE TÉCNICAS DE INTRUSIÓN EN UN SISTEMA HONEYPOT PARA ANÁLISIS DE EVIDENCIA DIGITAL 763

Vladimir Veniamin Cabañas Victoria, Laura Yésica Dávalos Castilla, Melissa Blanqueto Estrada

1.6.18 Modeling Simulation and Path Tracking Nonlinear Control for a Wheeled Mobile Robot. 771

Cristian Gisel Pérez Tapia, Eduardo Steed Espinoza, Abel García Barrientos, Jesús Pacheco Muños.

1.6.19 TECNOLOGÍA EMBEBIDA: UNA APLICACIÓN DE TRANSMISIÓN DE DATOS ANALÓGICOS VÍA RED INALAMBRICA 779

J. Torres Jaime, O. Salinas Aviles, J. Vázquez Colín, R. Urzua Rangel, F. J. Castillo Subdiaz, G. Beltrán Román

1.7 FÍSICA

1.7.1 CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS LÍQUIDAS EXCITADAS CON UN LÁSER A 785 nm POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA RAMAN 792

Manuel May Alarcón, Leticia Haas Santos, Aarón Flores Gil' Rubén Alejandro Vázquez Sánchez, Víctor Golikov, Marco Antonio Rodríguez Blanco.

1.7.2 PELÍCULAS COMPUESTAS DE ÓXIDO DE GRAFENO Y POLI (3-OCTILTIOFENO): ESTUDIO DE SUS PROPIEDADES ELÉCTRICAS, ÓPTICAS Y ESTRUCTURALES 803

Cecilia López-Mata, Carlos Velasco Santos, Ana Laura Martínez, Jorge

Ovidio Aguilar Aguilar, Juan Manuel Zavala-Pimentel, David Jesús Santillán, José Campos Alvarez, María Elena Nicho Díaz.

1.8 INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ROBOTICA

1.8.1 CONTROL DE UN BRAZO DE ROBOT SCARA ACCIONADO POR MÚSCULOS ARTIFICIALES NEUMÁTICOS EMPLEANDO RNA-PM 811

Jorge Fabián Escobar Arizmendi, Sergio Díaz Zagal, Citlalih Gutiérrez Estrada, Rafael Cruz Reyes, Diana Rodríguez Guido, Rafael Lemus González, Yulia Ledeneva, René García Hernández, Celso Hernández Tenorio

1.8.2 GESTIÓN Y SIMULACIÓN DE UN PROYECTO DE ROBÓTICA MÓVIL, EMPLEANDO PROTOTIPOS CON CICLO DE VIDA EN ESPIRAL Y PROCESOS DE LA INGENIERÍA DE SOFTWARE 818

Juan José Rivera Alemán, Sergio Díaz Zagal, Citlalih Gutiérrez Estrada, Rafael Lemus González

1.8.3 AVANCES EN EL SISTEMA DE CONTROL PARA ORDENADOR BASADO EN EL DISEÑO UNIVERSAL PARA PERSONAS TETRAPLÉJICAS 829

M.C.I.E. Ing. Luis Humberto Sánchez Medel, M.A.T.I. Ing. Isaías Avendaño Cortés, Ing. Germán López Andrade.

1.8.4 SLAM-R: ALGORITMO PARA LA LOCALIZACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE OBSTÁCULOS 836

Rafael Lemus, Sergio Díaz, Diana Rodríguez, Citlalih Gutiérrez, Juan José Rivera, Rafael Cruz, Jorge Fabián Escobar, René García, Yulia Ledeneva.

1.8.5 “DESARROLLO Y CONTROL DE UN ROBOT HEXÁPODO” 843

M.C. Larissa Jeanette Peniche Ruiz, Br. Deyvid Victor Paredes Pisté, Br. José Alberto Lara Arana.

1.8.6 CONTROL DE UN BRAZO ROBOT A TRAVÉS DE SEÑALES ELECTROMIOGRAFÍAS 851

Ing. Daniel Roberto Chacón Matú, Dr. Humberto Salgado Burgos, Dr. Francisco José Heredia López

1.8.7 EL ROBOT DELTA, UNA PLATAFORMA HÁPTICA ROBUSTA. ANÁLISIS CINEMÁTICO.	854
David Morales Aldana, Carlos Brito Loeza, Arturo Espinosa Romero	
1.8.8 RECONOCIMIENTO DE PATRONES RECONFIGURABLE IMPLEMENTADO EN UN ROBOT MÓVIL CON LABVIEW	868
M.C.I.E. ING. LUIS HUMBERTO SÁNCHEZ MEDEL, M.A.T.I. ING. ISAÍAS AVENDAÑO CORTÉS, ING. GERMÁN LÓPEZ ANDRADE	
1.8.9 UNA APROXIMACIÓN AL COMPORTAMIENTO DE LA BOLSA MEXICANA DE VALORES: UNA APROXIMACIÓN MEDIANTE LÓGICA DIFUSA	876
Juan Fernando García Mejía, Clara Bella Nuñez Sanchez, Citlali Gutiérrez Estrada.	
1.8.10 PROTOTIPO PARA LA GENERACIÓN DE HORARIOS ACADÉMICOS A TRAVÉS DE ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN	887
Claudia Rodríguez Lemus, María del Socorro Ríos Castro, Araceli Banda García, Raquel Aldaco Segoviano, Francisco Gutiérrez Vera	
1.9 TECNOLOGIA EDUCATIVA Y DE LA INFORMACION	
1.9.1 EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE INTERFAZ UTILIZADA PARA PRESENTAR DECLARACIÓN ANUAL POR INTERNET	892
M.C. Aída Lucina González Lara, M.C. Claudia García Ancira	
1.9.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA EDUCATIVA DOKEOS EN LA SECCIÓN DE SECUNDARIA DE LA ESCUELA MODERNIZACIÓN EDUCATIVA DEL SURESTE.	904
L.C.C. Gilberto Alonso Uicab Burgos, Ing. Aldryn Jesús Osorio Hernández. MSC.	
1.9.3 LA ESTADÍSTICA INFERENCIAL APLICADA A LAS PREFERENCIAS ELECTORALES	914
M.A. Roger Alberto Gamboa Salazar, M.C. Landy Elena Ávila Ancona.	

1.9.4 MODELO DE ASISTENTE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES EN PYMES	924
Ricardo Armando Barrera Cámara, Fernando Enrique Sánchez Martínez, Claudia Judith Zavala González, Margarita Méndez Zamora	
1.9.6 CS Y SOFTWARE LIBRE: ANÁLISIS DEL POTENCIAL EDUCATIVO DE RECURSOS LIBRES PARA WINDOWS Y LINUX	929
MTA Carlos Miguel Amador Ortíz	
1.9.7 USO DE PAQUETES DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS Y REDES SOCIALES (PAHTRES) COMO APOYO AL APRENDIZAJE	938
M.S.I. Rogelio Reyna Vargas, M.C. Erica Maria Lara Muñoz	
1.9.8 PASANDO DE LA TECNOLOGÍA, A LA TECNOLOGÍA EDUCATIVA	947
M.C. Erica María Lara Muñoz, M.S.I. Rogelio Reyna Vargas	
1.9.9 ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE GREEN IT Y SU CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SUSTENTABLE.	957
M.C. Aída Lucina González Lara, M.I. Laura Patricia Del Bosque Vega, M.I. Raquel Martínez Martínez	
1.9.10 USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA DEL PLANETA Y FUENTES ALTERNAS	966
Ing. Moisés Molina García	
1.9.11 ELEMENTOS PARA EL APRENDIZAJE EN LA MATERIA DE PROGRAMACION ESTRUCTURADA MEDIANTE HERRAMIENTAS TIC	974
M.C. Oscar Rangel Aguilar, M.C. Claudia García Ancira , Dra. Laura García Quiroga	
1.9.12 ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO SOBRE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN RESIDENCIALES.	984
Ing. Francisco Daniel Castro Hernández.	

1.9.13 SOFTWARE MULTIMEDIA PARA EL REAPRENDIZAJE DEL LENGUAJE PARA ADULTO AFÁSICO.	991
ING. ALDRYN JESÚS OSORIO HERNÁNDEZ. MSC., LIC. CLARA LILIANA PECH ADRIÁN.	
1.9.14 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ELECTROESTIMULADOR PORTÁTIL RECONFIGURABLE.	1004
Angel. Mena. Díaz-Ordaz, Francisco. López-Huerta	
1.9.15 Colorímetro con comunicación vía USB hacia una computadora.	1013
José Luis Zamorano Flores, Randy J. Rabadan Sotelo	
1.9.16 “ANGEL-BABY”	1018
Margarita Alvarez Cervera, Marco Josué Yeh Arcique, Theodoro Rateike Del Rivero, Adrian Ferrera Damas.	

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL ANÁLISIS, DISEÑO Y CONTROL DE UN ROBOT BÍPEDO.

Autores: M.C. Miguel Ángel Barrón Castelán, Ing. José Federico Chong Flores, M.C. Samuel Mar
 Baron, Ing. Joe Alan Román Flores, Ing. María Angélica Hernández Colín.
 Institución: Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.

miguel.barron@prodigy.net.mx, josfed@hotmail.com, samuel_mar@prodigy.net.mx,
joe_alan_k@hotmail.com, angelica_hdz_colin@hotmail.com

RESUMEN.

El proyecto consiste en el desarrollo de un humanoide a escala que imita el caminar humano y lo recrea. La primera etapa del proyecto ha consistido en desarrollar una estructura en forma de piernas y que esta sea estable para poder desarrollar la imitación de la caminata bípeda de un ser humano, todo esto basándose en el estudio del cuerpo y sus proporciones, también conocido como "cuadratura humana". Esta investigación pretende estudiar y analizar los diferentes métodos que existen para que un bípedo pueda mantener su equilibrio al caminar.

El proyecto está basado en un conjunto de conocimientos de las diferentes ramas que componen esta disciplina que es la robótica. Es necesaria la elaboración de complejos algoritmos de programación para su control, así como la utilización de diferentes tipos de sensores para interactuar con el entorno.

ABSTRAC

This Project is the development of a humanoid scale that mimics human walking and playing. The first stage of the project was to develop a leg-shaped structure that is stable and to develop the imitation of the bipedal gait of a human being, all based on the study of the body and its proportions, also known as "quadrature human." This research aims to study and analyze the different methods that exist for a biped can maintain his balance while walking.

The project is based on a body of knowledge of the different branches that make up this discipline that is robotics. Is necessary to prepare complex scheduling algorithms for control and the use of different types of sensors for interacting with the environment.

1.- INTRODUCCIÓN.

El proyecto consistió en diseñar un prototipo para emular al bípedo humano; esto incluyó: seleccionar los materiales idóneos para fabricarlo, así mismo diseñar y evaluar la optimización de los actuadores y finalmente diseñar e implementar los mecanismos idóneos para articular el bípedo, diseñando su control. el prototipo está estructurado en base a una cadena articulada que incluye las dos piernas, cada una constituida por un pie, una pantorrilla y un muslo, y la cadera encargada de unir las dos piernas por los muslos. cada pierna tiene 3 grados de libertad conformados por las juntas rotacionales del tobillo, la rodilla y la cadera.

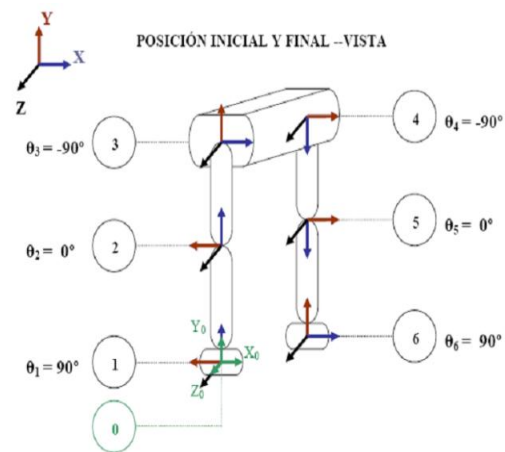


Figura 1.- diseño de la cadena articulada

2.- ESTRUCTURA CINEMÁTICA.

2.1 Fundamentos.

El diseño de una estructura basada en la complejidad humana no es una tarea fácil, ya que existen ciertas normas para su construcción. Basándose en una representación básica de la proporción humana se tiene la figura 2, la cual muestra un enfoque de dicha proporción.

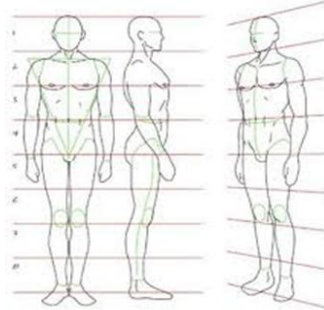


Figura 2- Proporción básica del cuerpo humano.

Debido al alcance de materiales con el que se cuenta se procedió a construir una estructura de un tamaño relativamente pequeño, aproximadamente de 40 cm de altura. Esto nos facilita la búsqueda de materiales no muy costosos para su elaboración y accesibles para su compra. Para la construcción es necesario realizar una proporción de las medidas del cuerpo humano para ser escaladas a un tamaño menor, para ello se tomó la proporción básica y se realizó el escalamiento de las medidas (Tabla 1).

	EXTREMIDADES HUMANO	EXTREMIDADES ROBOT
Altura 0	80 cm	40 cm
Altura 1	45 cm	15 cm
Altura 2	35 cm	11 cm

Tabla 1.- Escalamiento de altura.

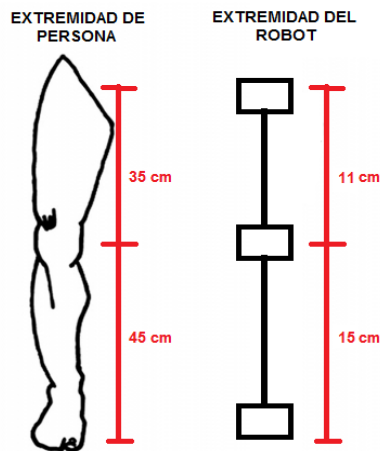


Figura 3.- Proporciones de las extremidades.

2.2.- GRADOS DE LIBERTAD.

Uno de los aspectos importantes a destacar en el diseño de un robot sin duda alguna son los grados de libertad que tendrán sus articulaciones, ya que estos son los que permiten o limitan al robot la realización de sus diferentes movimientos. Un cuerpo aislado puede desplazarse libremente en un movimiento que se puede descomponer en 3 rotaciones y 3 traslaciones geométricas independientes (traslaciones y rotaciones respecto de ejes fijos en las 3 direcciones de una base referida a nuestro espacio de tres dimensiones).

Para un cuerpo unido mecánicamente a otro cuerpo, algunos de estos movimientos elementales desaparecen. Se conocen como grados de libertad los movimientos independientes que permanecen. Debemos tener en cuenta que entre mas grados de libertad tenga nuestro diseño, mas complejo será su control. El diseño que manejaremos contará con 6 grados de libertad en cada pierna, esto es para la obtención de una mayor similitud en lo que se refiera al caminar bípedo

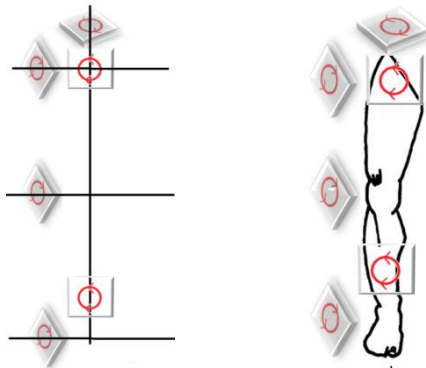


Figura 4.- Grados de libertad de una extremidad.

3.- ACTUADORES UTILIZADOS.

Los actuadores elegidos son 12 servomotores de Dynamixel AX-12+. Estos poseen diversas características que los convirtieron en la mejor herramienta para los fines establecidos. El servomotor Dynamixel AX-12 serie, es un actuador inteligente que incorpora un engrane reductor, un motor de precisión de corriente continua y un circuito de control muy preciso manejado con paquetes de instrucciones. Produce un par elevado aunque su tamaño es reducido y está fabricado con materiales de alta calidad para proporcionar la fuerza necesaria y la resistencia estructural para soportar las grandes fuerzas externas. Tiene la capacidad de detectar y actuar sobre las condiciones internas automáticamente tales como los cambios de temperatura interna o tensión de alimentación a modo de protección contra daños.



Figura 5 - Actuadores Dymanixel AX-12+.

3.1 Modo de conexión del actuador Dynamixel AX-12+.

La comunicación que utiliza el servomotor es del tipo UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). El controlador principal necesita convertir su señal UART al tipo half-duplex para hacer la comunicación ya que este protocolo de envío de información es bidireccional pero no simultáneo a través de la misma línea de conexión. El esquema recomendado para la conversión se muestra a continuación.

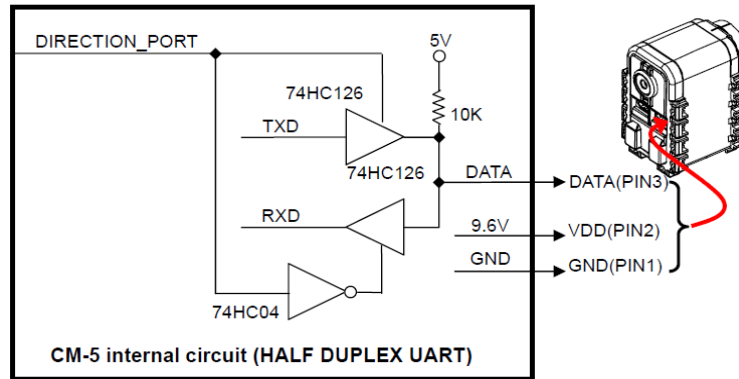


Figura 6. - Circuito recomendado para el control de transmisión y recepción de datos.

Cuenta con dos conectores Molex3P. La configuración de los pines es la siguiente: PIN1=GND, PIN2=VDD Y PIN3=DATA (figura 7). Los dos conectores están conectados PIN a PIN, por lo que el actuador puede ser operado con solo uno de estos conectado. Este tipo de conexión permite que puedan ser controlados N número de actuadores Dynamixel, con un mismo bus de datos.

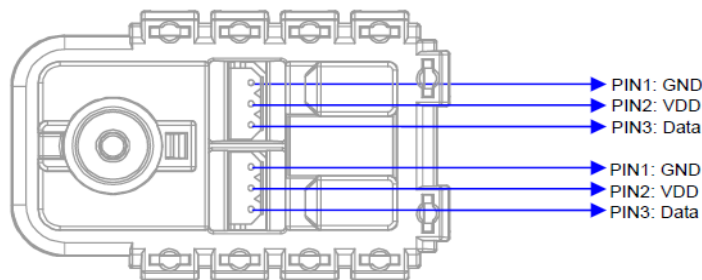


Figura 7 - Configuración de pines del conector del servomotor.

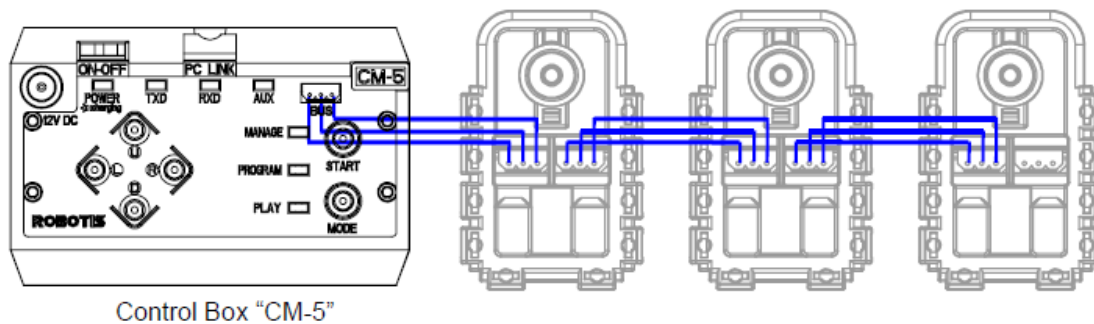


Figura 8. - Control simultáneo de actuadores.

3.2 Comunicación con el Actuador Dynamixel mediante paquetes de datos.

El controlador principal se comunica con las unidades Dynamixel, enviando y recibiendo paquetes de datos mediante programación, en estos se envían los parámetros que se requieren controlar, como son, torque, velocidad, voltaje etc. Hay dos clases de paquetes de datos, el “Paquete de Instrucción” enviado del controlador al actuador, y el “Paquete de Estatus” enviado del actuador al microcontrolador.

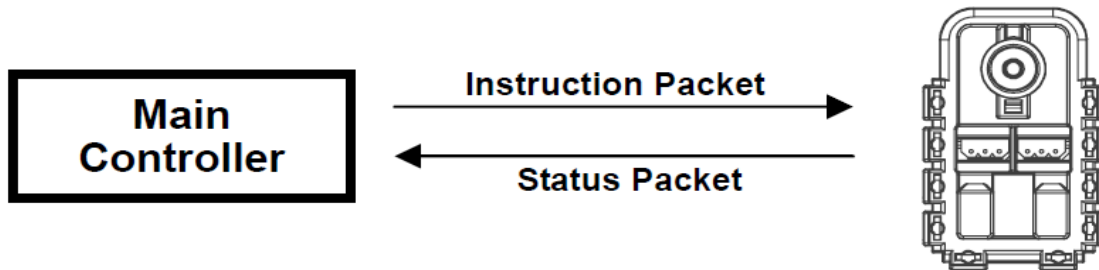


Figura 9.- Tipos de Paquetes de Datos.

Los actuadores Dynamixel cuentan cada uno con un ID de identificación, asignado que puede si es necesario ser cambiado por programación. Este ID permite identificar el envío y recepción de los paquetes de datos, de tal manera que si se envía un paquete con un ID específico a diferentes actuadores, solo la unidad que tiene ese ID retorna un paquete de estatus al controlador y ejecuta las instrucciones enviadas.

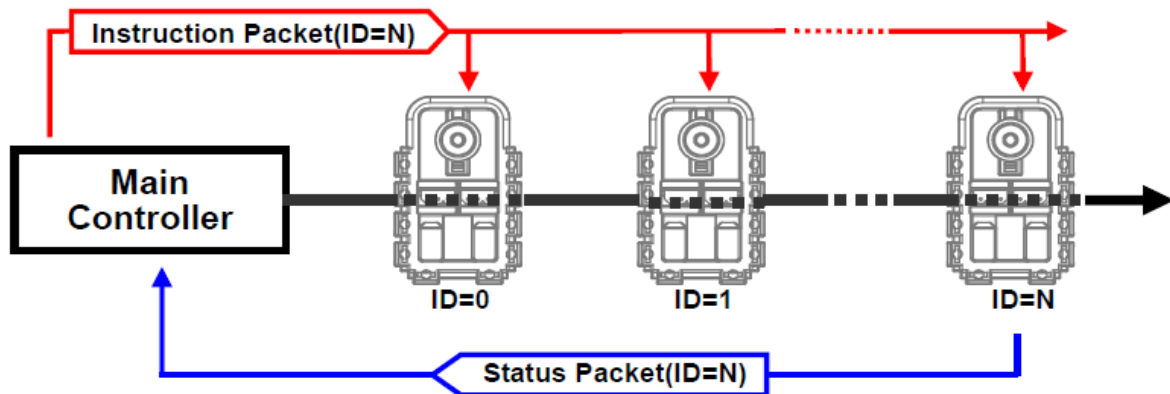


Figura 10.-Las unidades se identifican con un ID.

3.3.- Paquete de instrucciones.

La estructura de los paquetes de control es la siguiente:

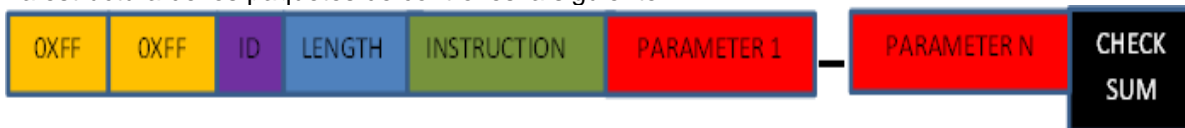


Tabla 2.- Estructura del paquete de control.

El controlador elegido fue el microcontrolador de Microchip PIC18F4550 para el control de los servomotores por sus características de comunicación a altas velocidades y conexión serie, entre otras.

4.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

Para el diseño de la estructura se usaron acoples que unen las articulaciones entre si, estos acoples debían ser resistentes pero con un peso moderado, ya que la estructura tiene que estar firme para su manipulación. Los acoples de plásticos resultaron una gran alternativa para el diseño de una estructura resistente, ya que provee resistencia y a su vez un peso ligero. Fue necesario hacer algunas adaptaciones para los acoples existentes, ya que se tenía que lograr un diseño similar a la complejión humana.

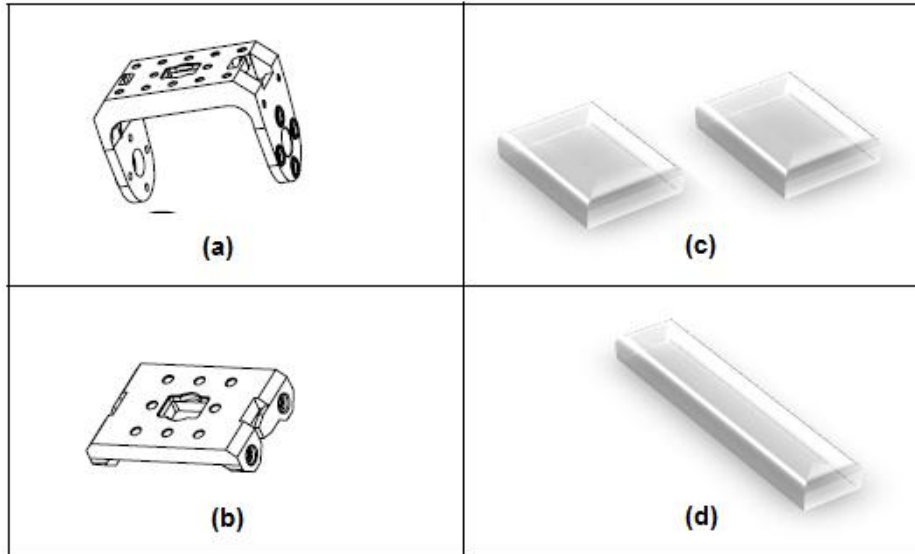


Figura 11.- Piezas utilizadas: (a) Acople utilizado para la unión de partes fijas en los servomotores (b) Acople utilizado para el eje de rotación, (c) Piezas de solera fabricadas para los pies del robot y (d) Pieza de solera que une las extremidades, emulando la cintura.

4.1.- Construcción del Bípedo.

La construcción del robot fue una de las partes mas complicadas del proyecto, ya que se tuvieron que fabricar ciertas piezas para el acople de mecanismos, así como piezas de unión entre ejes. Con los materiales mencionados en el tema anterior se procedió al ensamblaje.

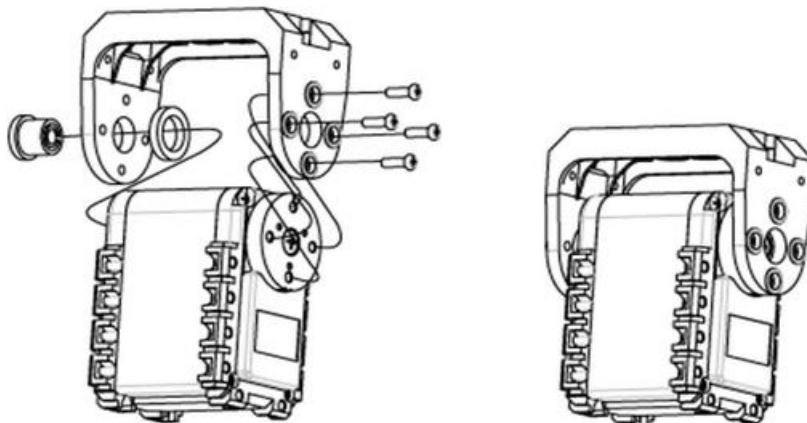


Figura 12.- Ensamble de acoples de plástico en los servomotores.

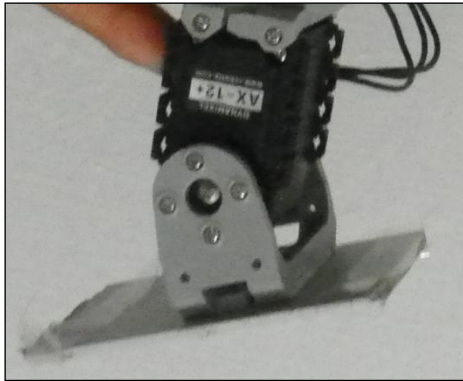


Figura 13.- Ensamblaje del pie del bípedo.

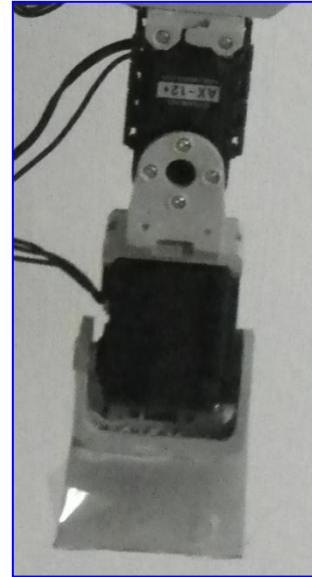


Figura 14.- Acople del pie al eje del tobillo.

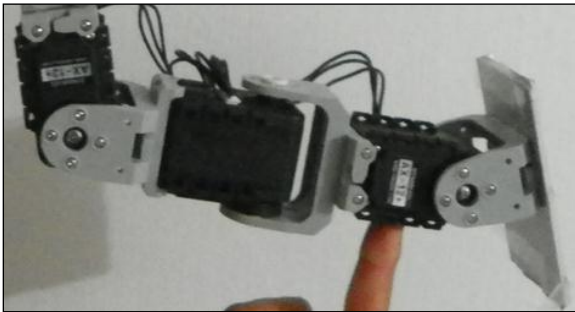


Figura 15.- Ensamble de la rodilla.

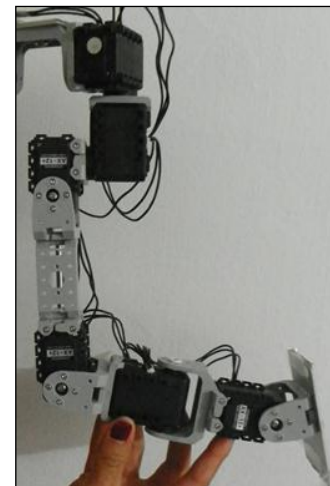


Figura 16.- Adición de la articulación del muslo con sus 3 ejes de rotación.

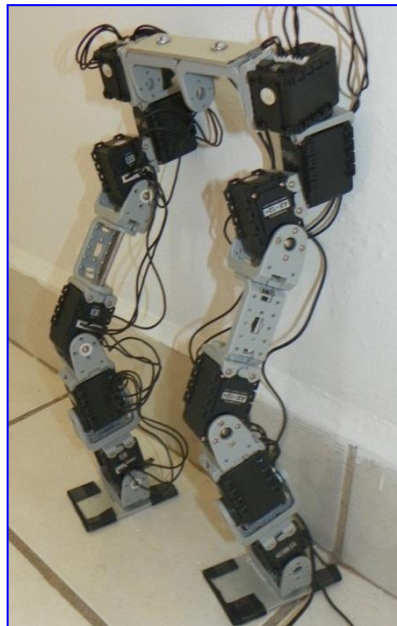


Figura 17.- Ensamble final de las dos extremidades.

5.- CAPTURA Y ANALISIS DE MOVIMIENTOS.

Para el análisis del caminar humano es indispensable el estudio dinámico de este. Para ello fue necesaria la observación del comportamiento de las articulaciones al ejecutar esta acción y se diseñó un sistema de captura de movimientos del caminar. La captura de movimientos se implementó mediante una estructura adaptada al cuerpo, esta estructura contiene potenciómetros en cada articulación que detectan el movimiento realizado por la persona. Esta información es procesada por el microcontrolador para luego ser capturada y procesada por la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008.

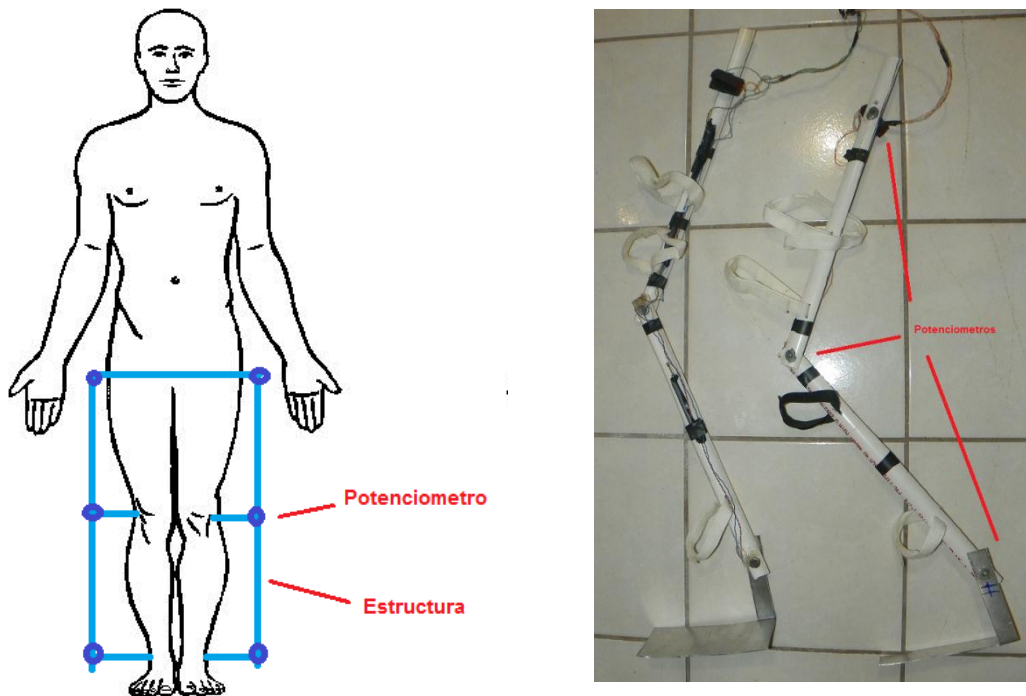


Figura 18.- Diseño de un esqueleto para la captura de movimientos.

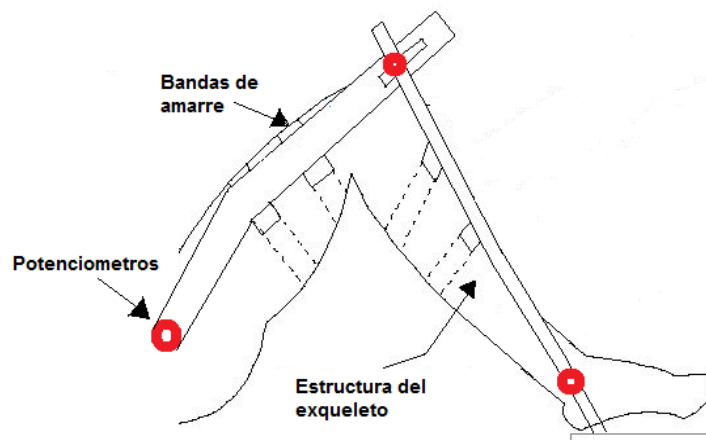


Figura 19.- Adaptación de la estructura esquelética a la extremidad.

Para la captura de las señales provenientes de la estructura se conectaron todos los potenciómetros a las entradas del convertidor análogo-digital (Figura 20). Estas señales se calibraron posteriormente con diferentes pruebas de posición (Figura 21).

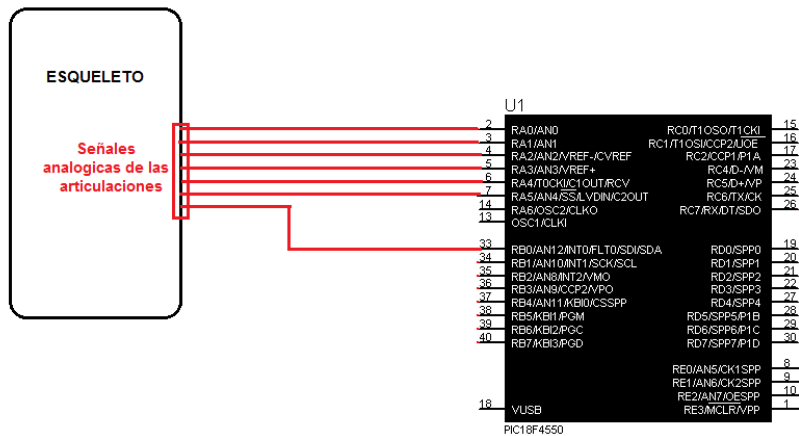


Figura 20.- Conexión esquemática del esqueleto al microcontrolador.

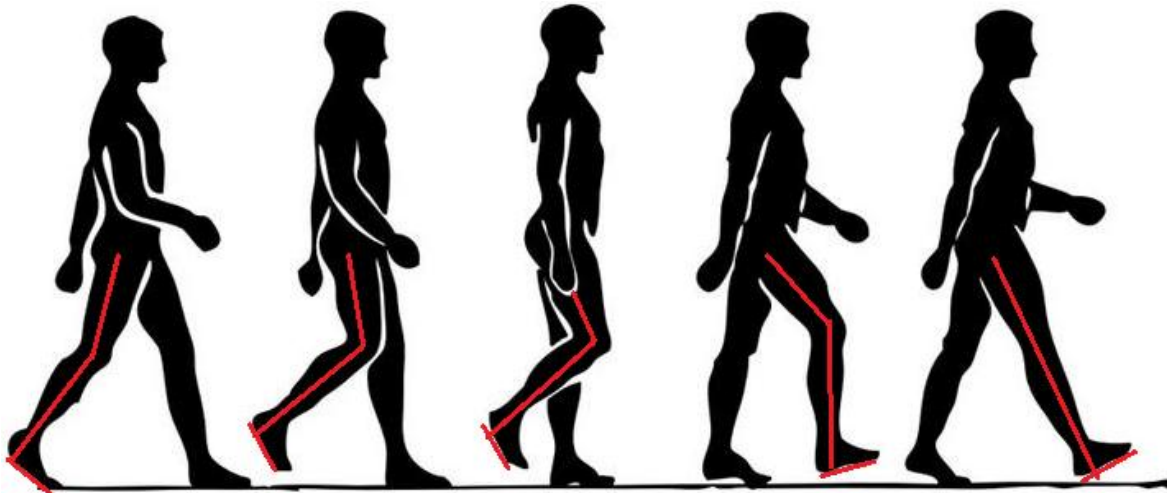


Figura 21.- Pruebas de posición.

Toda esta dinámica fue procesada por el microcontrolador y registrada en valores hexadecimales que corresponden a cambios de posición. Estos valores son almacenados en la memoria del microcontrolador para posteriormente ser reproducidos en la estructura para observar su comportamiento.

6.- PROCESAMIENTO DE INFORMACION.

Una vez obtenidos los resultados del análisis y procesamiento de los movimientos del caminar humano se procedió al control de la estructura bípeda construida. Por medio del circuito de control (Figura 22) se realizó la comunicación desde los servos a la computadora y viceversa. Este circuito consta de un microcontrolador que utiliza la comunicación serie para comunicarse con los servos y así mismo, el micro, al recolectar toda la información lo transmite a la tarjeta de adquisición de datos de manera digital para ser leídos por la computadora.

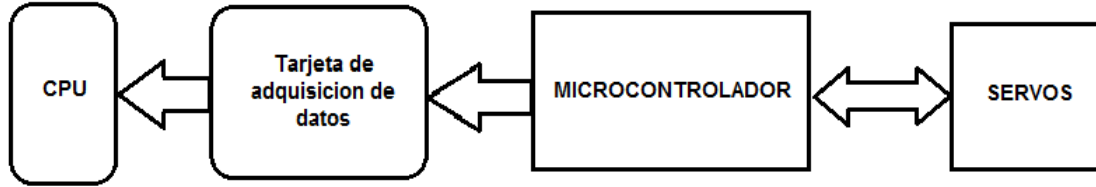


Figura 23.- Diagrama esquemático de comunicación.

6.1.- Proceso de comunicación computadora-robot.

Este proceso se centra en el microcontrolador, ya que este es el intermediario en la comunicación de los servos a la computadora. El proceso consiste en 4 pasos:

1.- Comunicación Microcontrolador-Servos: Este paso consiste en las instrucciones que se le ordenan a los servos por medio del microcontrolador. Los servos necesitan un paquete de datos que contienen instrucciones que les dice que acción realizar, este paquete de datos es mandado por medio del puerto SERIE del microcontrolador.

2.- Comunicación Servos-Microcontrolador: En este paso el servo al recibir el paquete de datos (paso 1) retorna un paquete de datos al microcontrolador que contiene la información de la acción que realizó correspondiente a la instrucción que se le haya indicado.

3.- Comunicación Microcontrolador-Tarjeta de Adquisición: Al llegar a este paso el microcontrolador ya tiene registrada la información capturada de los servos y procede a enviarla a la tarjeta de adquisición de datos de manera digital en una resolución de 10 bits (0x000 a 0x3FF).

4.- Comunicación Tarjeta de Adquisición-Computadora: Este último proceso de comunicación captura los datos recibidos de la tarjeta de adquisición de datos por medio del software Signal Express de LABView.

7.- RESULTADOS OBTENIDOS.

Se logró mediante la captura de los movimientos la comprensión del caminar bípedo, y por medio del análisis de la dinámica de movimiento y los datos capturados, fue posible la realización de un algoritmo de programación que le permitió al robot bípedo realizar movimientos tales como flexionarse, parado a partir de una inclinación y el caminar bípedo. Es importante mencionar que el caminar del bípedo se programó en base a los resultados obtenidos del análisis de captura de movimientos y también en el diseño de la estructura.

8.- CONCLUSIONES.

El presente proyecto conjunta diversas áreas de investigación que nos llevó a un incremento de conocimientos y destrezas en las distintas áreas en que se trabajó, como programación, diseño de sistemas mecánicos, electrónica entre otras. Se profundizó en el tema de robótica y los avances hasta el momento a fin de comprender la demanda de este tipo de tecnologías.

Con este proyecto se pretende dar un primer paso en esta área de investigación. El campo de desarrollo de este tipo de proyectos es ilimitado. Este proyecto por sus principios y funcionamiento puede tener aplicaciones en diferentes áreas, ya sea para rescates humanos o realización de labores donde se vea atentada la integridad física de la persona y donde sea importante la manipulación del entorno con la precisión humana, ya que este prototipo permite suplantar al ser humano sin perder la habilidad de lidiar con el entorno que lo rodea.

9.- BIBLIOGRAFÍA.

- 1 *Grupo Labor, Fundamentos de la evolución y de la variabilidad biológica del hombre, (Ed. labor. Barcelona), 245, 2007.*
- 2 JOHANSON, D; EDEY, *El primer antepaso del hombre.* (Ed. Planeta, Barcelona), 314, (1982).
- 3 www.mundofree.com/origenes/evolucion/bipedismo/bipedismo.html, consultada 15/01/2011
<http://tigrepelvar2.blogspot.com/2011/04/construccion-de-robot-bipedos-en.html>, consultada 22/04/2011
- 4 <http://www.abadiadigital.com/articulo/historia-de-los-robots-de-honda-del-proyecto-e0-a-asimo/> , consultada 23/01/2011
- 5 <http://www.robotic-lab.com/blog/2008/05/26/flame-un-robot-bipedo/>, consultada 30/06/2011

APLICACIÓN DE UN ALGORITMO DE RECONOCIMIENTO DE OBJETOS EN UN ROBOT MÓVIL PARA DISEÑO DE CONTROL

Martha I. Aguilera Hernández *, José L. Ortiz Simón*, Ramón V. Roque Hernández**, Claudia Perales Moreno*

*Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo

**UAT Nuevo Laredo

Reforma Sur 2007, Nuevo Laredo

Email: maguilera@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta un algoritmo para reconocimiento de objetos basado en la identificación de contornos. El algoritmo fue aplicado a un robot móvil con ruedas para comprobar su control de acuerdo al contorno del ambiente detectado. Los resultados obtenidos sirven de base para mejorar el diseño del control de movimiento del robot móvil.

Introducción

Las aplicaciones del reconocimiento de objetos por visión artificial se han diversificado sobre todo en las líneas de producción conforme los sistemas y algoritmos de visión van mejorando en su velocidad y en su eficacia.

Al aplicar la visión computacional en la industria se mejoran las tareas de inspección para control de calidad, selección y clasificación.

Para esto es necesario el diseño de algoritmos rápidos y efectivos que permitan determinar la posición, distancia y dimensiones de múltiples objetos con los que va a interactuar el robot ó sistema mecatrónico.

Actualmente el avance del reconocimiento automático de formas se da a medida que se desarrollan nuevos algoritmos que asemejan la visión inteligente del ser humano, desde las nuevas técnicas de manipulación de imágenes hasta los programas computacionales para su procesamiento.

La visión computacional es un campo que está en crecimiento. Debido a la complejidad que implica esta área, se van solucionando los problemas por etapas, incrementando el grado de dificultad. En la actualidad, la investigación y el desarrollo de sistemas de visión artificial se dividen en múltiples campos, desde la visión bidimensional, tridimensional, estática, en movimiento, agrupación de objetos, segmentación, etc.

Las soluciones de visión artificial para cada aplicación dependen de múltiples factores. No existe una solución única general para todo problema que se plantee, debido a que cada situación tiene sus propios factores que contemplar. Es necesario el diseño de métodos visuales con efectividad tanto en el reconocimiento como en la velocidad.

Debido a que se requiere un sistema que funcione en tiempo real, la velocidad en este caso es muy importante. Para esto, es necesario estudiar la mayor cantidad de métodos posibles y la forma de realizarlos con la mayor simplicidad computacional posible, haciendo referencia con esto a minimizar el tiempo de procesamiento para lograr una mayor eficiencia.

Este artículo intenta aproximarse a uno de estos campos, el diseño de sistema de visión artificial que pueda ser aplicado en un robot móvil.

El poder distinguir objetos que se van aproximando a una lente abre un mundo de opciones a la robótica móvil. Este trabajo documenta un algoritmo que representa una ayuda a investigadores y desarrolladores que fijen su atención al procesamiento de imágenes para saber características visibles en el mundo real. El presente proyecto pretende acercarse al estudio de las técnicas de reconocimiento tridimensional de objetos en un entorno industrial para posibles aplicaciones de control.

I.- Descripción del sistema de visión artificial

La figura 1, muestra los bloques que forman el sistema de visión artificial para este estudio. La parte sensora está conformada por una cámara "CMUCAM" que procesa 17 imágenes por segundo y tiene la característica de transferir a una imagen, un mapa binario de los pixeles detectados en tiempo real. El procesamiento digital de la imagen así como el análisis y el control del proceso se realizan en una computadora, la cual se comunica con el microcontrolador del robot.

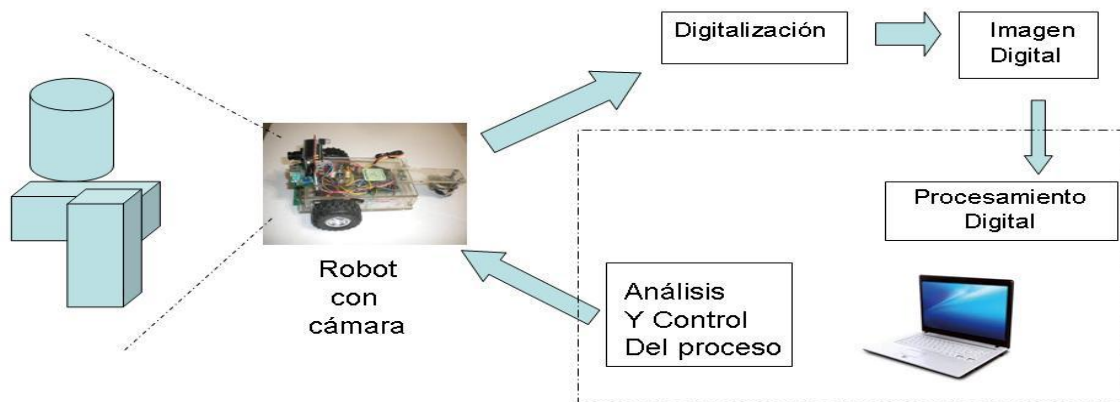


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema de visión artificial empleado en nuestro prototipo.

II.- Descripción del algoritmo de visión

El algoritmo de visión se diseñó con la finalidad de aplicar las transformaciones necesarias y poder extraer la información requerida para el objetivo de control. En este caso, el de detectar los obstáculos y tomar una decisión de control respecto a ellos.

Se utilizó el MATLAB para realizar el procesamiento de la imagen y después se enviaban los resultados al microcontrolador del robot.

Una de las situaciones principales a resolver respecto a la detección de obstáculos es la de distinguir marcas en el suelo de los contornos de los objetos estacionarios. Como ejemplo tenemos los límites del mosaico ó líneas pintadas. El movimiento de la imagen causada por la traslación depende de la posición en el mundo real del punto observado. Entonces, tanto el movimiento de la imagen como el movimiento del robot variará de acuerdo a la posición real. En la figura 2 se muestra la cámara que apunta en dirección al suelo y observa los puntos de una línea que intercepta el plano de visión. Debido a que la cámara se mueve (cámara montada sobre el robot móvil), dicho punto se mueve. Conociendo la posición de la cámara y el movimiento del robot, el lugar geométrico de la intersección en el plano visual de la cámara puede ser calculado.

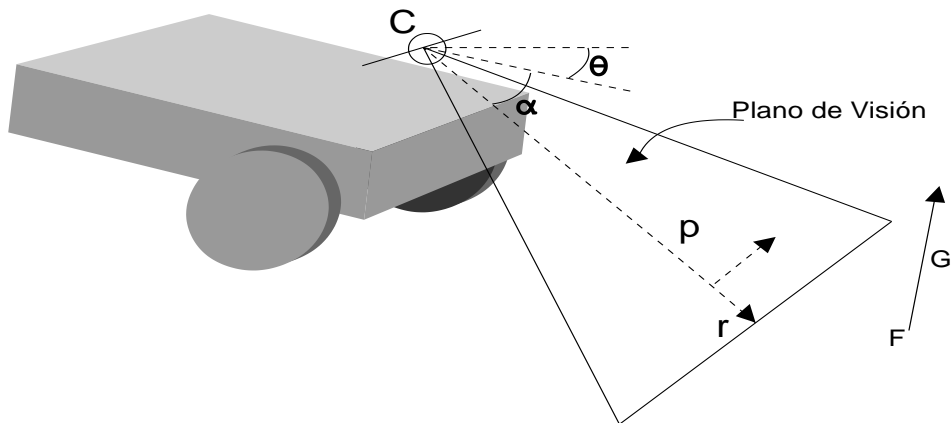


Figura 2. Configuración geométrica. El punto mostrado en la cámara (p) es la intersección entre el plano óptico y la línea bajo consideración.

Se utiliza un algoritmo de discriminación para determinar el tipo de forma que se está viendo, se debe de establecer en la imagen el número de renglón donde, al existir una línea vertical que la atraviese, se considera que el objeto está muy cercano y que represente una distancia considerable para tener libertad de cambiar de dirección. Para cada detección de línea vertical en el plano de visión se deben de obtener sus parámetros: El número de columna en que inicia y termina; en qué número de fila inicia y termina; y la longitud en píxeles de la línea distinguida.

El algoritmo para obtención de parámetros se muestra en la figura 3 y el de detección de obstáculos en la figura 4.

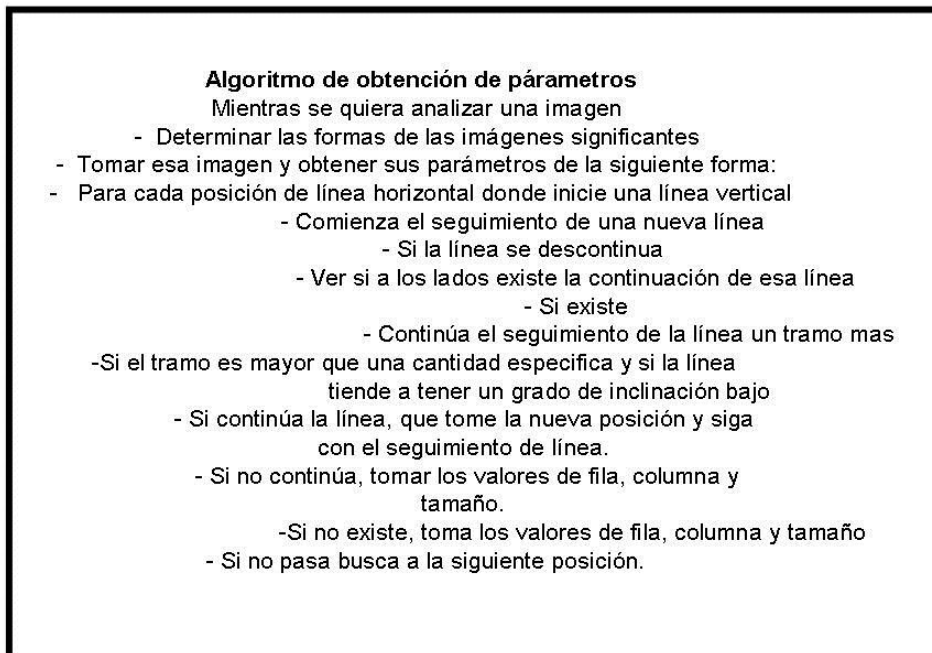


Figura 3: Algoritmo de obtención de parámetros

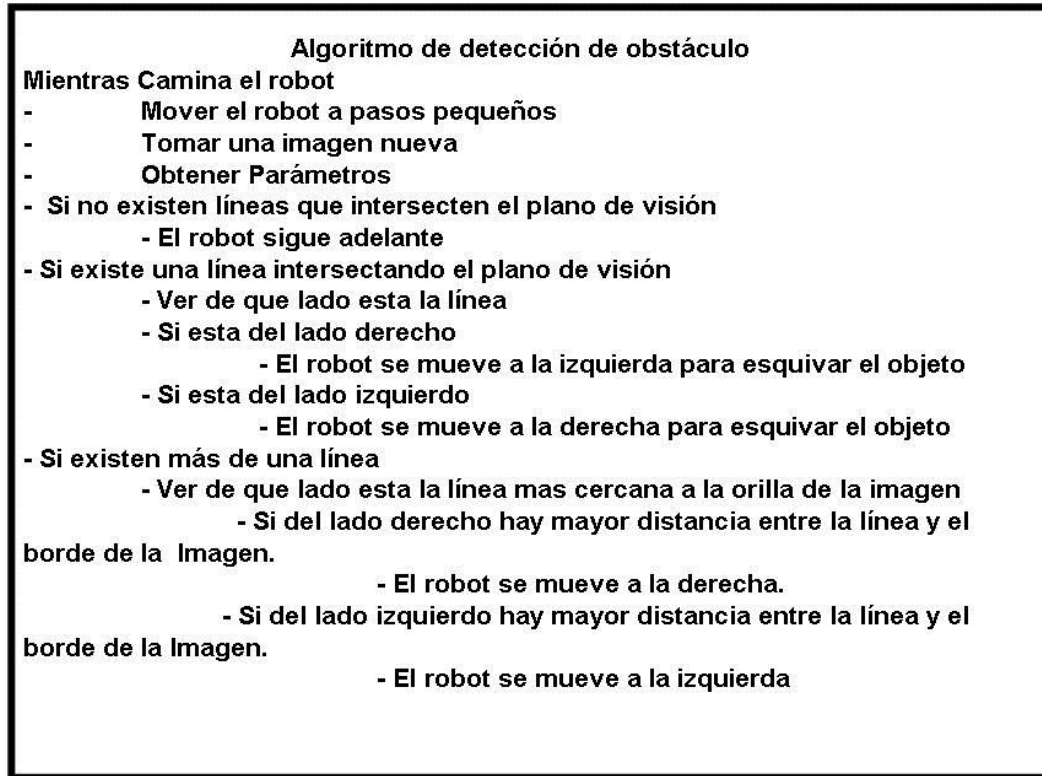


Figura 4: Algoritmo de detección de obstáculo

El algoritmo no es muy sensible para los parámetros del modelo (por ejemplo, pequeños errores en la posición del plano del suelo o en la orientación) porque resultarían errores de vibración y calibración. Se identifican dos tipos de errores: el falso positivo, lo cual implica la presencia de un borde vertical cuando no existe, y un negativo falso, el cual pierde un borde vertical. Ambos tipos de error se presentan por pequeñas desviaciones físicas del modelo. Estas desviaciones pueden ser disminuidas con el uso de una cámara adicional con un sensor sonar de bajo costo.

El algoritmo es viable para detectar objetos que no son totalmente verticales, como los recipientes de basura, las patas de una silla, que pueden ser encontradas por un robot, puedan ser reconocidos como obstáculos. La examinación de estos datos lleva a la conclusión de que el movimiento de imagen puede ser ampliamente empleado para detectar obstáculos reales con contornos verticales cercanos en la presencia de un fondo irregular.

El procesamiento de la imagen se llevó a cabo mediante varias etapas hasta obtener una imagen en blanco y negro que detallara los bordes de interés para nuestro sistema. En la figura 5, se presentan las imágenes resultantes de cada uno de ellos.

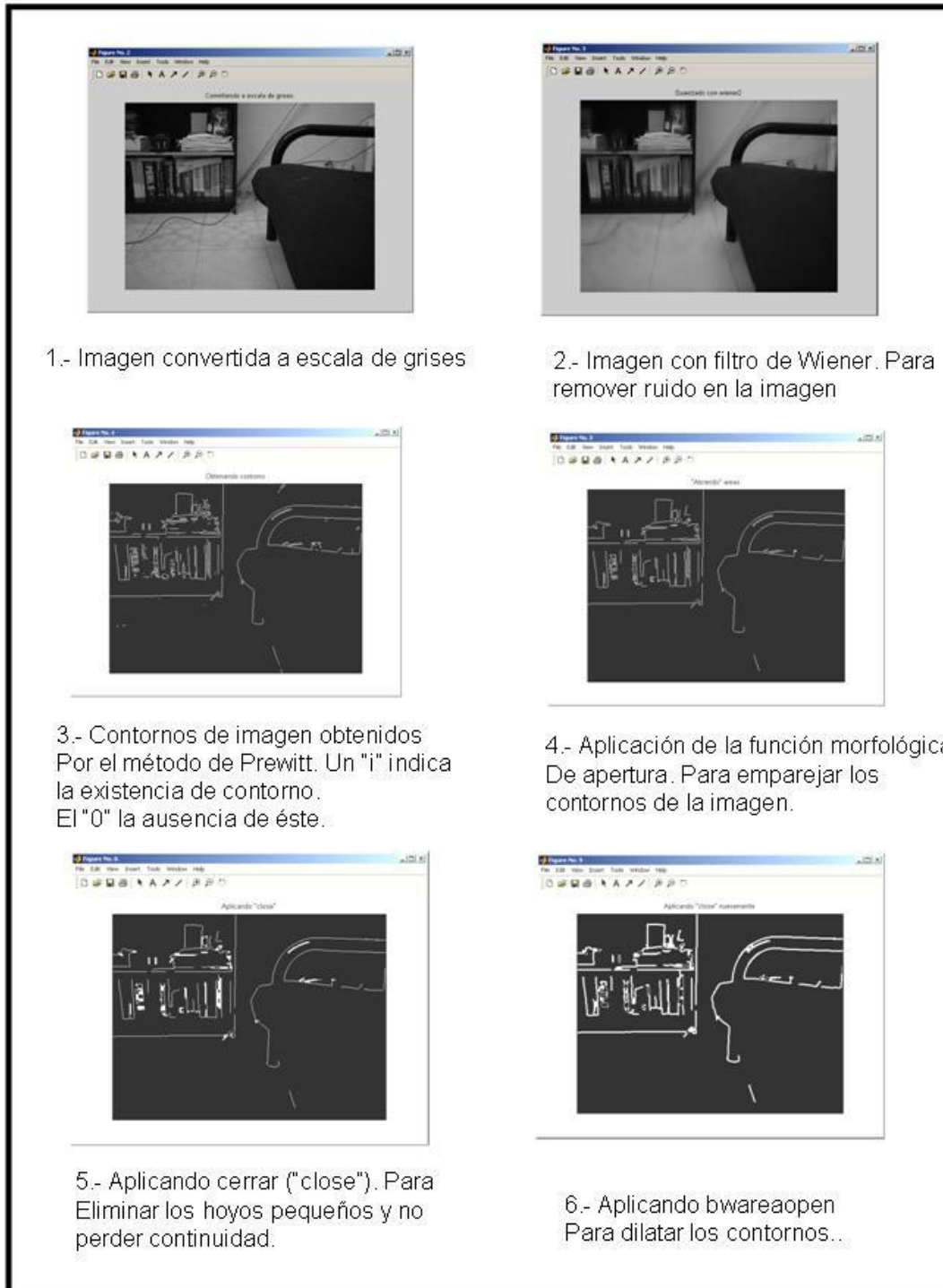


Figura 5: Etapas de procesamiento de imagen

III.- Resultados de la implementación del algoritmo en el robot móvil experimental

Para la implementación experimental se seleccionó un lugar donde el plano del suelo no es de un solo color y presenta líneas rectas que son del mosaico. Se eligió de esta manera para evaluar el desempeño del sistema.

La cámara digital se colocó en la parte superior del robot con un ángulo de inclinación respecto al suelo de 10 grados. Las figuras 6, 7 y 8 muestran tres ejemplos de imágenes captadas por el robot en movimiento y las decisiones de control tomadas de acuerdo a la información procesada.

Muestra 1

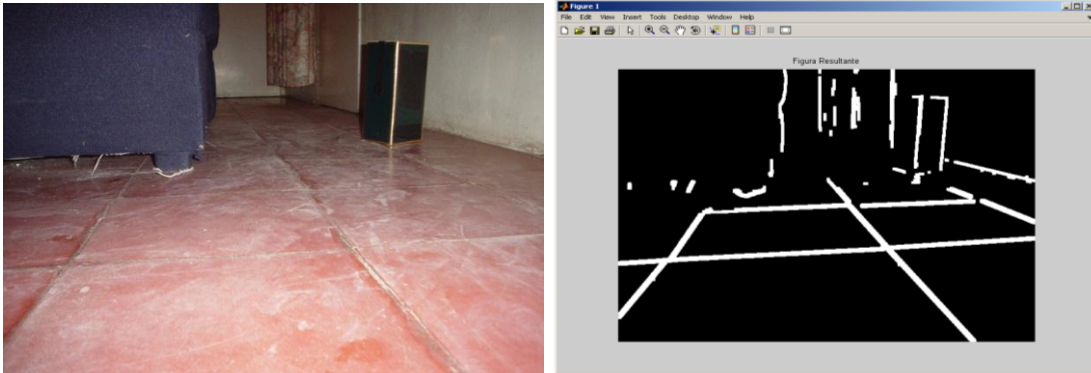


Figura 6. Imagen de la primera muestra.

Parámetro	Valor
Posición inicial de columna	0
Posición final de columna	0
Posición inicial de renglón	0
Posición final de renglón	0
Longitud de la línea	0

Tabla 1. Parámetros de la primera imagen procesada.

Decisión para el movimiento del robot: Adelante

Debido a que no pasa por el renglón 230 de la imagen una línea que sea cercanamente recta y cuya inclinación este dentro del margen permitido por el sistema, los valores de los parámetros son considerados 0. Esto indica que aun no existe un objeto cercano que provoque el cambio de dirección del robot. Por lo tanto, la decisión de movimiento del robot es seguir adelante.

Muestra 2.

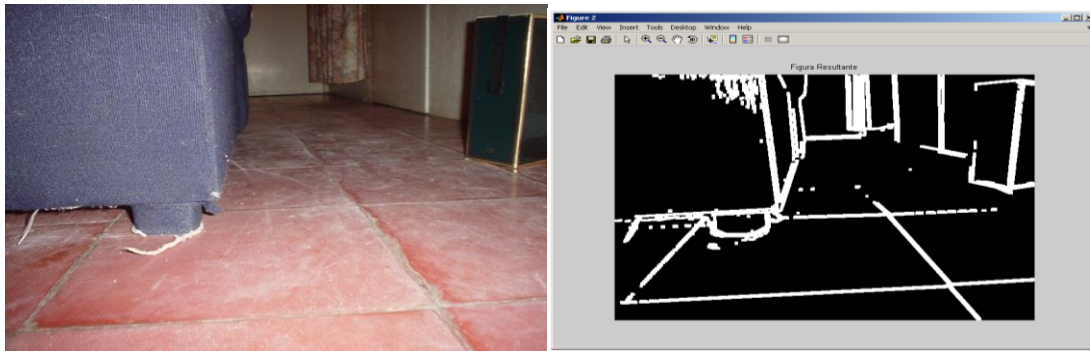


Figura 7. Imagen de la segunda muestra.

Parámetro	Valor
Posición inicial de columna	243
Posición final de columna	227
Posición inicial de renglón	230
Posición final de renglón	1
Longitud de la línea	230

Tabla 2: Parámetros de la segunda imagen procesada.

Decisión para el movimiento del robot: Derecha

Como puede apreciarse, existe una sola columna de parámetros, lo cual indica que solo se encontró una línea vertical en la columna 243 y viene a terminar en la columna 227; esto indica una inclinación de la línea. El tramo detectado es de la línea correspondiente al borde cercano del sillón mostrado en la imagen original. Debido a que esta línea está más cercana al borde de la izquierda que al de la derecha, el movimiento indicado al robot es una rotación a la derecha.

Muestra 3.

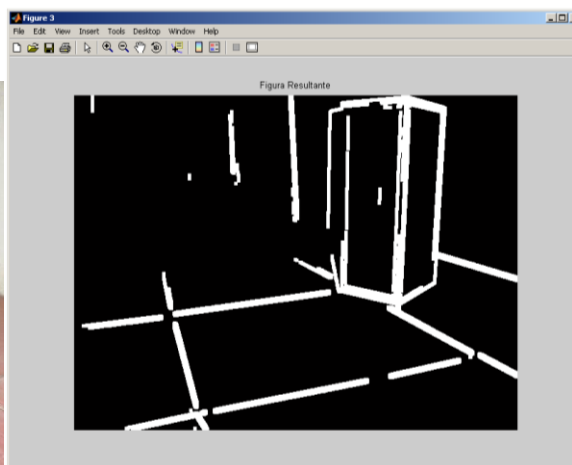


Figura 8. Imagen de la tercera muestra.

Parámetro	Valor
Posición inicial de columna	462 517
Posición final de columna	470 481
Posición inicial de renglón	230 230
Posición final de renglón	22 1
Longitud de la línea	209 230

Tabla 3. Parámetros de la tercera imagen procesada.

Decisión para el movimiento del robot: Izquierda

En el renglón 230 se está detectando que existen dos líneas cercas al borde derecho de la imagen, por lo que decide direccional el robot hacia la izquierda.

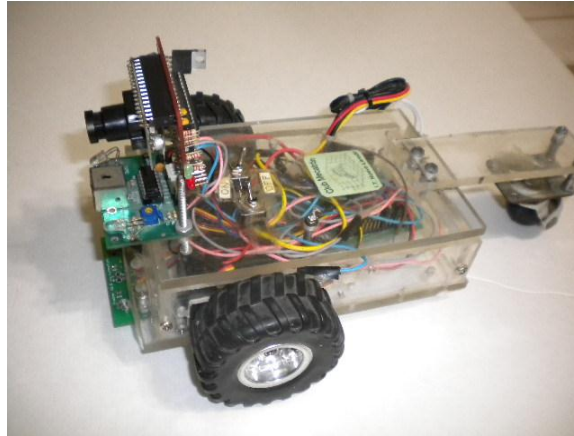


Figura 9: Robot prototipo experimental utilizado en este trabajo

Conclusiones

Este artículo presentó los resultados de la implementación de un algoritmo de visión aplicado a un robot móvil con ruedas. El algoritmo está basado en la detección del contorno de los objetos. Con esta detección, el robot, con un nivel de referencia inicial y con una cámara con un ángulo de inclinación conocido puede tomar decisiones de control para su movimiento en el ambiente.

Bibliografía

- [1] Rowe A, Rosenberg C., Nourbakhsh I., "A low cost Embedded Color vision system", Carnegie Mellon University paper.
- [2] Fancher D., Hoelscher K., Layton M., Miller E., "Omni-Directional Vision System for Mobile Robots, Critical Design Review", MIT paper.
- [3] Herrero I., "Aspectos de un sistema de visión artificial", Universidad Nacional de Quilmas. Ing. en automatización y control industrial. Reporte interno. Octubre 2005.
- [4] Aguilera M., Ortiz S., "Control de robots móviles", Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, Reporte interno, 2010-2011.

AUTOMATIZACION DE UNA INCUBADORA CON ENERGIA SOLAR PARA AVES

Benigno Alejandro Del Valle Soberanes ⁽¹⁾; Sergio A. Gamboa Sánchez ⁽²⁾;
Miriam Gutiérrez Macedo ⁽²⁾; Porfirio R. Nájera Medina ⁽¹⁾; Gerardo Reyes Salgado ⁽¹⁾,
Adriana Montes Martínez ⁽¹⁾

¹ Instituto Tecnológico de Cuautla, Metal-Mecánica, Libramiento Cuautla-Oaxaca, Cuautla Morelos. CP 62745,
Tel: 01 (777) 35 32203 ext. 219

² Centro de Investigación en Energía, CIE-UNAM, Privada Xochicalco S/N
Temixco, Morelos CP 62580, México Tel: 01 (777) 362 00 90

alejandro.delvalle@itcuautla.edu.mx
sags@cie.unam.mx
mgm@cie.unam.mx
cuidatucorreo@itcuautla.edu.mx
gerardo.reyes@itcuautla.edu.mx

RESUMEN

Existe gran necesidad de incubación de huevos entre los pequeños productores, los cuales buscan una solución al conseguir incubadoras de pequeña capacidad a precios muy elevados, con el inconveniente de no contar con respaldos de energía y ni tener dispositivos electrónicos. Por esta razón, el objetivo es incidir en el mercado de incubadoras, diseñando y construyendo incubadoras con controles electrónicos, de pequeña capacidad (60-100 huevos) y modulares para que vayan creciendo con las necesidades del usuario.

Para ello se deben de controlar parámetros que son esenciales para la generación de una atmósfera buena en el sistema. Lograr una temperatura aproximada de 38 °C en la cámara de incubación. La humedad relativa debe ser superior al 50%. Los huevos deben de modificar su posición a lo largo de todo el proceso, por menos los primeros 17 días, con la finalidad de que el plasma no se pegue con el cascarón. Por último se necesita de una buena oxigenación en la cámara de incubación. Todo esto es con la finalidad de garantizar un ambiente óptimo para el proceso de la incubación de los huevos de gallina. Además de contar con una fuente de energía solar para evitar pérdidas en el proceso.

ABSTRACT

A great necessity of incubation of eggs exists among the small producers, which look for a solution when getting incubators of small capacity at very high prices, with the inconvenience neither energy backs or electronic devices. For this reason, the objective is to impact in the market of incubators, designing and building incubators with electronic controls, of small capacity (60-100 eggs) and modulars so that they grow with the user's necessities.

In order to control the parameters that is essential for the generation of a good atmosphere in the system. To achieve an approximate temperature of 38 °C in the incubation camera. The relative humidity should be superior to 50%. The eggs should modify their position throughout the whole process, at least the first 17 days, with the purpose that the plasm doesn't hit with the shell. Lastly it is needed a good oxygenation in the incubation camera. All this is with the purpose of guaranteeing

a atmosphere for the process of the incubation of the hen eggs. Besides having a source of solar energy to avoid losses in the process.

Palabras claves: Incubación, solar, automatización, proceso biológico, incubadoras.

1. INTRODUCCIÓN

Existe en la región una gran necesidad de incubación de huevo a pequeña escala entre un gran número de pequeños productores. Actualmente se pueden conseguir en el mercado incubadoras de pequeña capacidad a precios muy elevados y con el inconveniente de no contar con respaldos de energía, además de no contar con dispositivos electrónicos. Por esta razón, el objetivo de este prototipo es el de incidir en el mercado de incubadoras, diseñando y construyendo incubadoras con controles electrónicos de pequeña capacidad (60-100 huevos), modulares para que vayan creciendo con las necesidades del usuario. El proceso de incubación, bien se realice de modo natural (mediante una gallina clueca) o bien, se haga mecánicamente en incubadoras; requiere del cumplimiento de ciertas condiciones físicas. Entre estas condiciones se encuentran temperatura, humedad relativa, presión, densidad, iluminación y ventilación.

La temperatura que es el factor físico más importante en todo proceso de incubación, se recomienda dentro del rango 37°C - 38°C, dependiendo del tipo de incubadora, humedad relativa del aire y composición del aire, para obtener la más alta incubación [1]. De acuerdo con las indicaciones del Centro de Investigación Agrícola Nacional de Bettsville, Maryland, Estados Unidos, la temperatura mínima en la incubación es de 38.5°C con 60 % de humedad relativa del aire y cuando la concentración de oxígeno es del 21 %, la del bióxido de carbono contenido en el aire es inferior al 0.5% y el movimiento del aire a través del exterior de los huevos se aplica con una velocidad de 0.13 m/min [2].

La humedad relativa en el interior de la incubadora puede oscilar más que la temperatura sin que repercuta en la incubación de los huevos, pero existe un margen dentro del cual se consiguen mejores resultados. Como se mencionó anteriormente, dentro de la incubadora la humedad relativa óptima es del 60 al 65% para una temperatura de 38°C hasta el dieciochoavo día; un aumento o disminución en estos valores trae como consecuencia el adelanto o retraso en el periodo de incubación, provocando que los pollos nazcan más pequeños. En los dos últimos días la humedad relativa puede alcanzar desde el 70 al 80% [3]. La ventilación es otro de los factores importantes para obtener mejores incubaciones, ya que el bióxido de carbono y otros gases que se generan debido al metabolismo del embrión, deben desalojarse constantemente para mantener un adecuado equilibrio en la interacción de los gases.

Datos experimentales indican que: mil huevos necesitan alrededor de 8.2 metros cúbicos de oxígeno durante los 21 días de incubación y producen aproximadamente 4.3 metros cúbicos de bióxido de carbono; pero el intercambio de gases aumenta conforme se desarrolla el embrión, por lo que se requiere de al menos 12 cambios de aire por hora en la incubadora.

También se ha encontrado que para una incubación óptima, el aire debe contener aproximadamente el 21 % de oxígeno y entre 0.3 a 0.7% de bióxido de carbono. La ventilación es especialmente importante en la última semana del periodo de incubación, ya que en este tiempo es cuando los embriones consumen grandes cantidades de oxígeno y producen al mismo tiempo igual cantidad de anhídrido carbónico.

El volteo ó cambio de posición del huevo durante la incubación tiene una influencia decisiva sobre la mortalidad del embrión. Las pruebas experimentales indican que volteando los huevos más de ocho veces al día se obtiene un aumento en la eficiencia. El volteo de los huevos es indispensable para conseguir que la cubierta de albumen que rodea la yema se interponga entre ella y la membrana del cascarón, ya que si el huevo permanece en una sola posición por muchos días, puede tener lugar cierto grado de evaporación del agua contenida en las sustancias que conforman el interior del huevo, con lo que la clara puede permitir al punto del germen de la yema, que se adhiera al cascarón y se destruya. Como dato adicional se ha observado que la gallina en el nido, voltea los huevos repetidas ocasiones cada día, cada vuelta hace que la clara espesa o albumen se interponga entre el embrión y la membrana del cascarón.

Los valores indicados para cada uno de los factores que influyen durante todo el período de incubación (21 días) se presenta en la tabla 1 [4].

Tabla 1 Valores para los factores que intervienen durante todo el período de incubación (21 días).

Días de incubación	Temperatura (°C)	Humedad relativa	Tiempo de volteo
1 -19	38	60 - 65	cada 4 hrs.
20 -21	38	70 – 80	0

2. DISEÑO DE LA INCUBADORA

Las condiciones y características que se deben satisfacer durante el periodo de incubación completo, son elementos que siempre se deben considerar cuando se propone algún modelo de incubadora.

Al adoptar el método artificial para la incubación se deben tener presente consideraciones, como son:

- La incubadora debe contar con un buen aislamiento térmico para que su temperatura se mantenga constante y uniforme en su interior; además, debe construirse previendo la minimización de gasto de mantenimiento.
- Para que la incubadora funcione eficientemente, debe contar con dispositivos que controlen la temperatura, ventilación y con mecanismos que efectúen el movimiento de los huevos con la periodicidad adecuada.
- El espacio y la altura, la facilidad de limpieza y desinfección, así como la movilidad de la incubadora, son recursos que también deben ser considerados para obtener una mayor eficiencia de la máquina.
- El suministro de energía para el funcionamiento de las incubadoras debe ser constante. Tradicionalmente la energía necesaria se ha obtenido a través de carbón, gas o electricidad. La elección depende de la disponibilidad del recurso en la localidad donde se instala el dispositivo.

- En la mayoría de las incubadoras el recurso energético se logra por medio de corriente eléctrica que se suministra a una resistencia y entonces transferir el calor producido a la cámara donde se colocan las bandejas con los huevos para su incubación.

El sistema de calentamiento, humidificación, movimiento de los recipientes contenedores de los huevos, así como controles especiales del sistema eléctrico y del respaldo energético, se realizaron electrónicamente. Por otra parte, para la incubadora con sistema de aislamiento térmico se llevó a cabo empleando diversos materiales de baja conductividad térmica, pero además de ello, teniendo un costo económico bajo. La caracterización del prototipo de la incubadora se realizó mediante un sistema de adquisición de datos, el cual consta de un DB-525 V4 Handy Log que es una interface de computadora, una computadora. Se hicieron mediciones cada 3 segundos de los 8 sensores de temperatura, 7 adentro de la incubadora para sensar las temperaturas en diferentes posiciones de la misma, tres de ellos en la parte superior (T2,T3,T4), uno en la parte central (T5) el cual se considera el sensor de temperatura media y de control del sistema, los otros tres (T6,T7,T8) en la parte inferior de la incubadora. Mientras que (T1) es utilizado para sensar la temperatura ambiente a la cual está expuesta la operación de la incubadora.

En el presente diseño de una incubadora fotovoltaica, se han considerado diversos sistemas para garantizar el adecuado funcionamiento de ésta. La cámara de incubación consta de los siguientes sistemas:

- Sistema de movimiento
- Sistema de aislamiento térmico
- Sistema de calentamiento de la cámara.
- Sistema eléctrico
- Sistema de respaldo energético
- Sistema fotovoltaico

2.1 Sistema de Movimiento

Es necesario que el huevo sea conservado en la posición correcta durante la incubación y voltearlo regularmente. Los huevos en incubación artificial deben ser colocados con la base (extremo ancho) hacia arriba, ver figura 1. Los huevos no deben voltearse en circulo porque esto provoca la ruptura del saco alantoideo y después la muerte embrionaria. Por lo tanto, los huevos son volteados a una posición de 45° respecto a la vertical.

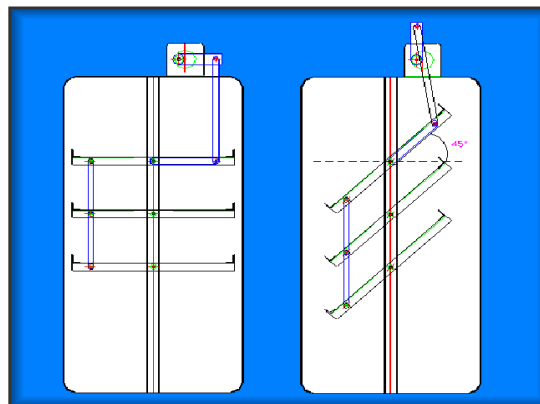


Figura 1. Accionamiento de las charolas a 45°

2.2 Sistema de Ventilación

Los principales componentes del aire son: oxígeno (O_2), nitrógeno (N_2), bióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O); en el proceso de incubación es importante el paso libre de éstos a través de los poros del cascarón y sus membranas; el embrión en desarrollo debe tener un aporte constante de oxígeno y eliminar el bióxido de carbono y humedad, figura 2.

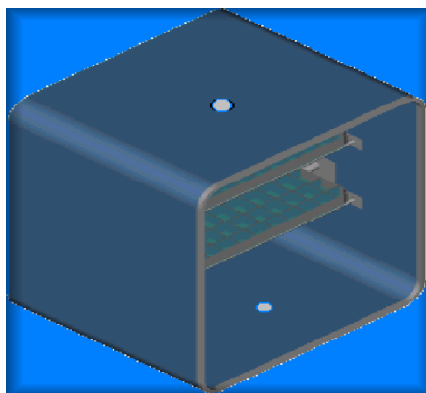


Figura 2. Representación de salida y entrada de aire.

2.3 Sistema de Humidificación

La humedad relativa abajo del 40 % y arriba del 80 %, hacen decrecer la incubabilidad y ocasionan la producción de pollos más chicos. La alta humedad relativa acelera y la humedad baja retarda el desarrollo del embrión. La humedad relativa se determinó mediante las temperaturas registradas en los termómetros de ampollita húmeda y de ampollita seca. El correspondiente termómetro de ampollita seca registra la temperatura normal conocida en el aire. El termómetro de ampollita húmeda es un termómetro ordinario en el que la ampollita ha sido cubierta con un pabito mojado, ver figura 3. De esta manera cuando el aire es forzado alrededor de la ampollita y el pabito, se presenta un efecto enfriador producido por la evaporación; y entre más se enfríe, más bajara la lectura de la temperatura de la ampollita húmeda.

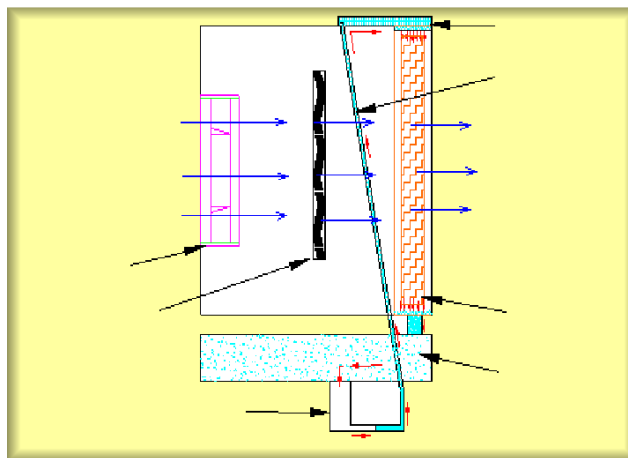


Figura 3. Dispositivos para generar la humedad

2.4 Sistema de Calentamiento

El sistema de calentamiento se lleva a cabo mediante una resistencia plana adaptada de tal manera que sobre ésta circule aire impulsado por el ventilador ver figura 2 y se dirija hacia el sistema de humidificación para garantizar así una humedad homogénea dentro de la cámara de incubación.

3. ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Las pérdidas de calor que tendrá la incubadora serán por medio de los fenómenos de conducción, convección y radiación. En la naturaleza no se presentan estos fenómenos en forma aislada, sino que suceden en forma simultánea, es decir que para un cuerpo caliente, sus pérdidas de calor serán por medio de los tres fenómenos citados, los cuales se presentan en forma simultánea. Una placa metálica que tiene expuesta una de sus caras (A) a un ambiente con alta temperatura, y la otra cara (B) expuesta a otro ambiente a una temperatura menor, conducirá el calor en función de su conductividad térmica de la cara A a la cara B. Cuando se alcanza un estado estable del flujo de calor, la cara B tiene una temperatura constante, y el ambiente que rodea la cara B, absorbe el calor por un fenómeno combinado de conducción y de movimiento de masa, lo cual se conoce como "convección". Los fenómenos de conducción y convección siempre se presentan en forma simultánea y se influyen uno sobre otro, en tal forma que solamente uno de ellos es el que rige el flujo total de calor en el sistema, figura 4

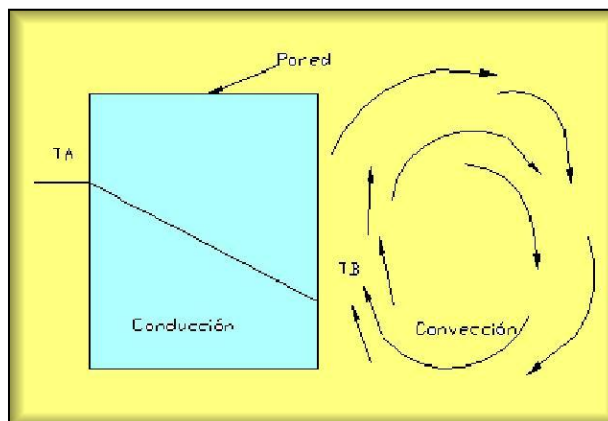


Figura 4. Conducción y convección de calor

3.1 Perdas de calor por efecto de chimenea

Tiro de Chimenea, es el fenómeno que se origina por convección de modo natural, cuando se tiene una diferencia de temperaturas (exterior e interior), da como resultado un flujo de aire que corre del tubo imaginario de un tubo cilíndrico, figura 5.

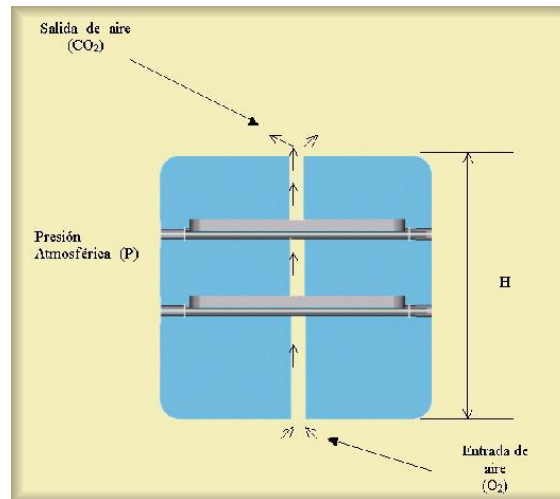


Figura 5. Efecto chimenea

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

La posibilidad de una abertura instantánea de la cámara de incubación y la evaluación del tiempo requerido para recuperar las condiciones de temperatura nos indican que en todos los casos este no supera los 20 minutos, esto no afecta el proceso de incubación ya que en el caso de incubación natural, la gallina abandona por mayor tiempo su nido.

En relación con las necesidades energéticas del proceso de incubación de una cámara de 1m³ se encuentra que en el mes de mayo equivale a lo que consume un foco de 120 watts si se mantiene encendido durante el periodo de incubación completa, como se muestra en la gráfica 5. La primera parte de los resultados, es el análisis de una incubadora tradicionalmente construida de madera; la cual debido a las limitantes del material empleado en el diseño para propósitos de aislamiento, requiere una gran cantidad de energía necesaria para mantener la temperatura requerida en el proceso de incubación sea muy grande.

Tomando en cuenta las características de funcionamiento en el diseño de la incubadora de unicel-madera se tiene una mejor conductividad térmica ya que existe un ahorro considerable de energía, como se muestra en la gráfica 6. La energía eléctrica suministrada a la incubadora debe ser susceptiblemente proporcionada por un módulo fotovoltaico, la cual es una energía que resulta, en nuestros días, bastante costosa, es por ello que debe ser debidamente cuantificada para su uso.

Para llevar a cabo lo anterior, se realizó una simulación en dos tipos de incubadoras una de madera y la otra de unicel-madera variando la temperatura ambiente, en la cual se encuentra inmersa la incubadora. Los resultados de temperatura y consumo de energía se muestran en las gráficas 6, 7, 8 y 9 en donde se presenta el comportamiento térmico en las diversa partes dentro de la incubadora, así como la temperatura ambiente. En la gráfica 5.4, se expresa la razón de la

energía que se tuvo que emplear para mantener las condiciones del sistema; así como el tiempo de caracterización de cada una de ellas. Obteniendo como resultado 35 horas, en la incubadora de madera y 28 horas en la incubadora de aluminio-madera.

TEMPERATURA PARTE SUPERIOR DE LA INCUBADORA UNICEL MADERA

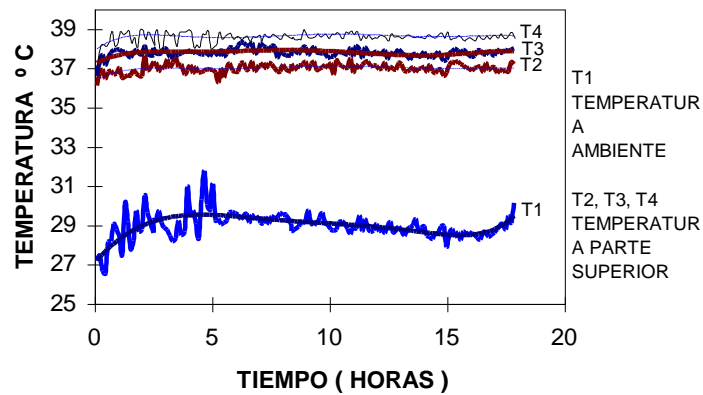


Figura 6. Temperatura superior de la incubadora unicel - madera

TEMPERATURA INFERIOR INCUBADORA UNICEL - MADERA

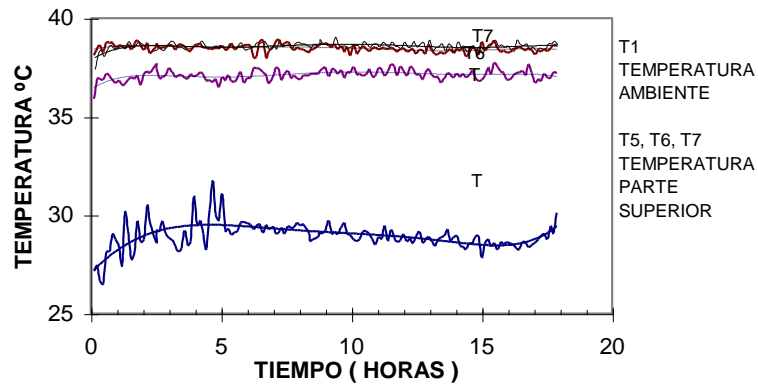


Figura 7. Temperatura inferior de la incubadora unicel – madera

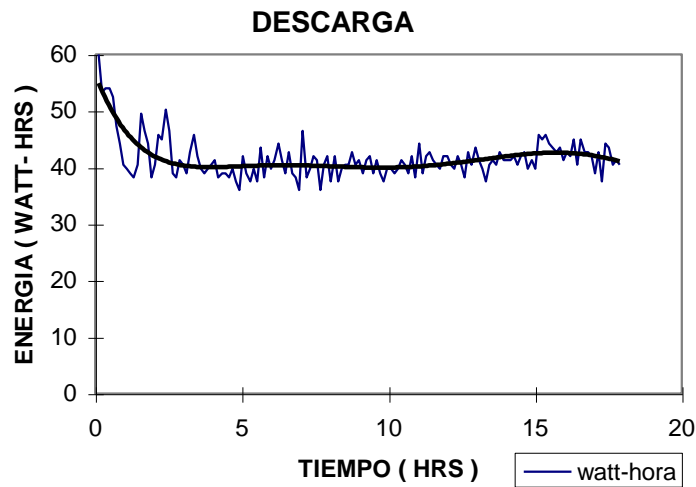


Figura 8. Relación energía empleada - tiempo de la incubadora unicel – madera

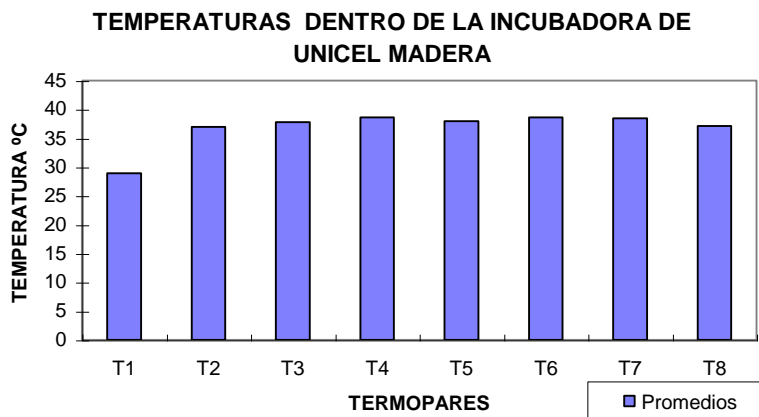


Figura 9. Temperaturas en el interior de la incubadora unicel - madera

En la primera parte de la caracterización de una incubadora construida de madera; la cual debido a las limitantes del material empleado en el diseño para propósitos de aislamiento, provoca que la cantidad de energía necesaria para mantener a la temperatura necesaria el proceso de incubación sea muy grande, esto es tomado en cuenta por las características en el diseño mismo del sistema, la otra incubadora es de unicel-madera que tiene una mejor conductividad térmica y un ahorro considerable de energía. La energía eléctrica suministrada a la incubadora es proporcionada por un módulo fotovoltaico, la cual es una energía que resulta, en nuestros días, bastante costosa, es por ello que debe ser debidamente cuantificada para su uso.

La innovación es que esta incubadora contara con un mecanismo para el movimiento de los huevos ya que las que existen en el mercado no tienen este mecanismo de movimiento y son de poca capacidad. El sistema de movimiento se realiza con un motor CD de 12 Volts, el cual tiene acoplado un dispositivo para mover las charolas en forma vertical, el tiempo de encendido del motor CD es de 4 horas y opera durante 10 segundos.

5. CONCLUSIONES

Con el trabajo desarrollado es posible fabricar una incubadora para pollos mucho más confiable y autónoma. Los materiales seleccionados presentan una durabilidad mucho mayor que los materiales de las incubadoras actuales. El análisis de transferencia de calor ofrece condiciones de operación de costo mínimo, pues no presentan condiciones de suministro sobrados.

Se concluye que el desarrollo logrado es potencialmente aplicable para ayudar a la solución del problema de producción de pollos que pueda existir en alguna región. figura 10



Figura 10. Materiales a utilizar en la Incubadora

6. REFERENCIAS

- [1] Galvarini Y., *“Notas Prácticas de Avicultura Moderna”*, (A.G.T. Editor México), 59,60 (1981).
- [2] Bundy C. y Diggins R., *“La Producción Avícola”*, (edit. Continental Mexico), 34,35, (1981).
- [3] Funk E. y Irwin M., *“Incubación Artificial”*, (edit. UTEHA, Mexico), 45,46, 2000.
- [4] Card L. y Nesheim M., *“Producción Avícola”*, .(Editorial Acribia, España), 60,61, (2000).
- [5] Boylestand Robert, *“Electrónica Teoría de Circuitos”*, (Edit. Prentice Hall Hispanoamericana, Mexico), 32,33 (1999).
- [6] Schuler Charles, *“Electrónica Principios y Aplicaciones”*, (edit. Reverte, Barcelona),60,61, 1994

AVANCES EN LA AUTOMATIZACIÓN DE UN LABERINTO ELEVADO EN CRUZ PARA LA MEDICIÓN DE ANSIEDAD EN RATAS

Br. Emmanuel de Jesús Vera Tun, Dr. Francisco José Heredia López, Dr. José Luis Bata García, Dr. José Luis Góngora Alfaro, M. en C. Fernando Álvarez Cervera
Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán y Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi de la Universidad Autónoma de Yucatán
em_azul_8@hotmail.com, hlopez@uady.mx, jbata@uady.mx, galfaro@uady.mx, acervera@uady.mx

RESUMEN

Uno de los métodos para realizar la medición de ansiedad en ratas es el laberinto elevado en cruz (LEC), que consiste de dos brazos abiertos y dos cerrados. El registro del número de entradas del roedor en los brazos es hecho manualmente, lo que provoca una influencia indeseable del observador sobre el comportamiento del roedor. Además, existe la posibilidad de errores humanos asociados con distracción y fatiga, así como aquellos debidos a la transcripción de datos. Por tanto, para evitar estos efectos se está realizando la automatización del LEC usando sensores capacitivos, que no son percibidos por el roedor. Estos sensores son capaces de detectar las capacitancias parásitas que produce la presencia del roedor. Los sensores se colocarán debajo del piso del laberinto, ya que pueden hacer su función de detectar al roedor sin entrar en contacto físico con él. Ya se han realizado pruebas con diferentes tamaños de sensor y con diferentes algoritmos de medición. De ahí se elegirán la configuración óptima para el diseño final del laberinto. Se considera que se requerirán tres sensores por brazo y uno más en el centro del laberinto. Todos ellos serán manejados por un microcontrolador (como esclavo), y un segundo microcontrolador (maestro) será usado para la interfaz con el usuario final. El dispositivo maestro le dará indicaciones al esclavo por medio de comunicación de interfaz serial periférica (SPI), y también registrará en una memoria EEPROM las lecturas que realice este último. Asimismo, se implementará un programa de alto nivel en una computadora personal utilizando un software gráfico para el procesamiento de los datos.

ABSTRACT

One of the methods for the measurement of anxiety in rats is the elevated plus maze (EPM), which consists of two open and two closed arms. The registration of the number of entries made by the rodent to each arm is done manually, which causes an undesirable influence of the observer on the behavior of the rodent. In addition, the possibility of human errors associated with distraction and fatigue, as well as those due to data transcription, exists. Thus, in order to avoid or reduce these effects we are developing an automated version of the EPM using capacitive sensors, which are not perceived by the rodent. These sensors are capable of detecting the parasitic capacitance resulting from the presence of the rodent. Sensors are placed beneath the floor of the maze, from where they can to detect the rodent without physical contact with it. Tests have already been made with different sensor sizes and with various measurement algorithms. The optimal configuration for the final design of the labyrinth will be selected from the corresponding results. It is considered that three sensors will be required for each arm, and one more for the central area of the maze. All of them will be managed by a microcontroller (as a slave device), and a second microcontroller (master) will be used to interface with the end user. The master device will give indications to the slave through peripheral serial interface (SPI) communication, and will also record in an EEPROM device the readings made by the slave. In addition, a high level data processing program for use in a personal computer will be implemented using a graphical software package.

1. INTRODUCCIÓN

Los desórdenes de ansiedad son comunes en la población general y están frecuentemente asociados con la depresión [1]. El deseo de mejorar las actuales terapias ansiolíticas, ha estimulado investigar algunos procedimientos que tiene por objeto el estudio de los modelos de ansiedad [2].

Un método para medir la ansiedad en ratas es el laberinto elevado en cruz. Esta prueba depende del inherente conflicto entre la exploración de un área nueva y la evasión de características adversas. Puede ser usado en ratas o ratones [3]. El laberinto en forma en cruz ha sido descrito como un simple método para evaluar las respuestas de ansiedad de los roedores [4].

El laberinto cuenta con cuatro brazos, dos abiertos y dos cerrados, que están organizados en forma de cruz. De acuerdo a estudios anteriores, se crea un fuerte enfoque de evasión en los brazos abiertos, mientras que en los brazos cerrados esto no sucede. Esta conducta está relacionada con la aversión innata que los roedores muestran por las áreas elevadas y desprotegidas [5].

Para iniciar el experimento la rata es puesta en el centro del laberinto para evaluar la decisión del roedor. El nivel de ansiedad de la rata en el laberinto está asociada a dos medidas principales, el número de veces que el animal entra en cada tipo de brazo y el tiempo en el que permanece en ese brazo [6]. Sin embargo, el control de registro es manual, por lo que hay una influencia en su comportamiento.

Es por ello que se está trabajando en automatizar dicho laberinto, con el fin de crear un sistema capaz de distinguir las diferentes entradas a los brazos realizadas por el animal en experimentación y medir la permanencia dentro de cada brazo. Posteriormente se desarrollará un programa en un lenguaje de alto nivel que pueda interpretar los datos obtenidos por el sistema para que estos puedan ser de utilidad para el investigador.

2. METODO DE SENSADO

Para la detección del roedor, se ha pensado en diferentes tipos de sensores, se decidió por el sensor capacitivo, un sensor de proximidad que puede detectar un objeto sin entrar en contacto físico.

2.1. Sensor capacitivo

Los sensores capacitivos se han transformado en los sensores más prevalentes y demandados para aplicaciones varias, y actualmente es posible construirlos directamente sobre una tarjeta de circuito impreso con la forma y distribución física más adecuada a la aplicación que se desea. Además, los sensores capacitivos tienen una excelente sensibilidad para las tareas de detección y son de bajo costo. Por otra parte, tiene algunos inconvenientes cuando se usan guantes u objetos que se interpongan entre el objeto y la superficie sensora [7].

Para saber la forma y distribución física que debe tener el sensor se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones, entre ellas está la capacitancia (C) que depende del área de las placas del sensor (A), distancia entre las placas (d), permisividad del espacio libre (ϵ_0) y la constante dieléctrica relativa (ϵ_r). Obsérvese la ecuación 1.

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (1)$$

2.2. Diseño del sensor

Cuando se diseñamos un sensor capacitivo, la forma no es de importancia, como se puede observar en la ecuación el área es un factor importante para la capacitancia [8]. Mientras el área de la placa sea más grande proporcionará una mejor sensibilidad del sensor y facilitará la detección del objeto, en nuestro caso el roedor.

Otra cuestión a considerar es la distancia entre los sensores, se debe considerar el tamaño del objeto y hacer una aproximación de la separación necesaria que se requiera

para la aplicación a la que será sometido el sensor. Para el caso del LEC, los sensores se encontrarán por debajo del suelo que pisa el roedor, se debe considerar el grosor del suelo para la separación de los sensores.

Como se explicó en el apartado anterior cada sensor debe contar con dos placas, pero la segunda placa que se conecta a GND no es necesario, ya que, el hecho de considerarlo, el sensor pierde sensibilidad, en cambio, sin ello el oscilador es mucho más rápido.

2.3. Algoritmo de sensado

Muchas técnicas para el sensado capacitivo están actualmente en la industria. Algunas están basadas en la medición de la frecuencia o ciclo de operación en el cual ésta es cambiada debido a la introducción de capacitancia adicional, por ejemplo, entre el dedo de una persona y el suelo.

Para que un sensor capacitivo pueda detectar la presencia de un objeto, se deben realizar las siguientes tareas [7]. Usualmente esto se realiza dentro de un algoritmo de sensado:

- Crear un oscilador con el sensor capacitivo.
- Contar los flancos positivos de la señal del oscilador, usando algún temporizador, en ausencia de objetos cerca del sensor capacitivo. Esto con el fin de obtener una frecuencia promedio correspondiente a un estado de no presencia detectada.
- Contar los flancos positivos de la señal del oscilador, usando algún temporizador, en presencia de un objeto cerca del sensor capacitivo.
- Obtener la frecuencia en la cual está oscilando, y determinar si la frecuencia ha disminuido con respecto a la frecuencia obtenida sin haber estado un objeto cerca del sensor capacitivo.

Para crear el oscilador con el sensor capacitivo se requiere de un circuito RC como el de la Figura 1, donde C_s es la suma de la capacitancia del sensor y la capacitancia parásita de la rata.

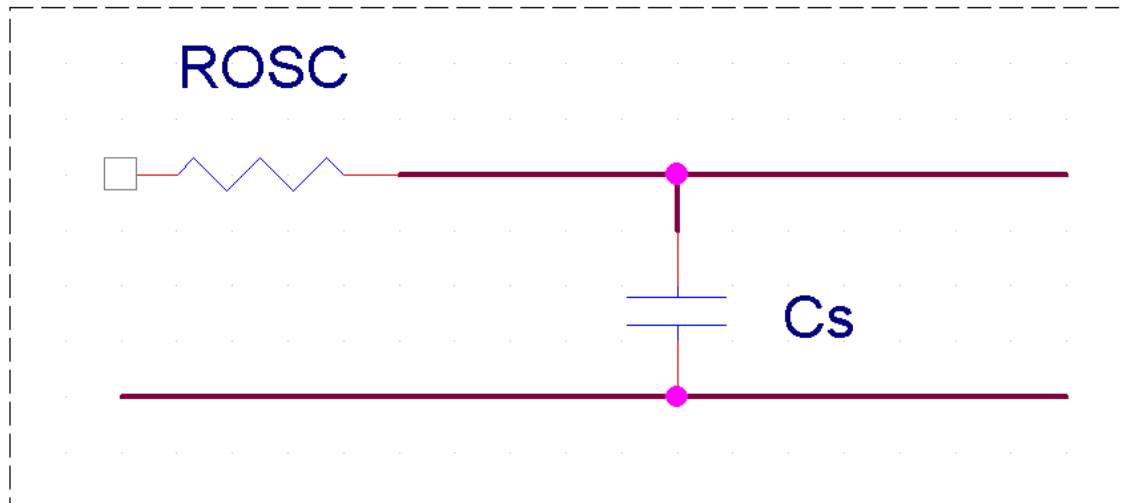


Figura 1. Circuito RC

Para calcular la constante de carga y descarga τ se usa la ecuación 2, esta ecuación nos ayuda al cálculo de la frecuencia a la que oscilará el sensor.

$$\tau = ROSC * Cs \quad (2)$$

El muestreo del circuito oscilador es posible realizarlo utilizando el esquemático de la Figura 2.

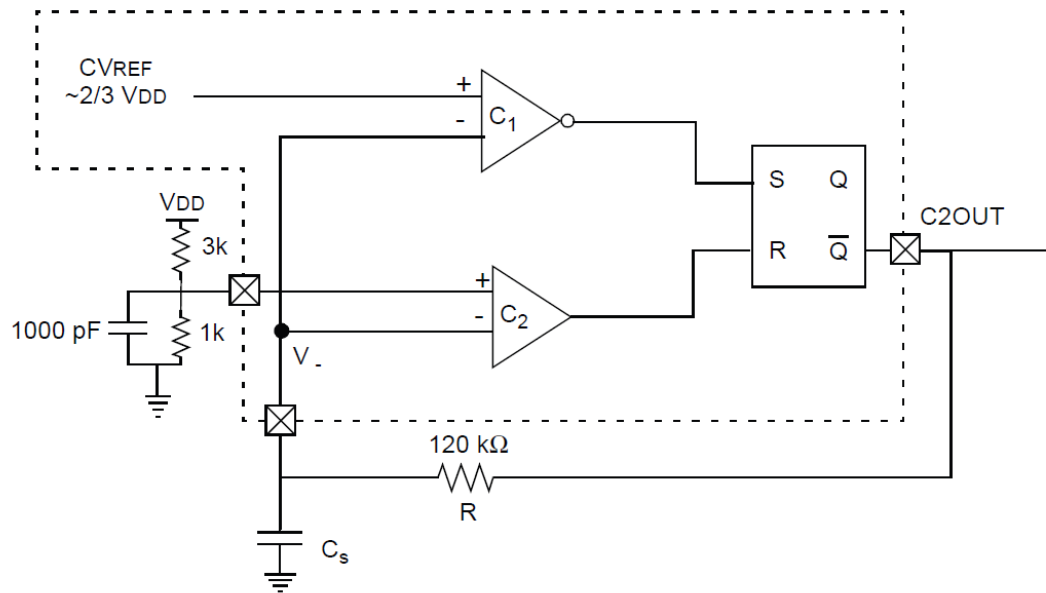


Figura 2. Circuito oscilador [7]

Se puede observar que se usa de los comparadores (C1 y C2) internos del microcontrolador y un flip-flop SR, para lograr generar la oscilación del sensor capacitivo (Cs). También podemos observar que se usan referencias de voltaje, esto limita la amplitud de la señal osciladora. En la salida C2OUT se debe generar una señal como el de la Figura 2.

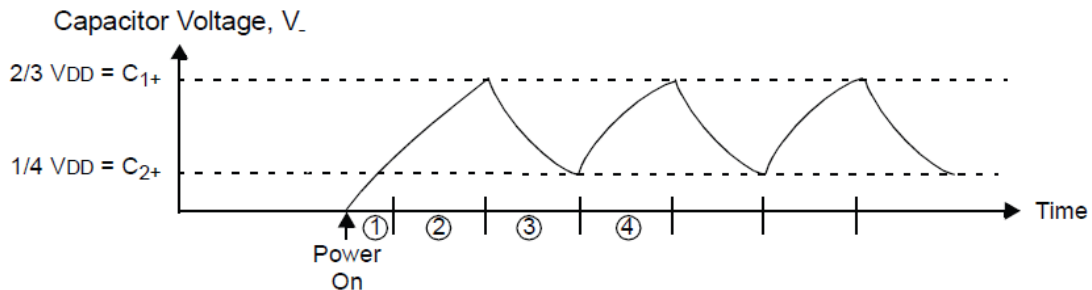


Figura 3. Señal de oscilación [7]

La frecuencia recomendable de oscilación del circuito está en el rango de 100-400 kHz, pero mientras mayor sea esta frecuencia, el muestreo tendrá una mejor resolución en los conteos de flancos [7].

Para definir el tiempo de muestreo es posible usar el temporizador interno del microcontrolador, se recomienda que este temporizador se desborde mucho antes que el contador de flancos (muestreo) del sensor.

Para saber si el sensor está ocupado o no, se usa la condición de la ecuación 3.

$$Lectura < promedio - umbral \quad (3)$$

En donde "Lectura" es la frecuencia actual del oscilador; "promedio" es el promedio de lecturas anteriores del sensor desocupado y "umbral" es un porcentaje considerable de "promedio", este porcentaje es definido dependiendo de la variación de la frecuencia al sumarse una capacitancia extra al sensor, es decir, cuando esté ocupado. En caso de que se cumpla esta condición se considera el sensor ocupado, en caso contrario se actualiza "promedio" [9].

3. RESULTADOS

Actualmente se ha desarrollado un primer prototipo usando un microcontrolador PIC16F722 de Microchip® usando sensores con las medidas que se pretende utilizar en el prototipo final. Se determinó la medida del sensor en base al tamaño promedio de la rata. Para los brazos se usarán sensores del tamaño 6 cm x 5 cm, y 7.75 cm x 7.9 cm en el centro del laberinto. Se logró con éxito el funcionamiento de dichos sensores, aún cuando se colocó agua al acrílico que los cubría. Por el momento se está trabajando en encontrar los umbrales óptimos para cada sensor, una vez determinado este parámetro se continuará con el diseño de un segundo prototipo que permita detectar la presencia del animal en los cuatro brazos y el centro del laberinto

4. DISCUSIONES

Durante la implementación del primer prototipo se encontraron limitaciones en el algoritmo: Requiere de un número mínimo de ciclos contados del oscilador RC para poder validar el estado del sensor. Si no se logra una cuenta mayor a este mínimo no se logra una validación confiable del sensor que se está monitoreando. Por otro lado dado que el algoritmo basa su funcionamiento en la comparación de los promedios de la cuentas con respecto a un umbral generado a partir de estos promedios la correcta determinación de si un sensor está ocupado o no depende directamente de las dimensiones del sensor, por lo que es necesario sintonizar o calibrar el umbral de cada sensor para lograr un funcionamiento confiable y evitar falsos positivos entre sensores adyacentes.

5. CONCLUSIONES

Se ha logrado con éxito la validación de las diferentes medidas de los sensores, aún cuando se colocó agua al acrílico. Esto ya es un gran paso para poder desarrollar la parte principal del problema de la automatización del LEC, ya que es la parte de la aplicación con mayor dificultad, y además se elimina el problema de que si el roedor deja orina sobre el laberinto, el sensor no funcione adecuadamente.

REFERENCIAS

1. Raymond W. Lam, Erin E. Michalak y Richard P. Swinson, Assessment Scales in Depression, Mania and anxiety, (Taylor & Francis, Unite Kingdom), 61, (2005)
2. A. Sahgal, Behavioural Neuroscience A Practical Approach, Volumen II, (Oxford University Press Inc., New York), (1993)
3. Jacqueline C. Crawley, Charles R. Gerfen, Michael A. Rogawski, David R. Sibley, Phil Skolnick, Susan Wray, Current Protocols in Neuroscience, Volumen III, (Wiley, New Jersey), (2001)
4. Alicia A. Walf y Cheryl A. Frye, Nature Protocols, **2**, 2, 1, (2007)
5. Luis E Gonzales, Sandra E. File, The Journal of Neuroscience , **17**, 4, 1505-1511, (1997)
6. Richard G. Lister, The use of a plus-maze to measure anxiety in the mouse, (Springer-Verlag, New York), 1, (1987)
7. Tom Perme, ed. Microchip Technology Inc., Introduction to Capacitive Sensing, (Microchip Technology Inc.), 2-3, (2007)
8. Tom Perme, Layout and Physical Design Guidelines for Capacitive Sensing, (Microchip Technology Inc.), 1, (2007)
9. Tom Perme, Software Handling for Capacitive Sensing, (Microchip Technology Inc.), 3, (2007)

CONTROL DE INTENSIDAD LUMINOSA Y RIEGO EN UN INVERNADERO CON ADQUISICIÓN DE DATOS Y VISUALIZACIÓN REMOTA DE DATOS A TRAVÉS DE INTERNET

Carlos Barroeta Zamudio¹, Juan Francisco Novoa Colín², Rodrigo López Cárdenas³
^{1, 2, 3}Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, unidad Zacatenco, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Col. Lindavista, Del. Gustavo A. Madero, México, D.F. C.P. 07738.
¹cbarroet@hotmail.com, ²juannovoa@hotmail.com, ³jrodrigo0lc@hotmail.com

Resumen: Un invernadero es una herramienta muy efectiva para sembrar y cosechar frutas, verduras o flores en lugares que regularmente no son aptos para que se logre su correcto desarrollo o simplemente porque no es la época del año adecuada para su crecimiento o para incrementar su producción.

Es necesaria esta labor porque mientras se simplifique la tarea de cultivar y cuidar los productos agrícolas se generan frutos de mayor calidad, también el uso de un invernadero da la oportunidad de sembrar en lugares cercanos al destino lugar donde se distribuirá la mercancía evitando costos de transporte y de esta manera contribuye a disminuir el costo que paga el consumidor final.

Se diseñó y construyó un sistema de control que consiste en una serie de sensores comunicados con un microcontrolador, cuya principal tarea es ejecutar el control del sistema conforme a los datos que recibe de los sensores, adicionalmente se comunica con una pc que representa gráficamente los valores y ayuda a mandar los datos a un servidor para así tener acceso a esta información desde cualquier lugar del mundo a través de internet.

Palabras Clave: Invernadero, sistema de control, sensores, microcontrolador, comunicación, internet.

Abstract: A greenhouse is a very effective tool to sow and to harvest fruits, vegetables or flowers in places that regularly are not apt so that its correct development is managed or simply because its growth is not the time of the adapted year or to increase its production.

This work is necessary because while the task is simplified of working and of taking care of agricultural products they generate fruits of greater quality, also the use of a greenhouse gives the opportunity to seed in places near the place where it will distribute to the merchandise avoiding transport costs and this way it contributes to diminish the cost that the final consumer pays.

It designed and constructed control system that consists of series of sensors communicated with microcontroller, whose main task is to execute the control of the system according to the data that receives from the sensors, additionally communicates with a PC that represents the values and aid graphically to send the data to a servant thus to have access to this information from any place of the world through Internet.

Keywords: Greenhouse, control system, sensors, microcontroller, communication, internet.

INTRODUCCIÓN

Un invernadero es una herramienta muy efectiva para sembrar y cosechar frutas, verduras o flores en lugares que regularmente no son aptos para que se logre su correcto desarrollo o simplemente porque no es la época del año adecuada para su crecimiento. Esto se logra porque es posible adecuar las variables como temperatura, humedad, pH, o intensidad lumínica, que son vitales para el correcto desarrollo de la planta sembrada

Ciertamente es válido mantener estas variables dentro de los límites máximos y mínimos dentro de los cuales no se corre el peligro de deterioro o muerte del producto sembrado, pero para

lograrlo se necesita un sistema de monitoreo periódico para garantizar que estas variables no sobrepasen los límites establecidos por el operador.

Un sistema automático que controle el ambiente es necesario en este caso y los microcontroladores son ideales para tal fin, en los sistemas de control facilita una gran variedad de aplicaciones que se pueden adaptar a necesidades específicas, por lo que son muy flexibles. Adicionalmente tienden a ser de un costo bajo por lo que son fácilmente costeables.

Por otro lado, la instrumentación virtual es un ambiente de programación gráfico basado en el concepto de programación de flujo de datos. Este tipo de programación ha sido ampliamente adoptado por la industria, en ambientes universitarios y laboratorios de investigación. La ventaja de utilizar instrumentación virtual, en lugar de un ambiente de programación visual, es un ahorro considerable de tiempo.

También se utilizó LAMP, el cual se refiere a un conjunto de subsistemas de software necesarios para alcanzar una solución global, en este caso configurar sitios web o servidores dinámicos con un esfuerzo reducido. En las tecnologías LAMP esto se consigue mediante la unión de las siguientes tecnologías, Linux el sistema operativo, Apache como servidor web, MySQL como el gestor de bases de datos y PHP para la programación.

El microcontrolador utilizado es el MCF51QE128 de Freescale y es adecuado para llevar a cabo varias acciones de control, operaciones matemáticas e interrupciones. Esta característica permite integrar el algoritmo que se encarga de todo el control en un sólo dispositivo.

DISEÑO DEL SISTEMA

El desarrollo se dividió en diferentes etapas. La primera etapa consiste en tomar el valor de la intensidad luminosa, enviado por un sensor hacia el microcontrolador, este a su vez tiene programado el algoritmo de control tanto de la intensidad luminosa como del riego. Posteriormente el microcontrolador se comunica con una PC a través del puerto serial para enviarle las mediciones de la planta y las acciones de control que tomó.

La PC representa las mediciones mediante una interfaz grafica en instrumentación virtual y por último se comunica con un servidor vía ftp para enviar la información y poder visualizarla en una página de internet.

Control de intensidad luminosa

Para este efecto se implementó un controlador tipo proporcional (P) que controla una señal eléctrica de PWM, cuyo objetivo es alargar el tiempo de luz que necesitan las plantas dentro del invernadero; por ejemplo, para cultivos de flores de verano se requiere aproximadamente 16 horas continuas de iluminación. Esto se implementó con luz artificial y se utilizó el sensor de luz TEMENT6000 cuya unidad de medida es el lux, como elemento promario.

Para este tipo de control en el sistema se utiliza la siguiente formula.

$$P = K_p e(t) \quad (1)$$

Donde P es la acción proporcional, K_p es una constante proporcional ajustable. y $e(t)$ es la variable de error. El diagrama de flujo para este control se presenta en la figura 1.

Por otro lado, la interfaz de potencia es una de las partes más importantes de este control, así que se debe tener mucho cuidado con el diseño, ya que, como el elementpo final de control maneja tensiones superiores a las del microcontrolador, este puede dañarse.

Actuador de intensidad luminosa

El diseño de la electrónica de potencia se compone de un transistor NPN con matrícula TIP41C y un resistor que es calculado para que consuma una corriente de 20mA, esto porque el microcontrolador sólo maneja como corriente máxima 500mA, por ello se propone una corriente pequeña con el fin de cuidar que el microcontrolador no se dañe al estar en constante funcionamiento; al usar este tipo de corriente no afectará en nada ya que sólo el transistor se utiliza en corte y saturación.

Como elemento final de control se utilizó la iluminación de un LED, el cual consume entre 80% y 90% menos electricidad que una bombilla común de similares características. La vida media de una lámpara LED es de 100,000 horas, frente a las 1000 de una bombilla estándar. Esto son 35 años a 8 horas diarias de utilización, esto es especialmente importante en entornos en el que es difícil o complicado cambiar bombillas o llevar a cabo mantenimiento, Para el diseño de esta lámpara se utilizó un arreglo de resistencias en paralelo para que estos tengan un mayor consumo de corriente y por consecuencia más luminosidad.

Control de riego

El riego es una de los controles más estrictos ya que las plantas con exceso de agua se marchitan debido a que sus raíces se ahogan, es por eso que el control de riego es uno de los más importantes, se emplea preferentemente agua templada. Se debe regar por la mañana para minimizar la condensación del agua en la superficie de las hojas cuando cae la tarde, ya que esto podría ser una causa de enfermedades. También, se utilizó una bomba, un túnel de acrílico como invernadero y la tubería fue de cobre. Por otro lado, no fue necesario muy robusto o preciso, bastó con un control ON-OFF. El diagrama de flujo de este control se muestra en la figura 2.

El control acciona una bomba que impulsa agua a un tubo que atraviesa el invernadero a lo largo, dicho tubo tiene perforaciones separadas equidistantemente que lanzan el líquido cerca de las plantas siempre cuidando de no mojar el follaje, puesto que se generarían enfermedades en ellas.

Comunicación entre el microcontrolador y la PC

Se hizo un sistema de comunicación entre el microcontrolador y una PC, el cual corre un programa creado con instrumentación virtual, este enlace es a través del puerto serie de la PC con el protocolo UART-232, en donde se reciben los datos que el microcontrolador envía, el cual se muestra en el diagrama de flujo de la figura 3.

Adicionalmente el programa se encarga de generar archivos con extensión .csv para poder registrar un historial del comportamiento de las variables. Estos archivos sirven también para ser enviados vías FTP a un servidor en un sitio de internet disponible, para consultar los registros de las variables y los valores a través de los días.

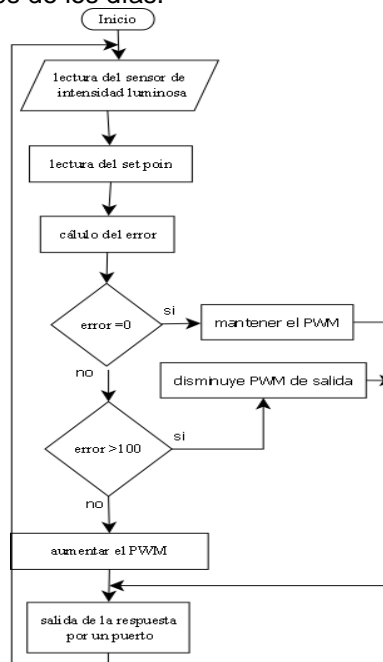


Fig. 1. Diagrama de flujo para el control de intensidad luminosa.

RESULTADOS

La pantalla principal es interfaz gráfica de visualización de las variables, esta tiene 2 pestañas que dividen las secciones para desplegar valores. La primera pestaña contiene información acerca del estado de la bomba de riego (encendida-apagada), asimismo ahí está disponible la opción de cambiar la hora en el microcontrolador y se indica el estado de la intensidad luminosa. Lo anterior se muestra en a figura 4.

La segunda pestaña muestra datos acerca de la sección, “intensidad luminosa”, como gráficas con información de luz, su set-point y el error, esto se muestra en la figura 5. La última parte del funcionamiento de este programa es cuando se guardan los datos capturados en archivos .csv los registros de los valores de set-point, error y valor actual tanto de temperatura como de pH.

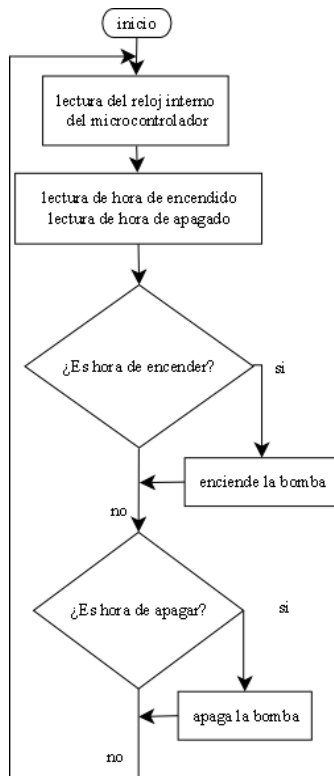


Fig. 2. Diagrama de flujo del control de riego.

Visualización de las variables de forma remota vía internet

Para poder visualizar estos datos vía internet, hay que enviar los archivos .csv generados a un servidor.

En la computadora que debe alojar estos archivos, se instaló un servidor LAMP que tiene la peculiaridad de estar optimizado para alojar la información en forma de sitio de internet, por el hecho de contar con un gestor de bases de datos (MySQL), un servidor web (Apache) y el lenguaje de programación que vincula las dos aplicaciones anteriores (PHP). Todo esto corre sobre el sistema operativo Linux.

Para que el servidor LAMP reciba los archivos .csv, su función principal es conectarse con el servidor y depositar en éste los archivos, esto se muestra en la figura 6.

El contenido de estos archivos es depositado en la base de datos para consultar la información por hora, día y/o mes.

Este Programa se ejecuta una vez cada 10 minutos para asegurar que cuando se actualicen los archivos .csv siempre esté disponible la información en la página lo antes posible. Para hacer que se ejecute el programa, hay que modificar un archivo en Linux llamado Crontab.

Por otra parte se crearon páginas Web, donde se muestra la gráfica de los datos creados a partir del paquete computacional AmCharts™ (amCharts), que son un conjunto de gráficos creados en Flash para sitios web, la cual se muestra en la figura 7. Del mismo modo fue necesario crear el sitio de internet donde está disponible la información.

Para este propósito se utilizó Joomla que es un sistema de gestión de contenidos, con el se puede editar el contenido de un sitio web de forma rápida y fácil. Cualquier usuario de internet que se conecte al sitio web podrá acceder a toda la información ya mencionada y observar la actualización periódica de los datos, esta página se muestra en la figura 8.

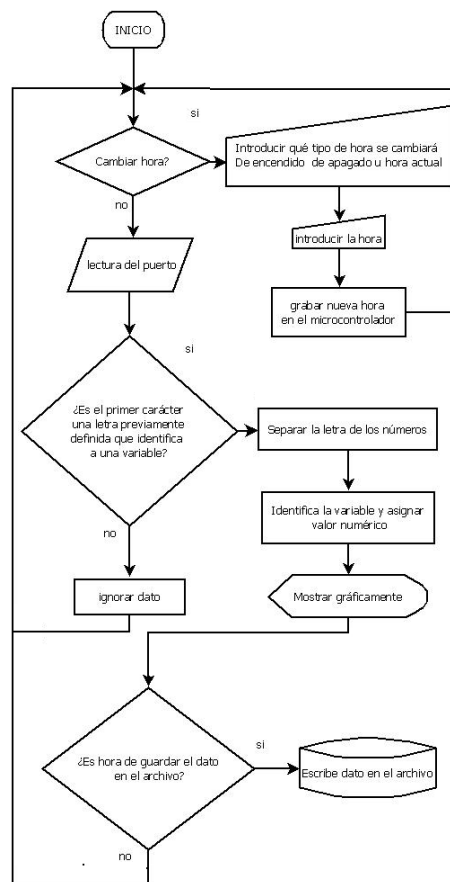


Fig. 3. Diagrama de flujo del programa en instrumentación virtual.

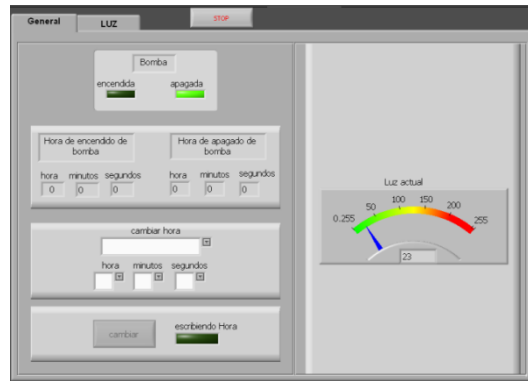


Fig. 4. Panel frontal general.

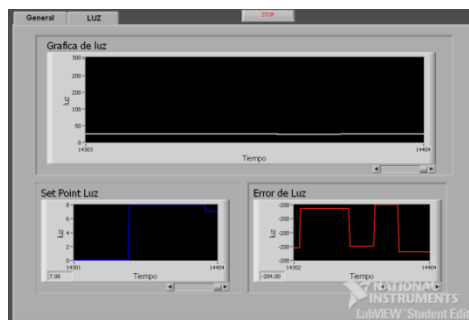


Fig. 5. Panel frontal para luminosidad.

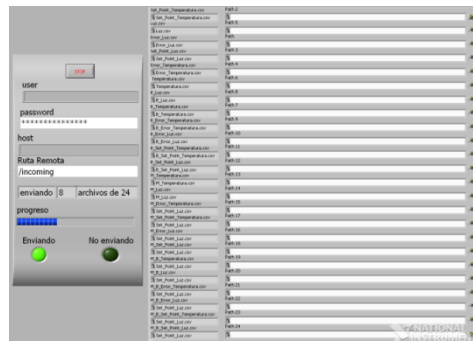


Fig. 6. Panel frontal que envía archivos .csv vía FTP a un servidor.

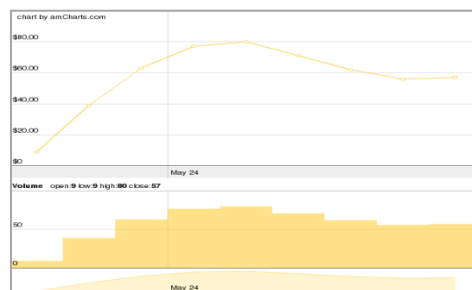


Fig.7. Gráfica creada en Amcharts

CONCLUSIONES

Referentes al control de temperatura. La respuesta que arrojó el controlador P digital es satisfactoria debido a que tiene un tiempo de establecimiento pequeño. El sistema se comporta muy estable, es decir cumple con lo obtenido en el análisis matemático. Se genera un pequeño sobre impulso al encender el controlador P, pero es demasiado pequeño, el error que se genera es aproximadamente $\pm 2^{\circ}\text{C}$; el error permisible en EUA es alrededor de 5%, por lo tanto estamos dentro de las normas internacionales.

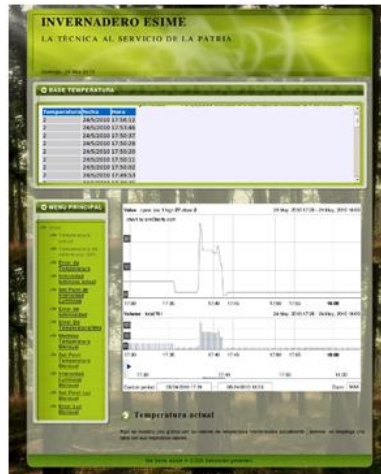


Fig.8. Gráficas y registros de los datos.

En general el algoritmo P ha cumplido con el objetivo de controlar la variable temperatura, es decir mantenemos establemente y constantemente la temperatura.

El comportamiento del pH es fiel a como se ha programado, se obtuvo lo que se esperaba, un control estable, exacto y preciso del pH.

La instrumentación virtual permite desarrollar aplicaciones en menor tiempo y en algunas cosas facilitan las cosas como crear gráficas e indicadores que en otro lenguaje de programación su creación sería mucho más complicada.

Los servidores LAMP son una solución completa, fiable y poderosa partiendo del hecho de que todo el software utilizado para su implementación es libre y gratuito, además de tener grandes capacidades.

La conjunción de los sistemas de adquisición de datos combinados con sistemas de visualización remota vía internet como sitios web, permite la rápida actualización de la información y la posibilidad de consultarla en cualquier lugar en el que se cuente con conexión a internet.

BIBLIOGRAFIA

- García, Hilario López. 1993. CONTROL POR COMPUTADOR: diseño y realización práctica. s.l. : Universidad de Oviedo, 1993.
- Halem, Dr M. A., Zeeshan, M y Halai, Murtaza. DIGITAL PH METER WITH TEMPERATURE COMPENSATION. Karachi, Pakistan : s.n.
- Josep Balcells, José Luis Romeral. 1997 . Autómatas programables. Barcelona España : Marcombo, SA , 1997.
- Creus Antonio Sole. INSTRUMENTACION INDUSTRIAL. Séptima edición. Alfaomega.
- Nise Norman S. SISTEMAS DE CONTROL PARA INGENIERIA. Tercera Edición.. CECSA.
- Boylestad Robert L. y otros. ELECTRONICA. Teoría de Circuitos. Sexta edición. Prentice Hall.
- Manejo De Invernaderos. Linares Montevideo, M. C. Heladio. 2004. Diciembre de 2004.

- MCF51QE, Flexis 32-bit. Freescale. [En línea]
http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=MCF51QE&fsrch=1.
- MySQL. MySQL. [En línea] <http://php.net/index.php>.
- National Instruments Corporation. 2010. National Instruments Corporation. [En línea] 2010. [Citado el: 29 de 05 de 2010.] <http://www.ni.com/labview/whatis/esa/>.
- Ogata, Katsuhiko. 1980. Ingeniería de Control Moderna. Tokio : Prentice Hall, 1980, pág. 233.
- PHP. PHP. [En línea] <http://php.net/index.php>.
- PRTC. 2003. prteducativo. [En línea] 2003. [Citado el: 30 de Mayo de 2010.] <p://www.prteducativo.com/jovenes/glosario.htm>.
- S.O., Linux. 1994. Linux Online! [En línea] 1994. <http://www.linux.org/>.

CONTROL PID DE ENFRIAMIENTO DE UNA CELDA TERMOELÉCTRICA: UN AJUSTE BASADO EN ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Juan Fernando García Mejía^{1,3}, Sergio Díaz Zagal², Allan Antonio Flores Fuentes¹

¹Centro Universitario UAEM Atlacomulco

Carretera Toluca Atlacomulco km 60 Atlacomulco Edo de Mex

²Instituto Tecnológico de Toluca

Av. Tecnológico s/n Ex Rancho la Virgen Metepec Mex.

³Universidad Popular Autónoma de Puebla

21 sur 1103 Barrio Santiago C.P. 72410, Puebla México

e-mail fgarciam@uaemex.mx

RESUMEN

Las celdas termoelectricas son dispositivos semiconductores que se utilizan como elementos refrigerantes cuando circula una corriente a través de ellos, la velocidad de enfriamiento así como el error en estado estable pueden ser controlados mediante técnicas de ingeniería de control. En este trabajo se presenta el proceso de cálculo de los coeficientes de un controlador proporcional integral derivativo mediante el uso de algoritmos evolutivos de forma específica un algoritmo inmunológico clonal simple. La codificación de la presente propuesta se realiza en mediante Lab View

ABSTRACT

Thermoelectric cells are semiconductor devices that are used as cooling element when a current flow through them, the cooling rate and the steady-state error can be controlled by the control engineer. This paper presents the process of calculating the coefficients of a proportional integral derivative controller using evolutionary algorithms. The coding of this proposal is made in using Lab View

1. INTRODUCCIÓN

Un signo del progreso de la ingeniería de control es el desarrollo de redes de sensores y actuadores, algoritmos de computo distribuido e híbridos lo que ha dado un nuevo significado al termino "sistemas dinámicos". Estos solían ser modelados mediante ecuaciones diferenciales ordinarias, con algunas incertidumbres en los parámetros ruido o disturbios externos, actualmente es posible integrar a estos factores tareas dinámicas, sensores y actuadores reconfigurables, detección y aislamiento de fallas así como cambios estructurales en el modelo de la planta, lo cual plantea una reconsideración en la forma de estimar y adaptar y controlar fenómenos físicos, cuya alternativa se encuentra en el uso de las tecnologías de la información [1], que es un término de uso general que hace referencia a todo lo que involucre una computadora, cuya complejidad obliga a dividir su estudio en software y hardware [2].

En términos generales la lógica difusa, las redes neuronales, los métodos predictivos y los algoritmos evolutivos constituyen técnicas que se engloban bajo el concepto de softcomputing, el cual es un enfoque que remarca la habilidad de la mente humana para razonar y aprender en un ambiente de incertidumbre e imprecisión. Este término fue acuñado por Lofti Zadeh en 1992 [3]. Cuando existe una sinergia entre las técnicas antes mencionadas se denomina inteligencia computacional [4].

Retomando la teoría de control esta tiene como propoisto controlar fenómenos físicos tales como la temperatura, para esto existen dispositivos que se utilizan como generadores el efecto de

enfriamiento que se denominan Thermoelectric Coolers (TEC, por sus siglas en inglés) que funcionan a partir de la aplicación de una corriente eléctrica a una placa que está constituida por medio de un material semiconductor. Mientras que una cara enfría, la otra calienta, lo cual se puede revertir mediante un cambio de polaridad del voltaje aplicado a la celda. Las aplicaciones de los TEC se encuentran en micro refrigeración, refrigeradores móviles, las ventajas y tecnología son: [5]

- Que respeten el medio ambiente - no clorofluorocarbonos o cualquier otro material que requiere la reposición periódica
- No hay partes móviles
- Tienen un funcionamiento de larga duración: 100.000 - 200.000 horas
- No tienen ninguna dependencia de la posición
- Pequeños

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En esta sección se discute sobre los aspectos teóricos que soportan la propuesta que se presenta en este documento. Como primer tópico se analiza de forma breve el funcionamiento de una celda termoeléctrica, después se discute sobre las características de un algoritmo evolutivo, se concluye esta sección con la descripción del algoritmo inmunológico clonal simple, el cual es la técnica que se utiliza para realizar la optimización de parámetros del controlador Proporcional Integral Derivativo.

2.1 Celda Termoeléctrica

Una celda termoeléctrica es un dispositivo semiconductor que tiene la capacidad de generar calor ó frío en función de la magnitud y polaridad, de una corriente eléctrica de alimentación. El sustento teórico de este comportamiento son los efectos Thompson y Seebeck, los cuales explican los procesos de generación de voltaje mediante diferencias de calor y viceversa.

Una celda termoeléctrica de manera típica está caracterizada por la función de transferencia descrita en la ecuación 1 [6]

$$\tilde{T}_L(s) = G_I(s)\tilde{I}(s) + G_Q(s)\tilde{Q}_L(s) + G_a(s)\tilde{T}_a(s) \text{ Ecuación 1}$$

Donde

$\tilde{T}_L(s)$ representa la temperatura de la cara de enfriamiento

$\tilde{I}(s)$ es la corriente de entrada

$\tilde{T}_a(s)$ es la temperatura ambiente

$$G_I(s) = \frac{N(s)}{sD(s)}$$

$$G_Q(s) = \frac{E_H \sinh(qL) + Akqcosh(qL)}{D(s)}$$

$$G_a(s) = \frac{AA_F h k q}{D(s)}$$

Donde

$$N(s) = \{Akq[\alpha_L \tilde{T}_L \cosh(qL) - \alpha_H \tilde{T}_H] + \alpha_L \tilde{T}_L E_H \sinh(qL)\}s$$

$$+ \frac{Akq\beta}{C\gamma} [E_H(1 - \cosh(pL)) - Akpsinh(pL)]$$

$$D(s) = AkqE_L \cosh(qL) + E_H E_L \sinh(qL) + AkqE_H \cosh(pL) + A^2 k^2 p q \sinh(pL)$$

Cabe destacar el modelo matemático se reduce a la expresión mostrada en la ecuación 2 dado que se considera a la temperatura ambiente como constante

$$\tilde{T}_L(s) = G_I(s)\tilde{I}(s) \text{ Ecuación 2}$$

Cuya respuesta en función al tiempo con una corriente de 2 amperes se muestra en la figura 1

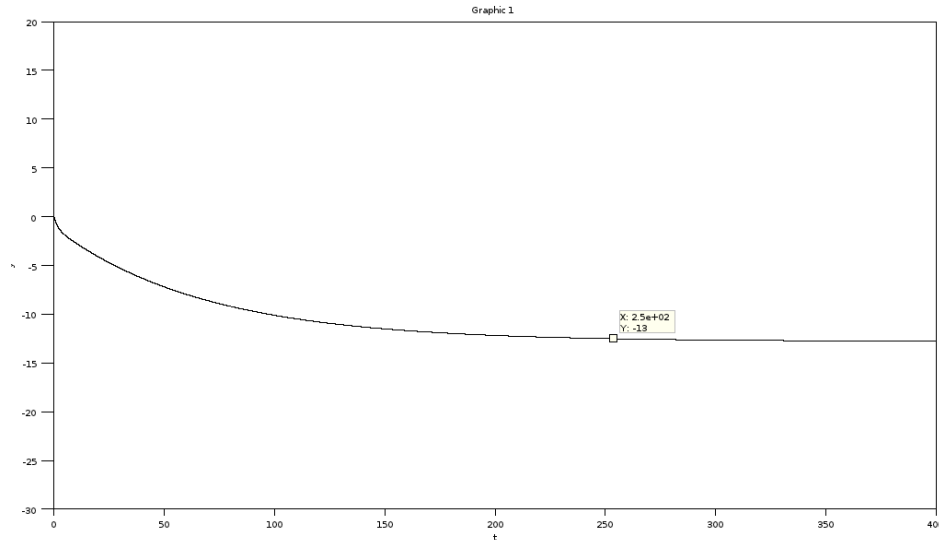


Figura 1 Respuesta de enfriamiento de una celda termoeléctrica

2.2 Algoritmo evolutivo

Los algoritmos evolutivos (EA, por sus siglas en inglés) son series de pasos definidos con aplicación en la optimización o de aprendizaje con la capacidad de evolucionar. Estos tienen tres características principales [7]

- Basado en la población. Un EA mantiene un conjunto de soluciones, llamada población, para optimizar o aprender el problema en forma paralela. Este es un principio básico del proceso evolutivo.
- Fitness-orientada. Todas las soluciones en una población se llama individuo, tiene una representación llamada código y la evaluación de desempeño se denomina aptitud (o fitness). Un EA privilegia a los individuos más aptos, que permitan la optimización y la convergencia de los algoritmos
- Variación de motor. Los individuos de una población que se someten a una serie de operaciones con la finalidad introducir variaciones en su código, esto es fundamental para buscar un espacio de soluciones

Uno de los primeros algoritmos evolutivos, empleados en la optimización numérica fue el algoritmo genético simple (GA, por sus siglas en inglés), fue desarrollado por John Holland en la década de los 60 en la Universidad de Michigan, basado en los principios de Charles Darwin y Gregory Mendel presentes en la naturaleza [8].

Dentro de la clasificación de los algoritmos evolutivos se encuentra el sistema inmunológico artificial (AIS) que se encuentra inspirado en los principios de funcionamiento del sistema defensivo de los mamíferos superiores ante enfermedades, esta idea fue propuesta por Doyne Farmer en 1986 tomando una importancia significativa a finales de la década de los 90 [9].

El sistema inmune ha servido como inspiración para solucionar problemas complejos de ingeniería y la ciencia con gran éxito, debido principalmente a que es un sistema de aprendizaje distribuido con interesantes características. Una de las principales tareas del sistema inmune es mantener al organismo sano. Así, debe ser capaz de reconocer y eliminar microorganismos que son patógenos para el sistema [10].

Esta respuesta defensiva del sistema inmune presenta interesantes características desde el punto de vista del procesamiento de información. Es por ello que se ha usado como inspiración para crear soluciones alternativas a problemas complejos de ingeniería y la ciencia. Esta es un área nueva a la cual se le llama sistema inmune artificial [11].

El sistema inmune artificial es un modelo computacional del sistema inmune biológico que tiene la capacidad de realizar algunas tareas como el reconocimiento de patrones, aprendizaje, adquisición de memoria, generación de diversidad, tolerancia al ruido, generalización, detección distribuida y optimización. Están basados en los principios inmunológicos, que son nuevas técnicas computacionales desarrolladas no sólo para una mejor comprensión del sistema mismo, sino también a los problemas de ingeniería [12].

Existen varios modelos del sistema inmune artificial, debido a que su campo de aplicación es amplio y a la complejidad del sistema inmune biológico. Los modelos pueden resumirse en cuatro grandes grupos:

1. Selección negativa
2. Células dendríticas
3. Teoría de Red inmune
4. Principio de selección clonal

2 DESARROLLO

El algoritmo que se desarrolló para ajustar los valores K_p , K_i , K_d fue la selección clonal, cuyo pseudocódigo se muestra en la siguiente lista

1. Se genera la población inicial (linfocitos) de manera aleatoria, para los valores de K_p , K_i , K_d distribuidos a lo largo del espacio de búsqueda de manera uniforme.
2. Con esta población de controladores se evalúan la función objeto que se considera antígeno
3. Los resultados obtenidos después de evaluar la función objetivo, se ordenarán de mayor a menor, entendiéndose que el valor máximo es el mejor resultado.
4. De éstos valores ordenados se seleccionan n número de resultados para ser clonados (se toman las mejores muestras)
5. Realizar el proceso de mutación con los valores clonados, mediante la ecuación 3

$$x_i^{new} = ((1 - \beta) * x_i) + (\beta * x_{random}) \text{ Ecuación 3}$$

Donde

x_i^{new} es el nuevo elemento mutado.

β es valor aleatorio entre 0 y 1.

x_i es el valor clonado

x_{random} es un valor aleatorio de toda la población de controladores

6. Estos nuevos valores mutados sustituirán a las peores muestras de la población inicial P_i , generando una nueva población de controladores.
7. La población P_i , se evalúa nuevamente con las funciones objetivos.

8. Si los resultados no son óptimos, se vuelven a realizar todo el proceso desde el paso 3, hasta encontrar las mejores soluciones para el controlador.

En esta sección se desarrolla la propuesta de control propuesta en base al esquema que se muestra en la figura 2, proponiendo como tiempo de muestro $T = 10$ segundo

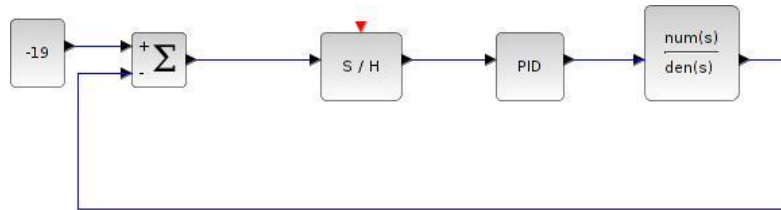


Figura 2 Esquema de control

El controlador PID en su versión discreta tiene la forma que se presenta en la ecuación 4

$$C(z) = K_p + \frac{K_i T}{2} \frac{z+1}{z-1} + \frac{K_d}{T} \frac{z-1}{z} \quad \text{Ecuación 4}$$

Ahora bien la función de transferencia de la celda termoeléctrica es la siguiente

$$G(s) = -6.4061 \frac{0.064s + 0.00854}{s^2 + 0.5964s + 0.00855}$$

T es el tiempo de muestreo

K_p es la constante proporcional

K_i es la constante integral

K_d es la constante derivativa

Del esquema mostrado en la figura 2 es posible deducir la función objetivo que se emplea en este desarrollo, la cual es constituida por la sumatoria del error

3 ANALÍISIS DE RESULTADOS

La aplicación de la estrategia de control propuesta genera los resultados que se muestran en la tabla 1 con 150 iteraciones con una población de 80 sujetos

Tabla 1 Resultados obtenidos

	Ajuste de Nichols	Algoritmo Inmunológico clonal
Tiempo de establecimiento	130s	120s
Sobreimpulso	-25°C	-25.8°C
Tiempo del sobre impulso	30s	30s
Error	40.1522	39.2828

Las figuras 3 y 4 muestran las respuestas al ajuste de Nichols y el algoritmo clonal respectivamente

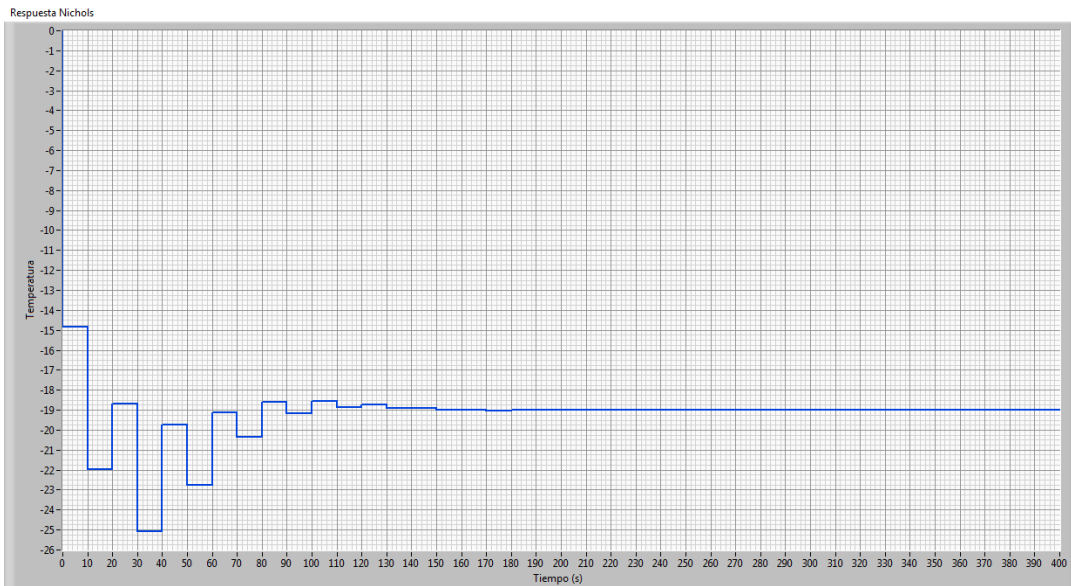


Figura 3 Ajuste de Nichols

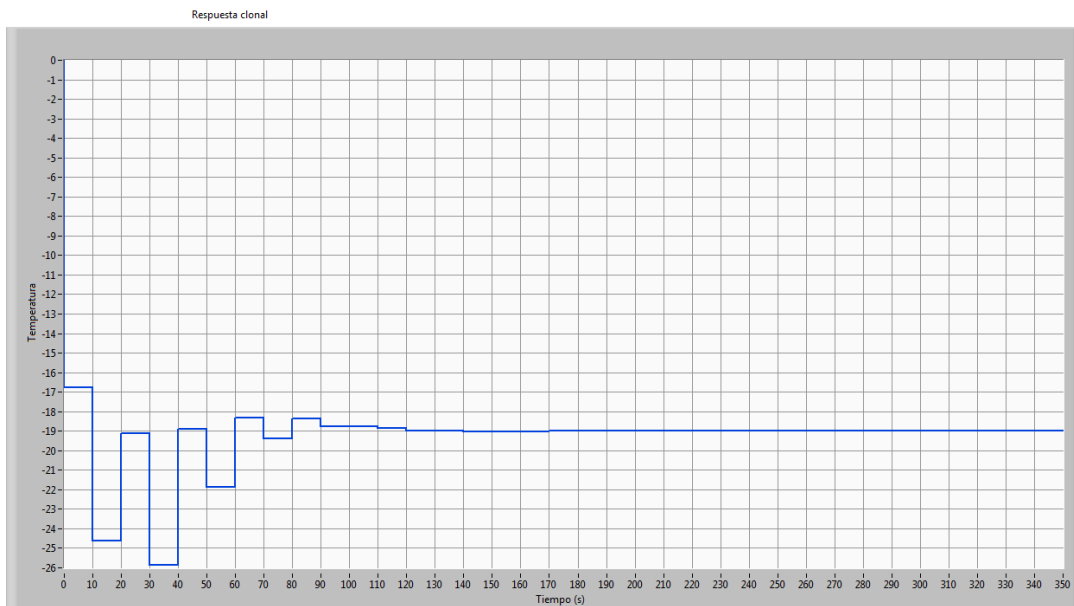


Figura 4 Ajuste por medio de selección clonal

CONCLUSIONES

El algoritmo inmunológico que se usó en esta aplicación tiene un mejor resultado de manera general que el procedimiento de Nichols. Una forma de conseguir mejores resultados se podría alcanzar con el uso de restricciones. Un enfoque alternativo se constituiría mediante la modificación de la tasa de hipermutación

REFERENCIAS

[1]	López Sanjurjo C. (2006) Tecnologías De La Información: Conceptos Básicos. España: Ideas propias
[2]	Ponce-Cruz, P. (2010). Intelligent Control Systems with LabVIEW. México: Springer.
[3]	Konar A. (2005) Computational intelligence principles, techniques, and applications. Países Bajos: Springer-Verlag
[4]	Yu X. (2010). Introduction to Evolutionary Algorithms. United States of America: Springer
[5]	Tarter R., (1993) Solid-state power conversion handbook. United State of America: John Wiley and Sons
[6]	Song Shaojing (2010) Temperature Control of Thermoelectric cooler Based on Adaptive NN-PID 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering
[7]	Burger, C. (2007). Propeller performance analysis and multidisciplinary optimization using a genetic algorithm. Auburn University). ProQuest Dissertations and Theses
[8]	Yang X. S. (2011) Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms United Kingdom : Luniver Press
[9]	Fang, G., Ming Kwok, N., Ha, Q. (2008). Automatic Fuzzy Membership Function Tuning Using the Particle Swarm Optimisation. IEEE Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application.
[10]	Cruz Cortés, Coello Coello (2005). "Un Sistema Inmune Artificial para Solucionar Problemas de Optimización Multiobjetivo"
[11]	Nunes de Castro, Timmis John. "An introduction to Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Paradigm". Springer-Verlag, 2002.
[12]	Cortés Rivera. "Un Sistema Inmune Artificial para resolver el problema del Job Shop Scheduling". México, 2004

DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO BASADO EN UN MICROCONTROLADOR PIC PARA CONTROLAR UNA INCUBADORA AVÍCOLA PARA PYMES

Mtro. Miguel Humberto Moreno Carrillo¹, Mtro. Eddy Arquímedes García Alcocer², Ing. Aldo Fausto Blanco Segura³
Universidad Politécnica del Golfo de México
mhmoreno@upgm.edu.mx¹, eddy_aga@upgm.edu.mx², aldo_blanco_segura@hotmail.com³

RESUMEN

El presente documento describe las fases del desarrollo de un sistema embebido mediante la tecnología de microcontroladores PIC, la cual regula automáticamente la temperatura, humedad y rotación de los huevos avícolas de una incubadora diseñada para PyMES con capacidades que van desde 40 a 200 huevos. Se describe las técnicas, herramientas, programas, materiales y simuladores utilizados para el desarrollo del mismo. Se hace un breve análisis de los impactos que generaría la inserción de esta tecnología en las empresas de "traspatio" de la región de la chontalpa del Estado de Tabasco, y los beneficios económicos, sociales, ambientales y tecnológicos que generaría en los apicultores de la región.

Palabras Clave: Sistema Embebido, Incubadora avícola, Microcontrolador PIC.

1. ANTECEDENTES

"La incubación de huevos de ave es un proceso en el que intervienen diversos factores tales como las características de reproducción de cada tipo de ave, capacidad de almacenamiento en los lugares de cría, disponibilidad de mano de obra, condiciones ambientales y el factor tiempo, para lograr una mayor probabilidad de nacimiento de aves sanas. Para construir una incubadora es necesario llevar a cabo un estudio detallado de la crianza de aves" [1].

La incubación artificial de huevos mediante una incubadora consiste en sustituir la ave madre de manera que no necesite estar junto al huevo incubando para que éste se logre, dándole oportunidad al ave madre de seguir poniendo huevos mucho más pronto que si se pusiera a incubarlos. Los huevos recientes pueden meterse a incubar o ser comercializados para su consumo. Con la incubadora es posible hacer que crezca la población de aves según sea necesario [2].

La incubación artificial data de 1000 años A.C. los primeros en utilizarla fueron los chinos y los egipcios. Los chinos incubaban en medio de capas de estiércol o entre capas de arcilla, y la fuente de calor era fuego regulado con ventilación.

En el estado de Tabasco el 37% de la producción de huevos y aves se hace mediante métodos no tecnificados ("De traspatio").

Los principales factores que ocasionan la muerte embrionaria en las empresas de "Traspatio" son generados por sus equipos de incubación debido a que no son más que simples recipientes con un foco incandescente, el cual generan un exceso de calor, o por el contrario no son suficientes para llegar a la temperatura recomendada para la gestación adecuada del embrión" [1].

Desarrollar incubadoras avícolas de bajo costo, diseñadas para los pequeños productores del estado, les permitirá tener un control total de la temperatura, humedad y tiempo de giro de los huevos a incubar. Y así disminuir los índices de muerte embrionaria, y generarles un ingreso más sustentable y redituable en el corto plazo.

Para el estado de Tabasco, generará un incremento en el número de empresas PYMES con métodos tecnificados de producción, las cuales disminuirán los costos de producción y de compra-venta a los consumidores finales regionales.

Una de los posibles usos de estas incubadoras es el control, gestación y nacimiento de especies ovíparas en peligro de extinción de la región (p.e. tucanes, guacamaya, entre otros), esto debido a que permite tener una incubación en un ambiente completamente controlado.

2. FASES DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO

El diseño de un sistema de control digital económico a través de dispositivos de control, sensores e interfaces de comunicación (teclados matriciales y minipantallas LCD), para generar un sistema de incubación avícola automatizada de producción a pequeña escala, permite controlar la temperatura, humedad y rotación idónea, para el desarrollo embrionario de aves de consumo.

El sistema permite el uso de tecnologías alternas de generación de energía (p.e. Energía solar, eólica, entre otras). Y de esta forma disminuir la mortandad embrionaria en las micros, pequeñas y medias empresas productoras avícolas del Estado de Tabasco.

2.1. Diseño y modelado del prototipo

En esta etapa se diseñó y modeló el prototipo, mediante software de diseño asistido por computadora, con las medidas especificadas para su construcción, con el fin de desarrollar distintos modelos elegibles para la fabricación de la incubadora avícola utilizable y comercializable.

Mediante las herramientas informáticas de Autodesk, se desarrollaron distintos modelos elegibles para la construcción de la incubadora avícola funcional. Se consideraran las medidas del huevo de la especie gallinácea, se planteara el mejor diseño donde exista mayor incubabilidad, considerando temperatura ideal de incubación, humedad requerida, rotación y aislamiento térmico del exterior, y así disminuir la mortandad embrionaria en los huevos [2].

En esta etapa se obtuvo el plano de construcción de los prototipos de la incubadora avícola automatizada. Ver figura 1.

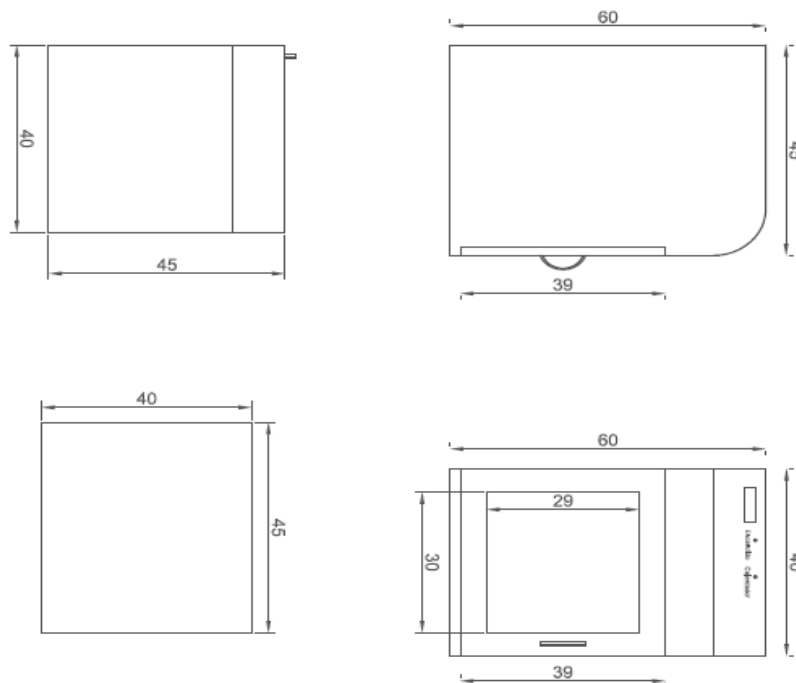


Figura 1. Plano dimensional de la incubadora

2.2. Codificación del circuito de control

En esta etapa se realizó el diseño del código de programación para el sistema del circuito de control de la incubadora la cual se realizara mediante un software de programación. Este software nos ayudara a especificar las funciones que el circuito electrónico deberá realizar para el control de temperatura de la incubadora, también el censo de la humedad que esta deberá tener así como la automatización de la rotación de los huevos.

Mediante las herramientas de software de Pic CCS, se desarrollaran los códigos de los circuitos electrónicos para la construcción de la incubadora avícola funcional. Se consideraran las funciones que realizara el circuito, se codificara mejor diseño donde exista un excelente control de temperatura y la automatización de rotación [3].

En esta fase se obtuvo el diseño de construcción de los prototipos del circuito de control de temperatura, humedad y automatización de rotación de la incubadora avícola automatizada.

Se realiza el diseño del código de programación para el sistema del circuito de control de la incubadora el cual se realizará mediante un software de programación de dispositivos lógicos programables. Este software ayudará a especificar las funciones que el circuito electrónico y deberá realizarse para el control de temperatura de la incubadora, el nivel de humedad que esta deberá tener, así como la automatización de la rotación de los huevos en un tiempo establecido.

2.3. Simulación del circuito de control

En esta etapa se llevó a cabo a prueba la función que debe realizar el circuito de control antes de que este sea implementado físicamente con los materiales electrónicos, la simulación se llevara a cabo a través de un software de diseño asistido por computadora; en el cual se verificara que el código realizado cumpla con las funciones requeridas por medio de la simulación.

Mediante el software informático como Proteus [3], se desarrollaron diferentes modelos para fabricación del circuito de control de la incubadora avícola. Se realiza el mejor diseño donde exista mayor funcionalidad del control de la temperatura y automatización del sistema de rotación.

Se obtuvo en esta sección la simulación del circuito de control de temperatura y automatización de rotación de la incubadora avícola automatizada.

Se realiza la simulación del circuito de control antes de que este sea implementado físicamente con los materiales electrónicos. La simulación se desarrolla a través de un software de diseño asistido por computadora de circuitos electrónicos y PCB (Tablas de circuitos impresos); en el cual se verificará que el código realizado cumpla con las funciones requeridas por medio de la simulación.

2.4. Análisis de materiales a utilizar

En esta etapa se llevara a cabo la utilización del material para la fabricación de la incubadora implementado el uso de herramientas y equipos industriales. Fabricación del prototipo diseñado por lo materiales adecuados a su funcionamiento con ayuda de herramientas y equipos industriales adecuados.

Se construyó la incubadora, se desarrollaron diferentes modelos para fabricación la incubadora avícola. Se realiza el mejor diseño donde exista mayor funcionalidad del control de la temperatura y automatización del sistema de rotación. [6]

Se investiga la existencia de un material resistente a químicos, con las propiedades físicas de la madera. De esta investigación se encuentra que; existen dos materiales que tienen las mismas características a la madera, con mayor resistencia al ataque de químicos, mejor facilidad de limpieza y con una vida útil superior a la de la madera. PVC espumado o sintra y Madera Plástica PE.

Se encuentra una dificultad en la adquisición de insumos como lo es la madera plástica y el PVC espumado, por lo que al conseguir el material, se fabrica un prototipo de Madera Plástica.

- Elaborada en Polipropileno, sus pruebas físicas poseen excelentes características en resistencia a la flexión, compresión, tracción y otras.
- Ecológica, disminuye la tala de bosques, contribuyendo de esta manera, a la protección del medio ambiente: Producto 100% reciclable.
- Higiénica, permite un lavado continuo, aún con detergentes fuertes, logrando una mejor limpieza, disminuyendo así la presencia de insectos, roedores, y microorganismos generadores de olores desagradables.
- Atoxica, brinda seguridad ya que no contamina.
- Aislante, térmico y eléctrico. En el mercado podrá encontrar básicamente dos tipos de madera plástica:
- Madera 100% de plástico reciclado: La madera 100% de plástico reciclado se obtiene al reciclar HDPE (polietileno de alta densidad) y otros materiales termoplásticos. La ventaja de este tipo de madera plástica es que tiene todas las propiedades del plástico: no se pudre, no se enmohece, no lo atacan los insectos y resiste la exposición al ambiente.

Madera plástica con relleno de madera y/o fibras: En los Estados Unidos se experimentó durante un tiempo con una combinación de madera y plástico reciclado ya que el costo del reciclado y las resinas es superior al aserrín o al aglomerado. Sin embargo, este producto se ha utilizado cada vez con menor frecuencia ya que no tiene la misma vida útil que el producto hecho con plástico reciclado al 100%.

Análisis costo beneficio de la madera plástica

Por sus características, la madera plástica tiene una vida útil de por lo menos, 5 veces la madera natural. Solo pregúntese, ¿cuánto dura una bolsa plástica en el ambiente sin degradarse y cuánto dura un trozo de madera? A eso debe agregar los costos periódicos de mantenimiento que se le tiene que hacer a la madera natural, lo cual incluye mano de obra, lija, tintes y/o pintura, aceites y selladores; esto sin tomar en cuenta el costo de reemplazo de piezas podridas, apolilladas o maltratadas por el sol y el agua.

En términos del medio ambiente, la madera plástica tiene un desempeño diametralmente superior a la madera natural en tres áreas:

1. Reducción de los desechos sólidos.

2. Reducción en el uso de químicos tóxicos (arsénico, cromo y cobre) utilizados en la madera tratada que pueden desprenderse o derramarse y contaminar el agua y la tierra.

3. Reducción en la deforestación y la tala innecesaria de árboles.

Además, la madera plástica tiene un efecto multiplicador en la economía al proveer ingresos a mucha gente (que de otra manera no tendría sustento) mediante la recolección, clasificación y procesamiento del reciclado.

El uso de madera plástica Maderplast tiene externalidades positivas para la sociedad, el ambiente y su bolsillo. Independientemente de si lo analiza en el corto, mediano o largo plazo, Maderplast tienen sentido.

Se lleva a cabo el análisis de las características térmicas, de ductibilidad y resistencia de los materiales a utilizar.

Se decidió realizar la estructura de la incubadora con el material conocido como "Madera plástica", esto debido a que cuenta con las propiedades térmicas y dúctiles de la madera ordinario, no obstante permite incrementar su nivel de resistencia a las presiones mecánicas y a los cambios bruscos de temperatura y humedad.

2.5. Desarrollo del circuito electrónico

Esta etapa consistió en el diseño del prototipo del circuito electrónico, mediante los materiales requeridos para su fabricación con las medidas especificadas, con el fin de desarrollar distintos modelos elegibles para la función de la incubadora avícola utilizable y comercializable.

A través de los materiales y herramientas industriales, se desarrollaron distintos modelos físicos para la construcción del circuito electrónico para el funcionamiento de la incubadora avícola, considerando temperatura ideal de incubación, humedad requerida, rotación y aislamiento térmico del exterior.

Consiste en el diseño de un prototipo, mediante los materiales requeridos para su fabricación con las medidas especificadas, con el fin de desarrollar distintos modelos elegibles para la función de la incubadora avícola utilizable y comercializable. (Ver Figura 1)

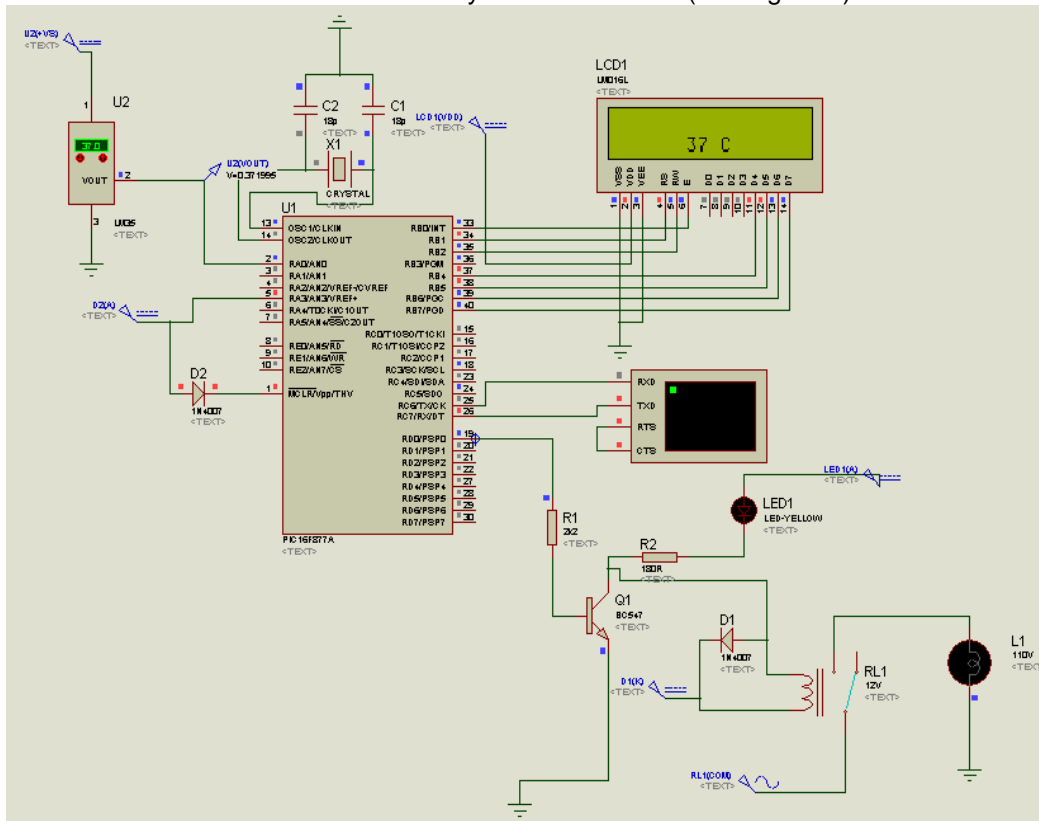


Figura 1. Diagrama Electrónico del circuito de Control

Se investiga la existencia de un sensor de temperatura y de humedad que sea económico y con un mayor tiempo de vida útil. De esta investigación se encuentra que existen una gama de sensores de temperatura y humedad, de los cuales se escoge el HMZ433A1 y se hacen pruebas con el SHT15. El HMZ433A1 presenta un reto en la programación, por ser un termistor, y los datos analógicos que arroja no son lineales. A diferencia del SHT15, que entrega señal digital de la cual debe decodificarse.

Al tener un PIC de gama baja, desarrollamos ciertos problemas al recibir la información del sensor, no realizaba la lectura exacta del sensado de temperatura, por lo que se tomo la decisión de cambiar el microcontrolador a uno de gama alta, se hicieron pruebas con el Arduino uno R3 que es una tarjeta de desarrollo que contiene el microcontrolador ATmega328, el cual genera una pronta respuesta a la señal recibida del sensor HMZ433A1.

Una de las particularidades del Arduino uno, es la compatibilidad con el sensor SHT15, el cual entrega los datos de forma digital, y es capaz de leer humedad y temperatura.

3. PRUEBAS DE CIRCUITO DE CONTROL

Esta etapa consistió en las pruebas del circuito de control, donde se excluirán los errores y se harán las mejoras que requiera en el funcionamiento del circuito, verificando los componentes necesarios para el óptimo funcionamiento.

Se realiza la prueba del prototipo a nivel físico mediante los componentes y materiales adecuados, excluyendo del funcionamiento real, los componentes no utilizables [4].

Una vez que se haya diseñado y modelado el circuito electrónico a utilizar en el funcionamiento del prototipo, se harán las pruebas físicas, en tiempo real, y con las condiciones que tendrá la incubadora en el momento de su funcionamiento.

4. ELABORACION DE PROTOTIPO

Se elaboró el prototipo de acuerdo al diseño y modelado, con los resultados obtenidos en el análisis de los materiales a utilizar.

Armado del prototipo de acuerdo a los planos desarrollados en Autodesk. Se seguirá de acuerdo a los planos, las directrices para el correcto ensamble y elaboración del prototipo. Buscando el correcto ensamble para la optimización del material a utilizar.

Una vez teniendo los planos de construcción y la tarjeta lógica para el correcto funcionamiento del prototipo, se procede al corte y ensamble de sus piezas, cuidando el óptimo desempeño del material. Se elaborara el prototipo de acuerdo a los planos para tener una mejor funcionalidad del mismo, y con los materiales que se hayan escogido como óptimos en el trabajo del equipo. Ver Figura 2.



Figura 2. Prototipo de Incubadora Avícola

5. DESARROLLO DE PRUEBAS EN CAMPO

En esta etapa se hicieron pruebas en campo, donde se midió el correcto funcionamiento en campo donde se comercializara.

Una vez que se he elaboró el prototipo, se hicieron pruebas en donde se tomarón datos de funcionamiento, se registraron diariamente y se hicieron muestreos. Es de suma importancia el desarrollo de pruebas en campo, para verificar la calidad de los materiales y el funcionamiento del prototipo, donde se descartaran los materiales o modelo desarrollado y se tomaran de mayor importancia el modelo o material de óptimos resultados.

6. ANÁLISIS DE PRUEBAS DE CAMPO

Esta etapa consistió en el análisis de datos de las pruebas en campo hechas al prototipo, donde se tomaran los mejores resultados para la reingeniería si así lo requiere el prototipo.

Análisis de los datos que se generen en la base de datos de las pruebas de campo hechas al prototipo.

Una vez que se haya recibido la información arrojada de las pruebas de campo al prototipo, se analizará tomando en alta prioridad los datos que indiquen un mejor desempeño y durabilidad al prototipo, para tomar esos datos como prioritarios en el diseño de línea de producción. Ver figura 3



Figura 3. Nacimiento en el prototipo de incubadora

CONCLUSIONES

El presente proyecto tiene el potencial de generar en la región de la chontalpa del estado de Tabasco los siguientes impactos:

SOCIALES

- Crecimiento en cuanto al padrón de productores avícolas del Estado de Tabasco, así como fuentes de empleos.
- Tecnificación de las producciones de traspatio.
- Reducción en el mediano plazo del indicador de pobreza alimentaria del estado.
- Inserción en el mercado de traspatio, de una incubadora avícola automatizada, con el objetivo de incrementar los niveles de sustentabilidad del sector, al hacer una tecnificación del proceso de incubación y que contribuyen a la producción de su propia ave, esto trae consigo el crecimiento económico de comunidades que se dedican al engorde de pollos con una población menor de 2,000 picos.

AMBIENTALES

- Se podrá lograr un rescate de las especies en peligro de extinción que hay en la región.
- Habrá un considerable rescate en la tala de árboles al utilizar madera plástica en el diseño y elaboración de la incubadora avícola automatizada.
- Uso de tecnologías de generación de energías renovables (Energía solar, eólica, entre otras).

ECONÓMICOS

- Por cada incubadora avícola colocada en el mercado habrá un ingreso superior a los \$15,000.00 pesos al año.
- Por cada incubadora se lograra obtener más de 900 crías de aves.

REFERENCIAS

LEONEL VACA ADAM. *Producción Avícola*. Ed. EUNED, México, (2009). ISBN 9977645108 93.

COOPERATIVA PROVINCIAL AVÍCOLA Y GANADERA. *Avicultura y ganadería*. Ed. Cornell University, España (2010).

EDUARDO GARCIA BREIJO. *Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC*. Ed. Marcombo, México (2008). ISBN 8426714951.

GUSTAVO GALEANO. *Programación de Sistemas Embebidos en C, Teoría y práctica aplicadas a cualquier microcontrolador*. Ed. Alfaomega, México (2009), ISBN 978-958-682-770-6.

JONATHAN OXER. *Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware Technology in Action Apress Series Technology in Action Press book*. Ed. Apress, USA (2009). ISBN 978-1430-224-778.

W. BOLTON. *Mecatrónica (Sistemas de Control Electrónico en la Ing. mecánica y eléctrica)*. Ed. Marcombo, España (2008).

DESEMPEÑO DEL CONTROLADOR DIFUSO SINTONIZADOS MEDIANTE ASSCD Y SU COMPARACIÓN CON UN PID CONVENCIONAL

José Carlos Nava Jiménez, Eduardo Gómez Ramírez

Universidad La Salle A. C.

jose.nava@ulsa.mx , eduardo.gomez@ulsa.mx

RESUMEN

El controlador Proporcional–Integral– Derivativo (PID), ha sido el más utilizado a nivel industrial, sin embargo presenta algunas dificultades para su sintonización e implementación. Existe otras alternativas para el control de sistemas físicos, tal es el caso del Controlador Lógico Difuso (FLC), que al sintonizarse mediante El Algoritmo Simple para la Sintonización de Controladores Difusos (ASSCD) presenta grandes ventajas sobre el PID convencional. Los estudios sobre sistemas de control se han realizado en su mayoría mediante simulaciones por computadora, lo que limita la consideración de ciertas características inherentes a un sistema real, aún con las ventajas del enorme poder de cómputo que se tiene actualmente. En este artículo se presentan una comparación sobre el desempeño de ambos controladores, utilizando una planta real de segundo orden y se dan a conocer las ventajas del ASSCD sobre el PID convencional.

ABSTRACT

The PID controller is the most popular controller at industrial application. However, it generates some difficulties for tuning and implementation. There are other alternatives in control systems, such is the case of Fuzzy Logic Controller (FLC) tuned by The Simple Tuning Algorithm (STA). STA gets advantages over the conventional PID. Studies on control systems have been conducted mostly through computer simulations, limiting the consideration of certain characteristics inherent in a real system, even with the advantages of computing power we have today. This article presents a comparison of the performance of both PID and STA controllers, using a second order real plant and show the advantages of the FLC-STA.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se desea que un sistema físico alcance un comportamiento determinado y que cumpla con ciertos requerimientos y condiciones, se recurre a la implementación de un controlador en el sistema. Actualmente existen procedimientos bien definidos y sistematizados para el diseño de dichos controladores, que van desde la obtención de un modelo matemático del sistema a controlar, hasta el análisis experimental, como lo proponen Passino y Yurkovich en [1].

Aún cuando el PID es por mucho el controlador más utilizado a nivel industrial, su desempeño depende de los diferentes aditamentos que deben ser agregados al PID ideal, como son filtros, anti-desbordamiento integral, *set-point strategies*, *feedforward action* [2]. En el mercado, existen distintas compañías que producen módulos PID que ya incluyen este tipo de agregados; sin embargo, cada compañía presenta diferentes estructuras, topologías y características, generando muchos parámetros de configuración para conocer. En general los controladores PID ofrecen un buen desempeño cuando estos se encuentran bien sintonizados, sin embargo son pocos los expertos capaces de sintonizar cualquier clase o marca de PID y su instalación puede ser sumamente costosa. Por otro lado existe la desventaja de tener que sintonizar al menos tres parámetros diferentes: la parte proporcional, integral y derivativa y la modificación de alguno de éstos parámetros implica un impacto sobre los dos restantes, es decir, no hay una metodología

que asegure que al modificar sólo un parámetro se tendrá impacto directo sobre alguna característica del sistema, por ejemplo: el tiempo de establecimiento, el sobrepaso máximo y el amortiguamiento del sistema. Una problemática similar se presenta con los controladores FLC clásicos, dado que existen múltiples características que ajustar, como el número y forma de las funciones de pertenencia, número de entradas, métodos de defuzzyficación, reglas, entre otras; lo anterior genera que su sintonización requiera de mucho tiempo de cómputo.

La problemática anterior fue resuelta en cierto grado en [3] donde Gómez propone un algoritmo llamado *Simple Tuning Algorithm* (STA) que muestra cómo con una sola variable (factor de sintonización), de manera sencilla y directa, es posible manipular el tiempo de asentamiento de un sistema, sin embargo, ésta versión del método sólo trabaja con sistemas sobre-amortiguados, del cual se cuentan con algunas aplicaciones en *hardware* como las registradas en [4][5][6]; por otro lado en [7] Ortiz modifica el algoritmo para aplicarse a sistemas sub-amortiguados, agregando un segundo factor de sintonización que permite mitigar el sobrepaso máximo, proponiendo un nuevo polinomio de sintonización, que facilita su implementación en un micro-controlador, tal como lo muestra Lozano en [8] surgiendo así lo que actualmente se conoce como Algoritmo para la Sintonización Simple de Controladores Difusos o ASSCD.

El ASSCD mantiene una relación intuitiva entre los factores de sintonización y las características de la respuesta transitoria de un sistema, como son el tiempo de levantamiento y el sobrepaso máximo. La implementación de éste algoritmo hace posible que cualquier persona con conocimientos mínimos en control automático y lógica difusa, pueda sintonizar el controlador con base en la respuesta deseada del sistema. Aún cuando existen algunas aplicaciones reales del algoritmo, éstas son basadas en la primera versión (STA). En éste artículo se presenta la implementación del ASSCD en un sistema real de segundo orden emulado en una computadora analógica y se compara su desempeño con el de un PID convencional desarrollado sobre un Controlador Lógico Programable (PLC) comercial de la marca Siemens®.

La estructura del artículo es la siguiente: En la sección 2 se presenta de manera breve el algoritmo ASSCD. En la sección 3 el diseño de la computadora analógica para emular una planta de segundo orden; la implementación del algoritmo ASSCD (programado en un PIC) sobre la planta, se presentan en la sección 4 y en 5 la comparación del desempeño de éste controlador con un PID convencional, sintonizado por varias reglas y elegido el que exhiba el mejor comportamiento. Para finalizar se presentan las conclusiones obtenidas y los trabajos futuros.

2. ALGORITMO SIMPLE PARA LA SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES DIFUSOS

Para poder aplicar el algoritmo es necesario considerar ciertas características respecto a la estructura del controlador y las funciones de pertenencia. Para implementar el ASSCD se utiliza la inferencia de Mamdani [9] con dos entradas y una salida.

2.1 Funciones de Pertenencia

El objetivo de control es obtener un error cero, por lo que se utiliza un número impar de funciones, en éste caso se usan cinco funciones de pertenencia por cada variable utilizada. La condición inicial de éstas funciones se establece de manera simétrica al conjunto cero, considerando particiones Ruspini con forma triangular, con lo para cualquier valor en el dominio se intersecan dos conjuntos difusos y la suma de sus grados de pertenencia es la unidad, como se observa en la Fig.1.

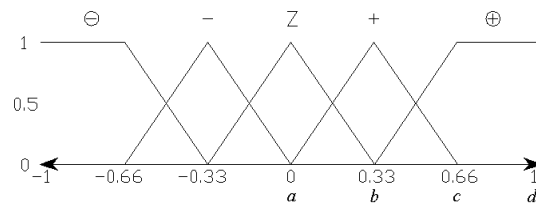


Fig.1. Función de pertenencia normalizada.

Las funciones de pertenencia para cada variable se obtienen a partir de las funciones de pertenencia normalizadas, multiplicadas con el valor máximo en magnitud que pudiese tener cada señal. Las señales de error y el cambio en el error son obtenidas por medio de mediciones. El rango del error y del cambio en el error, está dado por los valores más positivos y más negativos entre los conjuntos difusos $[-d \ d] = [-|e|_{max} \ |e|_{max}]$

2.2 Reglas

Para cada variable de entrada o salida se eligen cinco conjuntos, tal como se plantea en [3]. En la Tabla 1 se presenta la matriz de reglas utilizada en el ASSCD y propuesta en [7].

$e \backslash \Delta e$	N	n	Z	p	P
N	D	D	D	d	d
n	D	D	d	C	i
Z	D	D	C	i	I
p	D	C	i	i	I
P	I	I	I	I	I

Tabla 1. Matriz de Reglas del ASSCD “Z” neutral, “P” muy positivo, “p” positivo, “N” muy negativo, “n” negativo. “D” gran decremento, “d” decremento, “i” incremento, “I” gran incremento, “C” sin acción.

2.3 Operación del Algoritmo ASSCD

La superficie del controlador difuso (curva característica) determina la salida del sistema a partir de las entradas error y cambio en el error y es completamente modificable a partir de las funciones de pertenencia. El ASSCD modifica la superficie de control, lo que hace posible obtener una respuesta deseada, mediante la expansión o compresión de las funciones de pertenencia para cada variable, elevando cada punto de operación a un exponente real, tal como se muestra en la Fig. 2.

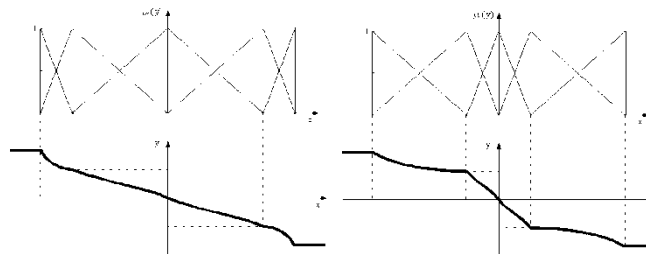


Fig. 2. Relación entre las funciones de pertenencia y la curva característica

El comportamiento del sistema es controlado al modificar las funciones de pertenencia con base en la manipulación de los factores de sintonización error y derivada del error, los cuales se denominan $K1$ y $K2$, respectivamente. El algoritmo presentado se ha implementado en un micro-controlador PIC18F4550 en [4], el cual será aplicado en 4 para su comparación con el PID tradicional en 5.

3. COMPUTADORA ANALÓGICA PARA EMULAR SISTEMAS DE SEGUNDO ORDEN

Para mostrar las habilidades del controlador difuso sintonizado mediante ASSCD se diseñó y construyó una computadora analógica con el fin de emular sistemas de segundo orden mediante un circuito real basado en amplificadores operacionales (OpAmps).

En la Fig. 3 se muestra el diagrama de simulación analógica utilizado para la construcción de la computadora analógica, el cual representa un sistema de segundo orden, cuya función de transferencia está determinada por (1).

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad (1)$$

Como puede observarse en (1), se trata de un sistema con ganancia estática unitaria, donde ξ representa el factor de amortiguamiento relativo y ω_n la frecuencia natural no amortiguada.

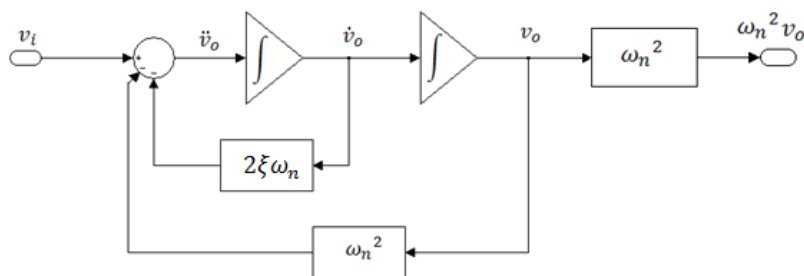


Fig. 3. Diagrama de simulación para la computadora analógica basada en amplificadores operacionales.

En la computadora analógica desarrollada, el factor de amortiguamiento relativo y la frecuencia natural no-amortiguada, pueden ser modificadas de manera sencilla mediante la manipulación de un potenciómetro para cada valor, obteniendo un voltaje de cd que es directamente proporcional al valor deseado.

Las características técnicas de la computadora analógica son: Voltaje de alimentación: $\pm 15\text{Vdc}$, $V_{\text{IN-MAX}}$: $\pm 5\text{Vdc}$, $V_{\text{OUT-MAX}}$: $\pm 14\text{Vdc}$. Los rangos para cada parámetro son: ξ [0.1, 4] V y ω_n [0.1, 4] V, lo anterior permite emular sistemas sub-amortiguados, críticamente-amortiguados y sobre-amortiguados con diferentes valores de frecuencia.

En la Fig. 4 se muestran algunos ejemplos de plantas emuladas en la computadora analógica desarrollada. Para tener un parámetro de referencia, se compara la salida de la planta real (en color azul) con el sistema simulado (en color rojo). Las señales en azul son obtenidas mediante la medición en la salida del circuito por medio de un osciloscopio analógico-digital HAMEG® Serie 150MHz/200MS/s y su interfaz con PC mediante el programa SP107E® del cual se obtuvo una matriz de valores correspondientes al voltaje en de salida y al tiempo en el que fue generado el voltaje, ésta matriz ha sido procesada en MATLAB con el único fin de graficarle en $t=0$ y lograr su comparación con la señal simulada (rojo). El proceso anterior, es el mismo utilizado para la adquisición de cada una de las gráficas de respuesta presentadas en éste documento. Puede observarse gráficamente un error entre el sistema simulado y el emulado en la computadora analógica, éste es provocado por las características propias de los circuitos utilizados, sin embargo, para los objetivos de comparación en éste documento tiene una importancia poco significativa.

Aún cuando se cuentan con los valores de ξ y ω_n , éstos fueron usados sólo con objetivos de simulación, pues se asume el desconocimiento de la función de transferencia.

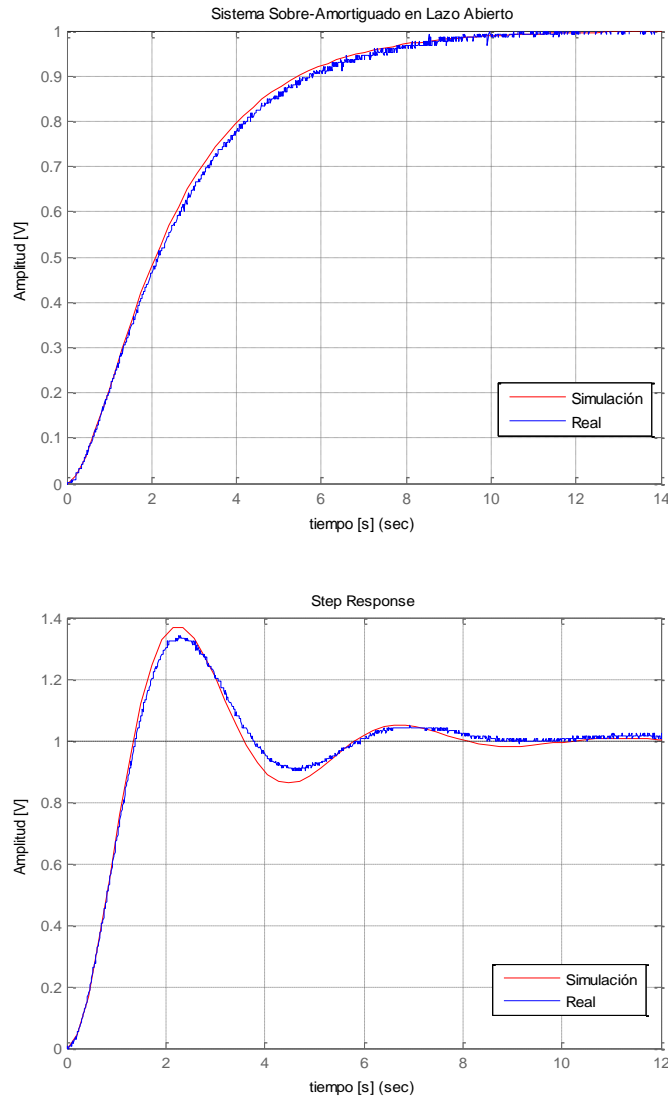


Fig.4 a) Arriba, sistema sobre-amortiguado con parámetros $\xi = 1.2$ y $\omega_n = 0.9$. b) Abajo, sistema sub-amortiguado con parámetros $\xi = 0.212.1$; $\omega_n = 2.0830$. Para ambos casos, en rojo se presenta el sistema simulado, mientras que en azul el sistema real emulado en la computadora analógica.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROLADOR ASSCD PARA EL CONTROL DE UNA PLANTA

En este apartado se mostrará, con ayuda de algunas gráficas, el efecto que tienen los parámetros K_1 y K_2 del ASSCD implementado en un micro-controlador PIC18F4550, sobre un sistema real.

Los parámetros de sintonización pueden adquirir cualquier valor entre $[0,1]$, para mostrar el efecto de cada parámetro sobre la respuesta de un sistema, se han considerado incrementos de $\Delta K_i=0.1$

con el objetivo de tener una referencia del comportamiento de cada sistema en todo el rango, sin embargo puede considerarse cualquier incremento menor.

4.1 Efectos de K_1 y K_2 sobre la respuesta de un sistema sobre-amortiguado.

En la Fig. 5 se presenta el efecto que tiene el factor de sintonización para el error (K_1) sobre la respuesta de un sistema sobre-amortiguado. Considerando $K_2=0$, al incrementar K_1 desde 0 hasta 1, el tiempo de levantamiento disminuye conforme aumenta K_1 , adicionalmente el tiempo de establecimiento decrece y se genera un máximo sobre-impulso en la respuesta.

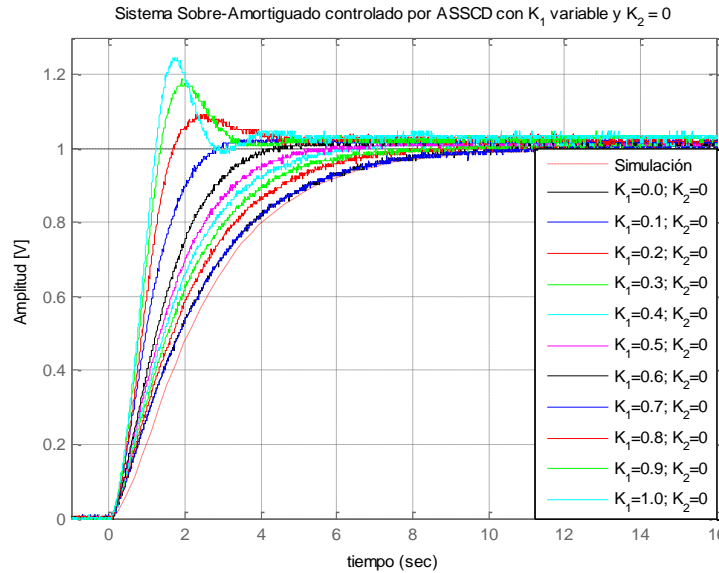


Fig.5 Efecto del factor K_1 sobre la respuesta de un sistema sobre-amortiguado.

El efecto de variar K_2 sobre el mismo sistema sobre-amortiguado se presenta en la Fig.6. Considerando $K_1=0$, puede observarse que tanto el tiempo de establecimiento como el de levantamiento aumentan mientras aumenta el valor de K_2 desde 0 hasta 1.

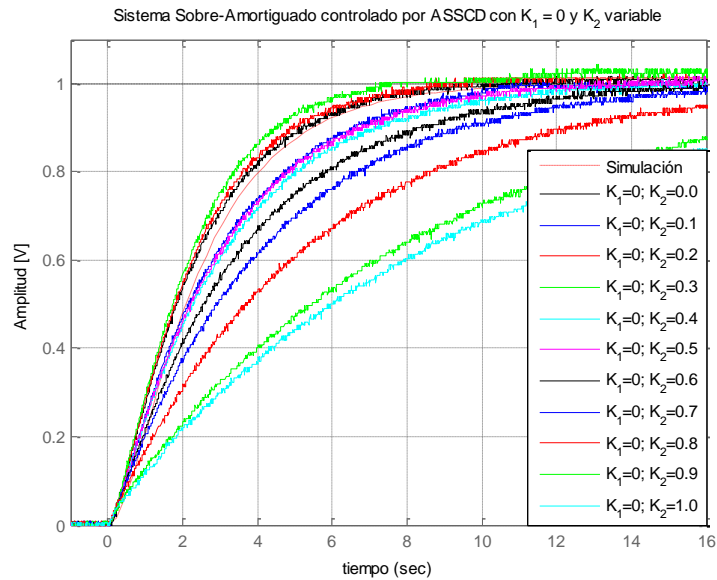


Fig.5 Efecto del factor K_2 sobre la respuesta de un sistema sobre-amortiguado.

4.2 Efectos de K_1 y K_2 sobre la respuesta de un sistema sub-amortiguado.

Un efecto similar al obtenido en 4.1 se genera al considerar un sistema sub-amortiguado. Considerando $K_2=0$, conforme se incrementa K_1 desde 0 hasta 1, el tiempo de levantamiento disminuye mientras que el máximo sobre-impulso aumenta, como se aprecia en la Fig. 6. Mientras que al establecer $K_1=0$ y aumentar K_2 , los tiempos de establecimiento y levantamiento incrementan, mientras que el máximo sobre-impulso es mitigado, tal como se aprecia en la Fig.7.

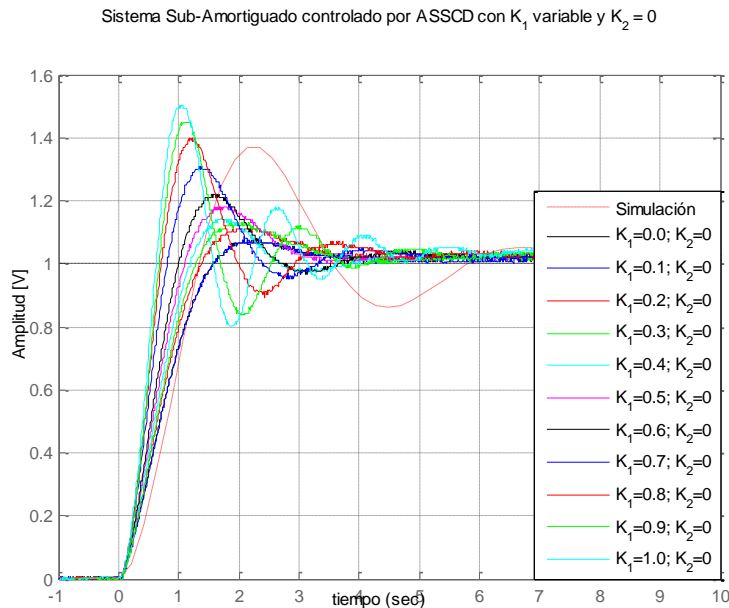


Fig.6. Efecto del factor K_1 sobre la respuesta de un sistema sub-amortiguado.

Sistema Sub-Amortiguado controlado por ASSCD con $K_1 = 0$ y K_2 variable

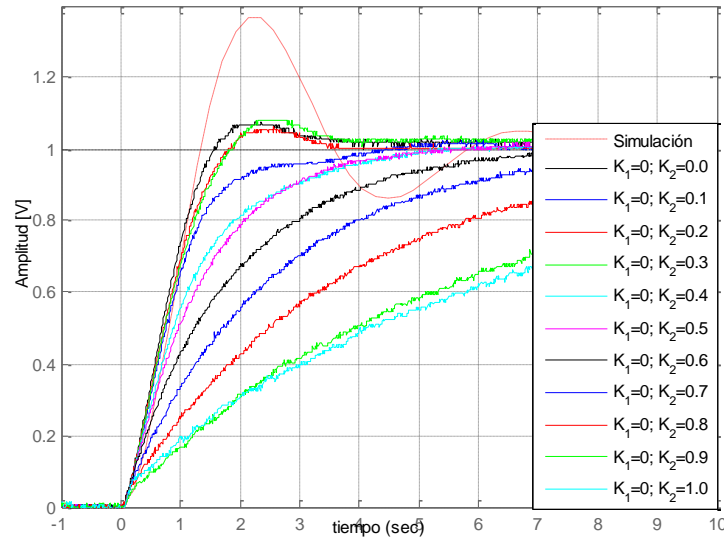


Fig.7. Efecto del factor K_2 sobre la respuesta de un sistema sub-amortiguado.

Con base en los puntos 4.1 y 4.2 se concluye que el aumento en el valor de K_1 provoca la disminución en el tiempo de levantamiento, mientras que el incremento en el valor de K_2 mitiga el sobre-paso máximo.

5. COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL ASSCD Y EL PID CONVENCIONAL.

Para evaluar el desempeño del controlador difuso ASSCD, se realiza una comparación con la implementación de un PID programado en un PLC Siemens Simatic™, CPU 224 AC/DC/RLY con un módulo analógico EM235.

Para lograr una comparación justa entre ambos métodos, no se realiza sintonización fina en ninguno de los casos. Además en ninguno de los casos se hace uso de la función de transferencia de la planta, aun cuando se tenga información de ésta, pues se emula un sistema real donde la generación de la función de transferencia es complicada de obtener, sin embargo se usan los datos de respuesta al escalón obtenidos mediante la medición directa en la salida de la planta con el uso del osciloscopio, de ésta forma se obtienen dos vectores de datos: el tiempo y el voltaje respecto al tiempo.

5.1 Implementación del PID en un PLC para el control de una planta

El PID incluido en el PLC de Siemens tiene una estructura estándar y contiene un algoritmo de anti-desbordamiento integral que genera un mejor desempeño del controlador.

Se consideran las reglas de sintonización de PID's más comunes: Ziegler-Nichols (Z-N), Chien-Hrones-Rewick (C-H-R), Cohen-Coon (C-C), Wang-Juang-Chan (W-J-C) y se elige la que mejor comportamiento genera en el sistema en cuanto a menor tiempo de establecimiento, tiempo de subida y estabilidad. En la Fig. 8 se muestran los resultados de la implementación de cada una de las sintonizaciones mencionadas, aplicadas a un sistema sub-amortiguado (en negro) y puede apreciarse que Z-N genera el mejor desempeño del sistema. En la Tabla I se muestra un

concentrado de los parámetros del controlador PID para cada sintonización, las unidades para T_i y T_d deben expresarse en minutos [min] para ser ingresados al PID.

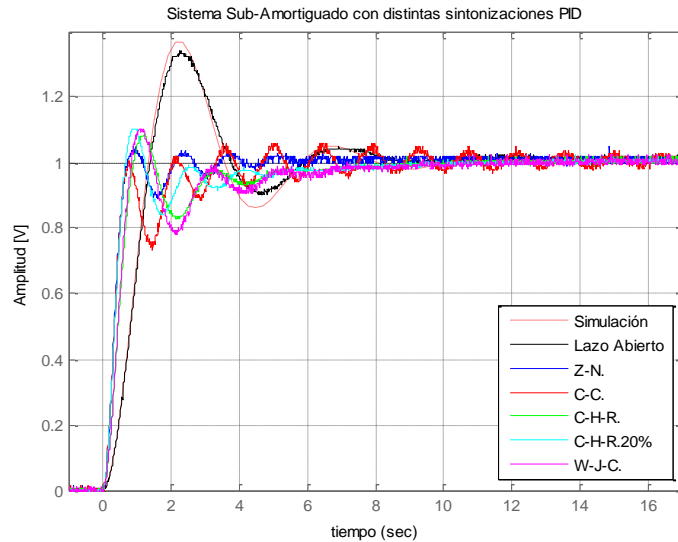


Fig.8 Respuesta de un sistema sub-amortiguado para distintas sintonizaciones PID.

Tabla I. Parámetros de Sintonización PID para el sistema sub-amortiguado.

Parámetros de sintonización del PID					
	Ziegler-Nichols	Cohen-Coon	CHR	CHR20	WJC
Sistema Sobre-amortiguado $\xi=0.3$; $\omega_n=1.473$ rad/s.					
T_i	5.864E-01	6.75E-01	1.39E+00	1.88E+00	1.54E+00
K_p	5.703E+00	6.77E+00	2.85E+00	4.52E+00	2.97E+00
T_d	1.466E-01	1.04E-01	1.47E-01	1.38E-01	1.33E-01
T_i [min]	9.772E-03	1.12E-02	2.32E-02	3.14E-02	2.567E-02
K_p	5.703E+00	6.77E+00	2.85E+00	4.52E+00	2.97E+00
T_d [min]	2.443E-03	1.74E-03	2.44E-03	2.30E-03	2.21E-03

5.2 Implementación del FLC-ASSCD para el control de una planta

El proceso de sintonización del ASSCD consiste en calibrar los parámetros de error y cambio en el error en $K_1 = K_2 = 0.5$, a partir del comportamiento generado, los parámetros K_1 y K_2 son modificados con base en los requerimientos del sistema, considerando que el primer valor modifica el tiempo de levantamiento mientras que el segundo mitiga el máximo sobre-impulso. En la Fig. 9 se muestran algunas sintonizaciones generadas a partir de éste proceso, para el control del sistema sub-amortiguado utilizado en la sección 5.1.

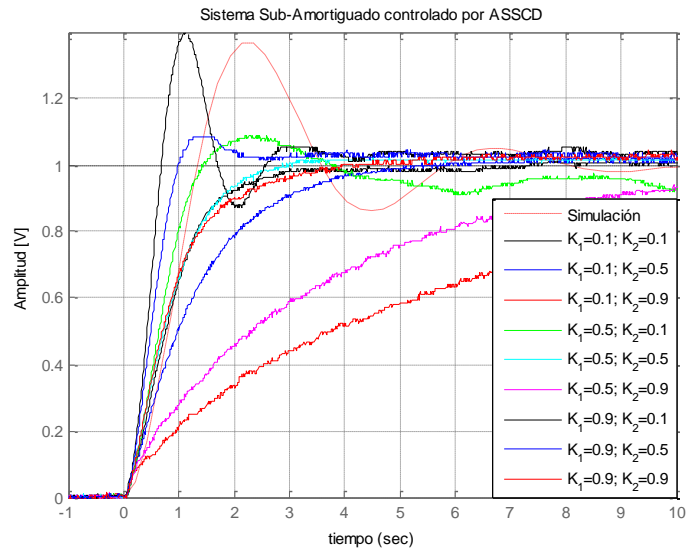


Fig.9 Respuesta de un sistema sobre-amortiguado para distintas sintonizaciones ASSCD.

5.3 Comparación del desempeño del ASSCD y el PID en el control de una planta

Con base en las sintonizaciones generadas en 5.1 y 5.2 se eligen las que exhiben el mejor comportamiento, Fig.10, la gráfica en azul corresponde al resultado de sintonización de un PID mediante Ziegler-Nichols con parámetros $K_p=5.7$; $T_i=0.58$; $T_d=0.14$, mientras que en rojo la respuesta ante ASSCD con parámetros $K_1=0.5$ y $K_2=0.5$.

Aun cuando el comportamiento generado por el PID tiene el menor tiempo de levantamiento, éste exhibe oscilaciones, las cuales no se producen con ASSCD.

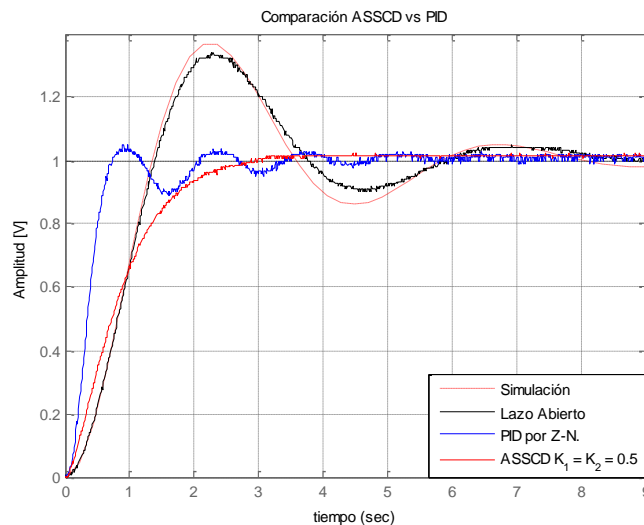


Fig.10 Comparación de la respuesta del sistema sub-amortiguado (negro) controlado mediante un PID (azul) y el ASSCD (rojo)

Para generar una mejor comparación, se hace uso de los criterios integrales de desempeño, los cuales se utilizan como funciones de costo en la optimización de controladores y cuyas ecuaciones se muestran en (2), (3), (4) y (5)

Integral del error absoluto (IAE)

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (2)$$

Integral del error cuadrático (ISE)

$$ISE = \int_0^{\infty} e^2(t) dt \quad (3)$$

Integral del tiempo por error absoluto (ITAE)

$$ITAE = \int_0^{\infty} t|e(t)| dt \quad (4)$$

Integral del tiempo por error cuadrático (ITSE)

$$ITSE = \int_0^{\infty} te^2(t) dt \quad (5)$$

Adicionalmente se propone un criterio más, al que se le ha dado el nombre de **Integral de Acción de Control (IAC)**, ecuación (6). Es un indicador de la cantidad de energía requerida por el actuador para generar la acción de control, con ello se logra probar la eficiencia del controlador, puesto que, entre menos energía utilice será mejor.

$$IAC = \int_0^{\infty} [u(t) - y(t)] dt \quad (6)$$

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las características del sistema ante cada controlador. Puede observarse que éstos criterios son mayores para el ASSCD, dado el tiempo de levantamiento obtenido, sin embargo, el tiempo de establecimiento logrado es mucho menor y no exhibe sobrepaso máximo, lo cual representa un gran ventaja sobre el PID, por otro lado la acción de control del ASSCD requiere menos del 50% de energía utilizado por la acción PID, como se observa en la Fig.11 y se comprueba mediante la integral de acción de control (IAC) al ser menor.

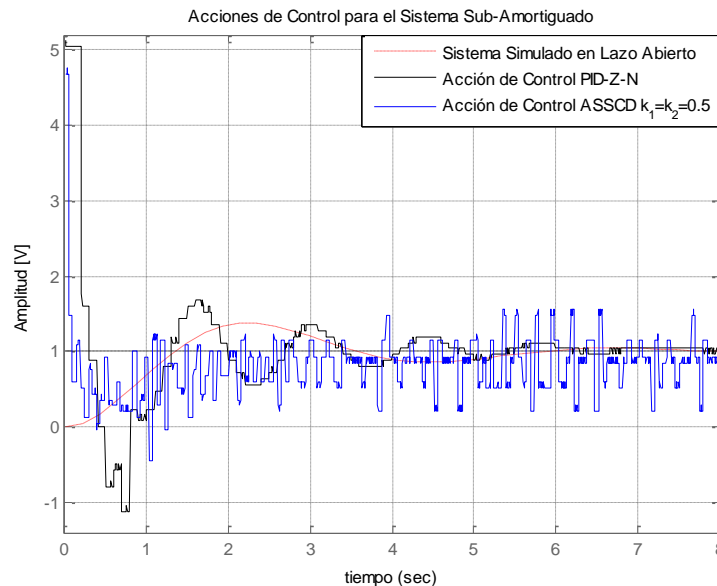


Fig.11 Acciones de Control generadas por el PID (negro) y el ASSCD (azul)

Tabla II. Resumen de características obtenidas en el control de un sistema sub-amortiguado mediante PID y ASSCD

Sub-Amortiguado			
	Lazo Abierto	PID	ASSCD
IAE	1.57	0.60	1.07
ISE	0.75	0.27	0.54
ITAE	3.79	1.75	2.61
ITSE	0.60	0.07	0.24
IAC	-	1.31	0.59
ts [s]	9.88	4.67	2.81
tr [s]	0.9	0.59	1.75
%OS	32.20	4.90	-

CON BASE EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS, SE PUEDE APRECIAR QUE EL CONTROLADOR DIFUSO SINTONIZADO POR ASSCD LOGRA UN DESEMPEÑO SUPERIOR A CUALQUIER PID, UTILIZANDO LA MENOR CANTIDAD DE ENERGÍA Y CON LA SIMPLICIDAD EN SU SINTONIZACIÓN YA QUE SE REQUIEREN SÓLO DOS PARÁMETROS PARA SU SINTONIZACIÓN K_1 Y K_2 Y ÉSTOS TIENEN UN IMPACTO DIRECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA EN CUANTO AL TIEMPO DE LEVANTAMIENTO Y EL MÁXIMO SOBRE-IMPULSO. POR EL CONTRARIO, PARA EL CASO DEL PID, EXISTEN TRES PARÁMETROS A SINTONIZAR, K_p , T_i Y T_d Y LO MODIFICACIÓN DE UNO SOLO NO IMPLICA UN IMPACTO DIRECTO SOBRE ALGÚN PARÁMETRO EN ESPECÍFICO DEL SISTEMA, PUES EXISTE UNA DEPENDENCIA DE LA PARTE INTEGRAL Y DERIVATIVA CON LA PROPORCIONAL DEL CONTROLADOR.

CONCLUSIONES

El PLC cuenta con dos potenciómetros de ajuste y calibración: *Offset* y *Gain*. Es de vital importancia que estos parámetros estén rigurosamente calibrados para obtener buenos resultados. Este proceso de calibración puede ser engorroso, ya que implica aplicar una señal máxima a la entrada, mover la ganancia hasta leer exactamente el valor de la entrada, aplicar un valor mínimo a la entrada y mover el offset hasta leer el valor mínimo de la entrada. Este procedimiento debe repetirse un gran número de veces, ya que el movimiento de un parámetro afecta al otro también y por ende surge la necesidad de compensar dicho movimiento. Estos parámetros son sumamente sensibles a perturbaciones físicas, por ejemplo, si el PLC es cambiado de lugar donde está operando dicho movimiento puede desajustar estos parámetros, haciendo necesaria una recalibración con todo lo que ello implica.

Una de las bondades que brinda el controlador difuso es que éste ya está previamente sintonizado, más aun, la sintonización mediante ASSCD brinda aún otro gran ventaja, y el poder encontrar valores para los parámetros k_1 y k_2 que generen un excelente desempeño en el sistema, con sólo mover dos potenciómetros correspondientes a cada parámetro, los cuales modifican los rangos de las funciones de pertenencia para el error y el cambio en el error.

Las implementaciones de controladores presentadas, muestran las ventajas de un sistema difuso sintonizado mediante ASSCD sobre un PID tradicional industrial. El algoritmo ASSCD presenta un mejor desempeño en el sistema así como una mayor facilidad para su sintonización dado que se cuenta con sólo dos parámetros a definir y cada uno de ellos tiene un impacto directo sobre el sistema, K_1 trabaja sobre el tiempo de levantamiento mientras K_2 mitiga el sobrepaso máximo. Lo anterior no se logra con un PID ya que el cambio de un solo parámetro (P, I o D) repercute sobre el comportamiento de todas características del sistema, como son sobrepaso máximo, amortiguamiento, error en estado estable, entre otras. Por otro lado, la cantidad de energía requerida por la acción ASSCD para generar un comportamiento sobre el sistema, es mucho

menor a la requerida por un PID. Por lo anterior, el ASSCD supera en gran medida las características obtenidas con PID tradicional, destacando la complejidad para la sintonización de éste último.

Referencias

- [1] Passino, K., & Yurkovich, S. (1998). *Fuzzy Control*. USA: Addison-Wesley
- [2] A. Visoli, "Practical PID Control." *Advances in Industrial Control*. Springer-Verlag, London Limited, 2006, ISBN: 978-1-84628-586-0
- [3] E. Gomez-Ramirez, "Simple Tuning of Fuzzy Controllers". *Hybrid Intelligent Systems (Studies in Fuzziness and Soft Computing)* Oscar Castillo, Patricia Melín, Janusz Kacprzyk, Witold Pedrycz, eds. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007, XV. ISBN: 978-3-540-37419-0, pp 433.
- [4] O. Montiel, J. Olivas, R. Sepulveda. Development of an Embedded Simple tuned Fuzzy Controller. *IEEE World Congress on Computational Intelligence*, Hong Kong, June 1-6, 2008
- [5] Jose-Luis Gonzalez, O. Castillo, Luis T. Aguilar, "FPGA as a Tool for Implementing Non-fixed Structure Fuzzy Logic Controllers," *Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence (FOCI 2007)*, Hawaii, U.S.A., 2007
- [6] O. Montiel, R. Sepulveda, P. Melin, O. Castillo, M. A. Porta, I. Marlene-Meza. Performance of a SimpleTuned Fuzzy Controller and a PID Controller on a DC Motor. *Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence FOCI 2008*, Hawaii, USA, pp. 531-537, 2007
- [7] H. A. Ortiz de la Vega, "Algoritmo Simple para Sintonización de Controladores Difusos". Tesis Maestría en Ciencias Área Cibernética. Universidad La Salle 2009
- [8] J. A. Lozano-Angulo, "Auto-sintonización del ASSCD y su Implementación en un microcontrolador PIC". Tesis Maestría en Ciencias Área Cibernética. Universidad La Salle 2009
- [9] W. Kickert, E. H. Mamdani, "Analysis of fuzzy logic controller". *Fuzzy Sets and Systems*. Vol 1. 1978.

DISEÑO DE UN CONVERTIDOR DC/DC REDUCTOR DEL TIPO PWM UTILIZANDO EL MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL MODIFICADA.

QUIRINO JIMENEZ DOMINGUEZ

MARGARITA ALVAREZ CERVERA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

KM.5 ANTIGUA CARRETERA MÉRIDA-PROGRESO S/N

MÉRIDA, YUCATÁN

quijido2@hotmail.com

ABSTRACT:

The importance of modeling and analysis techniques for DC / DC converters, arises from the need to use as an energy conversion, making it necessary to seek control strategies to optimize the dynamic behavior of the converter.

At present the averaged approximation technique are used in distributed power systems, where the main part to be analyzed are converters.

The nature of the DC / DC converters are of the non-linear, making it difficult to accurately study, commonly to analyze the behavior of these systems, we start with the small-signal technique, not taking into account the nonlinear terms. It is necessary to linearize the converter operating point to facilitate the desired static and dynamic analysis.

One of the important points to analyze small-signal technique is when you need a complete large-signal stability, as there are large load disturbances on the desired point.

Using a modified small-signal model allows small and large signal will analyze and generates a method of stability in global form of the converters.

This work is validated with a high level program applied the technique of modified small signal basic topologies in DC / DC converters, such as: Buck, boost and buck-boost.

RESUMEN:

La importancia de realizar técnicas de análisis y modelado para los convertidores DC/DC, surge por la necesidad de utilizarlo como elemento de conversión de energía, por lo que es necesario buscar estrategias de control para optimizar el comportamiento dinámico del convertidor.

En la actualidad la técnica de aproximación promediada son utilizados en sistemas de alimentación distribuidos, donde la parte principal a analizar son los convertidores.

La naturaleza de los convertidores DC/DC son del tipo no lineal, haciendo difícil su estudio con exactitud, comúnmente para analizar el comportamiento de estos sistemas, se comienza con la técnica de pequeña señal, no tomando en cuenta los términos no lineales. Es necesario linealizar el convertidor en punto de operación deseado para facilitar el análisis estático y dinámico.

Uno de los puntos importantes a analizar en la técnica de pequeña señal es cuando se requiere una completa estabilidad en gran señal, al existir grandes perturbaciones de carga sobre el punto deseado.

Usando un modelo de pequeña señal modificada, permite analizaren pequeña y gran señal, y genera un método de estabilidad en forma global de dichos convertidores.

Este trabajo se valida con un programa en alto nivel aplicado la técnica de pequeña señal modificada a las topologías básicas en los convertidores DC/DC, como son: Reductor, Elevador y Reductor-Elevador.

INTRODUCCIÓN.

Este trabajo se inicia para fortalecer el area de electrónica de potencia en nuestro instituto y generar una línea de investigación sobre la optimización de los convertidores DC/DC del tipo PWM, además de incrementar desarrollo de software capaz de pronosticar el comportamiento transitorio ante perturbaciones de cargas. El objetivo del artículo es plasmar una manera de modelar un convertidor DC/DC para llevarlo a la estabilidad global en lazo cerrado.

EL MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL MODIFICADA.

Se propone en esta sección manejar dos regiones saturadas (máximo y mínimo) al modelo de gran señal y eliminando los términos no lineales del modelo, se genera lo que es el modelo propuesto, tomando en cuenta que el modelo de pequeña señal es totalmente lineal.

OBTENCIÓN DEL MODELO DE GRAN SEÑAL.

El análisis de un convertidor DC/DC se debe al tiempo de conmutación que se tiene en el elemento bipolar, la cual tiene a cargar y descargar al elemento inductor. Por lo tanto, los vectores de estados serán la corriente en el inductor y el voltaje en el capacitor.

Aplicando la técnica del promediado de espacio-estado queda:

Para el intervalo D:

$$\frac{dx}{dt} = A_1 \cdot X + B_1 \cdot Vg \quad (1)$$

Para el intervalo (1-D):

$$\frac{dx}{dt} = A_2 \cdot X + B_2 \cdot Vg \quad (2)$$

Quedando el promediado de los intervalos:

$$\frac{dx}{dt} = A \cdot X + B \cdot Vg \quad (3)$$

Donde:

$$A = D \cdot A_1 + (1 - D) \cdot A_2$$

$$B = D \cdot B_1 + (1 - D) \cdot B_2$$

La figura 1, presenta el convertidor DC/DC tipo reductor-elevador con su intervalo de conmutación.

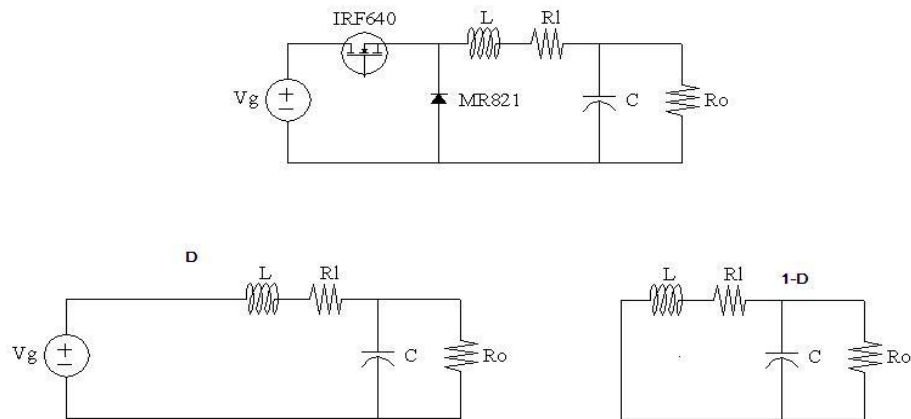


Fig. 1. Diagrama del convertidor reductor y sus dos circuitos equivalentes en conmutación del bipolar.

Al no existir perturbación en el vector de estado de la corriente y del voltaje, se genera estos estados en régimen permanente:

$$X_o = -A^{-1} \cdot B \cdot Vg \quad (4)$$

La figura 2, muestra las tres regiones cuando el convertidor DC/DC trabaja en modo continuo. Este presenta la región central donde está limitada por dos regiones de saturación (máxima y mínima), en la cual el ciclo de trabajo se comporta en forma lineal, determinada por la función de control (ecuación 6).

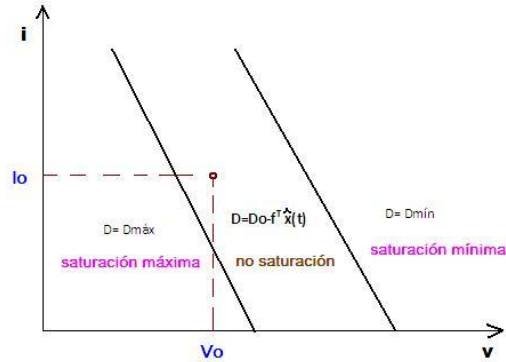


Fig. 2. Región de funcionamiento los convertidores DC/DC en gran señal.

Perturbando los vectores de estado, el ciclo de trabajo y aplicando la aproximación de Euler, se genera la ecuación de gran señal, conteniendo términos no lineales. Esta ecuación representa el comportamiento en la región no saturada:

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = (D_o A_1 + D_o' A_2)\hat{x}(t) + [(A_1 - A_2)X_o + (B_1 - B_2)V_g]\hat{d}(t) + (A_1 - A_2)\hat{x}(t)\hat{d}(t) \quad (5)$$

Con:

$$d(t) = -f^T \hat{x}(t) = -[f_1 \quad f_2]\hat{x}(t) \quad (6)$$

Donde: f_1 : Ganancia de retroalimentación de la corriente promediada del inductor.

f_2 : Ganancia de retroalimentación del voltaje de salida del capacitor.

La función que representa el comportamiento para la región de saturación es fácil de encontrar, ya que el sistema es lineal (su ciclo de trabajo no presenta variación). La región no saturada está limitada por la región de saturación máximo y mínimo, se representa por la ecuación siguiente:

$$D_{mín} < D_o - f^T \hat{x}(t) < D_{máx} \quad (7)$$

Introduciendo $D = D_{sat} = D_{máx}$ o $D_{mín}$, $D' = D'_{sat} = (1 - D_{máx}$ o $D_{mín})$ en la ecuación que define el sistema con los intervalos de conmutación, queda la siguiente expresión:

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = (D_{sat} A_1 + D_{sat}' A_2)\hat{x}(t) + (D_{sat} B_1 + D_{sat}' B_2)V_g \quad (8)$$

EL MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL MODIFICADA PROPUESTO.

Observando que el análisis de gran señal es más complejo por sus términos no lineales, haciendo dentro de lo permitido para obtener resultados bastante aceptables, cuando el sistema está en estabilidad global, se propone el modelo de pequeña señal modificada, donde está expresado en tiempo continuo, sin tomar en cuenta el término no lineal.

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = (D_o A_1 + D_o' A_2)\hat{x}(t) + [(A_1 - A_2)X_o + (B_1 - B_2)V_g]\hat{d}(t) \quad (9)$$

Una manera de encontrar esta estabilidad global se debe a los puntos de equilibrios que puede tener el convertidor DC/DC.

Es necesario que el punto de equilibrio virtual esté fuera de la región de no saturación, y que el punto de equilibrio real no deseado, también quede fuera de dicha región, y solo se encuentre el punto deseado. Es importante restringir la frontera por medio de la región de saturación máximo y mínimo, para proteger al dispositivo bipolar y tener una estabilidad global del sistema. Cuando el punto de equilibrio real está cerca de la frontera a grandes perturbaciones puede que los resultados esperados difieran, porque se salen de la estabilidad.

Este comportamiento es mostrado en la figura 3, donde se presenta claramente un punto de equilibrio real no deseado, que deberá ser expulsado lo más alejado de la frontera de saturación con la región de no saturación.

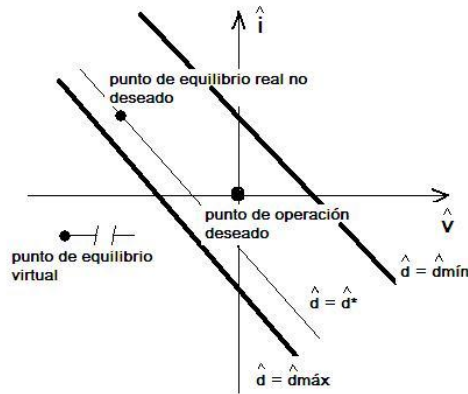


Fig.3. Punto de equilibrio en la región no saturada para un convertidor DC/DC.

La forma de generar por medio de una ecuación el comportamiento en los puntos de equilibrios, es igualando la derivada a cero:

$$\frac{d\hat{x}^*}{dt} = 0 \quad , \quad \text{por lo que queda: } [A + d^*B]\hat{x}^* = 0 \quad (10)$$

Donde:

$$A = D_o A_1 + D_o' A_2 - (A_1 - A_2) X_o f^T - (B_1 - B_2) V_g f^T$$

$$B = A_1 - A_2$$

$$d^* = f^T \hat{x}^*$$

\hat{x}^* es el valor del punto de equilibrio deseado.

Dando la ecuación siguiente:

$$\det[A + d^*B] = 0 \quad (11)$$

Introduciendo los parámetros involucrados, se genera una ecuación cuadrática:

$$d^{*2} - d^*(a + b) + (a' + b') = 0 \quad (12)$$

Donde:

$$a = D_o' + I_o f_1; \quad a' = -(R_l + V_o f_1)(-1 + R_o I_o + \frac{f_2}{R_o})$$

$$b = D_o' + V_o f_2; \quad b' = (D_o' + V_o f_2)(D_o' + I_o f_1)$$

RESULTADOS OBTENIDOS.

El circuito que se utilizó en este trabajo es el que se presenta a continuación en la figura 4.

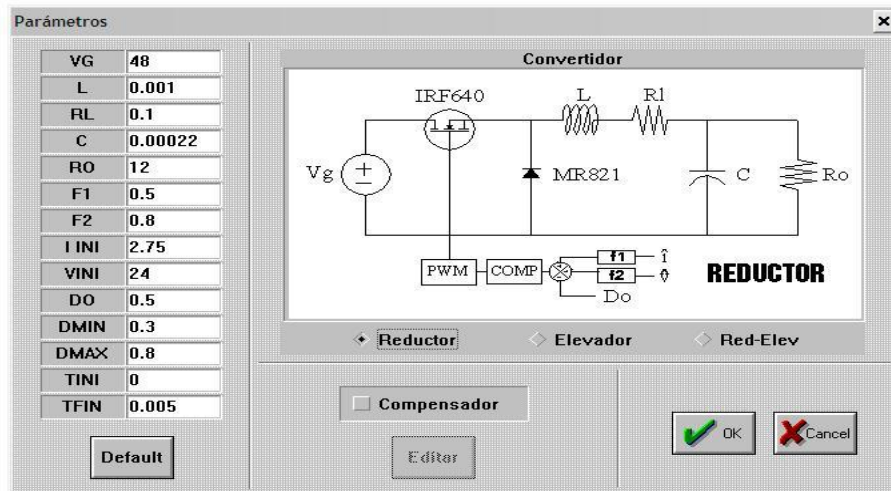


Fig. 4. Diagrama del convertidor reductor.

Para obtención de los resultados en lazo cerrado se obtuvieron gráficas del comportamiento transitorio, manipulando el factor de alimentación de corriente desde su forma oscilatoria hasta cuando el sistema entra a estabilidad.

Las figuras 5 a,b,c, son resultados que se generaron con el simulador realizado, aplicando el método de Runge Kutta, tomando como perturbación de 2.75 A en la corriente del inductor y $f_1=0.5$ y $f_2=0.8$.

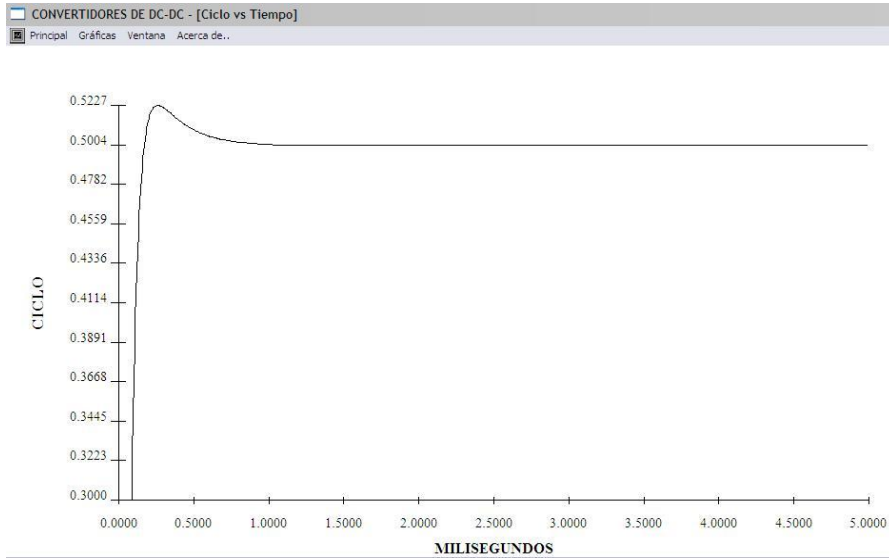


Fig.5a. Comportamiento del ciclo de trabajo ante una perturbación de 2.75 A.

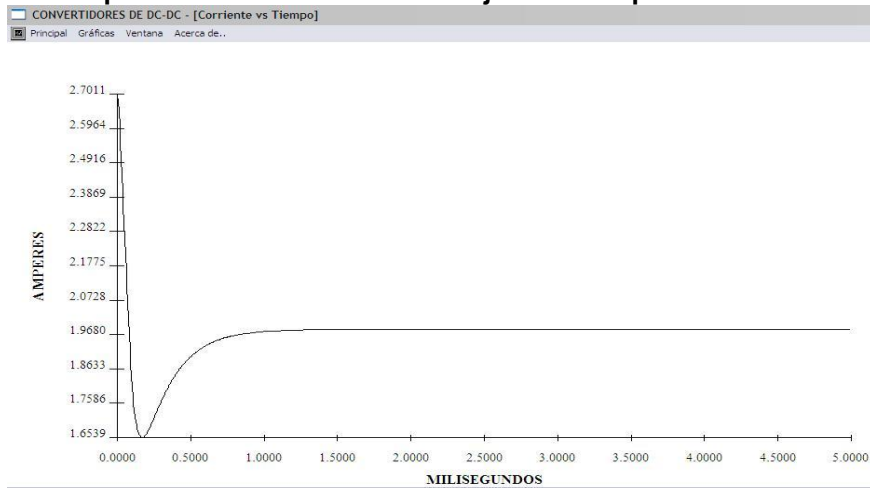


Fig.5b. Comportamiento de la corriente del inductor ante una perturbación de 2.75 A.

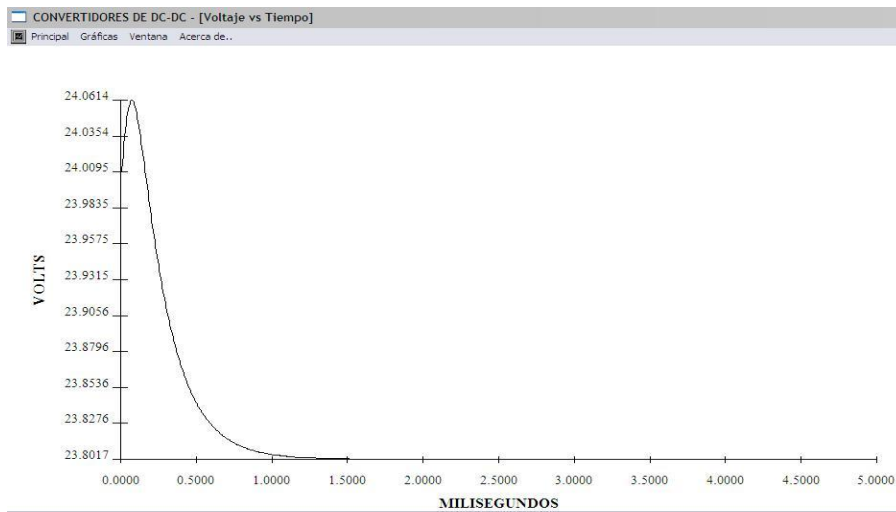


Fig.5c. Comportamiento del voltaje del capacitor ante una perturbación de 2.75 A.
CONCLUSIONES.

El manejo de técnicas que nos permitan desarrollar simuladores que pronostiquen un sistema dado, hace interesante que el estudiante tome en cuenta el potencial de las herramientas de programación, análisis matemático y métodos numéricos, que muchas veces no son tomados con la visión adecuada. Esto nos lleva generar nuestras propias herramientas de validación ante simuladores de alto costo y demasiado lentos.

Los simuladores que usan técnicas como la pequeña señal modificada y que se requiere el conocimiento básico de la técnica promediada de espacio-estado, permiten tener información gráfica con muy buena calidad y rapidez, siempre que cumpla con la estabilidad global.

REFERENCIAS.

1. R.W.Erickson, S.Cuk and R.D.Middlebrook, "Large signal modelling and analysis of switching regulators", PESC-1982, PP.540-550.
2. J.Arau, Q.Jiménez, J.Uceda, J.Sebastian, "Improving large signal analysis in DC/DC converters with a modified small signal model", PESC-92, pp.514-518.
3. J.Arau, "Análisis del campo de aplicación de los modelos de pequeña y gran señal en los convertidores continua-continua sometidos a cargas pulsante", Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, España, 1991.
4. Quirino Jiménez D., Jaime Arau R., "Análisis del convertidor DC/DC elevador del tipo PWM con un modelo de pequeña señal modificada"ELECTRO-96, pp. 306-311.

DISEÑO DE UN CONVERTIDOR DC/DC REDUCTOR-ELEVADOR DEL TIPO PWM UTILIZANDO EL MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL MODIFICADA.

QUIRINO JIMENEZ DOMINGUEZ

JOSE LUIS GASCA HEREDIA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

KM.5 ANTIGUA CARRETERA MÉRIDA-PROGRESO S/N

MERIDA, YUCATÁN

quijido2@hotmail.com

ABSTRACT:

The importance of modeling and analysis techniques for DC / DC converters, arises from the need to use as an energy conversion, making it necessary to seek control strategies to optimize the dynamic behavior of the converter.

At present the averaged approximation technique are used in distributed power systems, where the main part to be analyzed are converters.

The nature of the DC / DC converters are of the non-linear, making it difficult to accurately study, commonly to analyze the behavior of these systems, we start with the small-signal technique, not taking into account the nonlinear terms. It is necessary to linearize the converter operating point to facilitate the desired static and dynamic analysis.

One of the important points to analyze small-signal technique is when you need a complete large-signal stability, as there are large load disturbances on the desired point.

Using a modified small-signal model allows small and large signal will analyze and generates a method of stability in global form of the converters.

This work is validated with a high level program applied the technique of modified small signal basic topologies in DC / DC converters, such as: Buck, boost and buck-boost.

RESUMEN:

La importancia de realizar técnicas de análisis y modelado para los convertidores DC/DC, surge por la necesidad de utilizarlo como elemento de conversión de energía, por lo que es necesario buscar estrategias de control para optimizar el comportamiento dinámico del convertidor.

En la actualidad la técnica de aproximación promediada son utilizados en sistemas de alimentación distribuidos, donde la parte principal a analizar son los convertidores.

La naturaleza de los convertidores DC/DC son del tipo no lineal, haciendo difícil su estudio con exactitud, comúnmente para analizar el comportamiento de estos sistemas, se comienza con la técnica de pequeña señal, no tomando en cuenta los términos no lineales. Es necesario linealizar el convertidor en punto de operación deseado para facilitar el análisis estático y dinámico.

Uno de los puntos importantes a analizar en la técnica de pequeña señal es cuando se requiere una completa estabilidad en gran señal, al existir grandes perturbaciones de carga sobre el punto deseado.

Usando un modelo de pequeña señal modificada, permite analizaren pequeña y gran señal, y genera un método de estabilidad en forma global de dichos convertidores.

Este trabajo se valida con un programa en alto nivel aplicado la técnica de pequeña señal modificada a las topologías básicas en los convertidores DC/DC, como son: Reductor, Elevador y Reductor-Elevador.

INTRODUCCIÓN.

Este trabajo se inicia para fortalecer el area de electrónica de potencia en nuestro instituto y generar una línea de investigación sobre la optimización de los convertidores DC/DC del tipo PWM, además de incrementar desarrollo de software capaz de pronosticar el comportamiento transitorio ante perturbaciones de cargas. El objetivo del artículo es plasmar una manera de modelar un convertidor DC/DC para llevarlo a la estabilidad global en lazo cerrado.

EL MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL MODIFICADA.

Se propone en esta sección manejar dos regiones saturadas (máximo y mínimo) al modelo de gran señal y eliminando los términos no lineales del modelo, se genera lo que es el modelo propuesto, tomando en cuenta que el modelo de pequeña señal es totalmente lineal.

OBTENCIÓN DEL MODELO DE GRAN SEÑAL.

El análisis de un convertidor DC/DC se debe al tiempo de conmutación que se tiene en el elemento bipolar, la cual tiene a cargar y descargar al elemento inductor. Por lo tanto, los vectores de estados serán la corriente en el inductor y el voltaje en el capacitor.

Aplicando la técnica del promediado de espacio-estado queda:

Para el intervalo D:

$$\frac{dX}{dt} = A_1 \cdot X + B_1 \cdot Vg \quad (1)$$

Para el intervalo (1-D):

$$\frac{dX}{dt} = A_2 \cdot X + B_2 \cdot Vg \quad (2)$$

Quedando el promediado de los intervalos:

$$\frac{dX}{dt} = A \cdot X + B \cdot Vg \quad (3)$$

Donde:

$$A = D \cdot A_1 + (1 - D) \cdot A_2$$

$$B = D \cdot B_1 + (1 - D) \cdot B_2$$

La figura 1, presenta el convertidor DC/DC tipo reductor-elevador con su intervalo de conmutación.

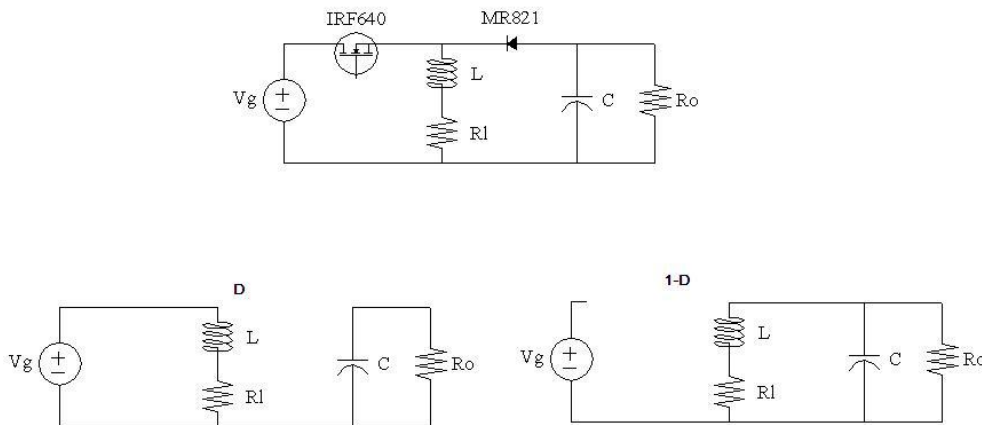


Fig. 1. Diagrama del convertidor reductor-elevador y sus dos circuitos equivalentes en conmutación del bipolar.

Al no existir perturbación en el vector de estado de la corriente y del voltaje, se genera estos estados en régimen permanente:

$$X_o = -A^{-1} \cdot B \cdot Vg \quad (4)$$

La figura 2, muestra las tres regiones cuando el convertidor DC/DC trabaja en modo continuo. Este presenta la región central donde está limitada por dos regiones de saturación (máxima y mínima), en la cual el ciclo de trabajo se comporta en forma lineal, determinada por la función de control (ecuación 6).

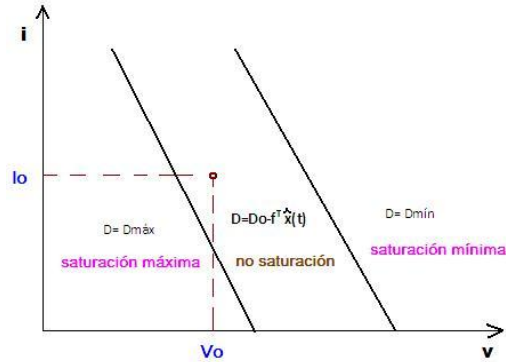


Fig. 2. Región de funcionamiento los convertidores DC/DC en gran señal.

Perturbando los vectores de estado, el ciclo de trabajo y aplicando la aproximación de Euler, se genera la ecuación de gran señal, conteniendo términos no lineales. Esta ecuación representa el comportamiento en la región no saturada:

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = (D_o A_1 + D_o' A_2)\hat{x}(t) + [(A_1 - A_2)X_o + (B_1 - B_2)V_g]\hat{d}(t) + (A_1 - A_2)\hat{x}(t)\hat{d}(t) \quad (5)$$

Con:

$$d(t) = -f^T \hat{x}(t) = -[f_1 \quad f_2]\hat{x}(t) \quad (6)$$

Donde: f_1 : Ganancia de retroalimentación de la corriente promediada del inductor.

f_2 : Ganancia de retroalimentación del voltaje de salida del capacitor.

La función que representa el comportamiento para la región de saturación es fácil de encontrar, ya que el sistema es lineal (su ciclo de trabajo no presenta variación). La región no saturada está limitada por la región de saturación máximo y mínimo, se representa por la ecuación siguiente:

$$D_{\min} < D_o - f^T \hat{x}(t) < D_{\max} \quad (7)$$

Introduciendo $D = D_{\text{sat}} = D_{\max}$ o D_{\min} , $D' = D'_{\text{sat}} = (1 - D_{\max}$ o $D_{\min})$ en la ecuación que define el sistema con los intervalos de conmutación, queda la siguiente expresión:

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = (D_{\text{sat}} A_1 + D_{\text{sat}}' A_2)\hat{x}(t) + (D_{\text{sat}} B_1 + D_{\text{sat}}' B_2)V_g \quad (8)$$

EL MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL MODIFICADA PROPUESTO.

Observando que el análisis de gran señal es más complejo por sus términos no lineales, haciendo dentro de lo permitido para obtener resultados bastante aceptables, cuando el sistema está en estabilidad global, se propone el modelo de pequeña señal modificada, donde está expresado en tiempo continuo, sin tomar en cuenta el término no lineal.

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = (D_o A_1 + D_o' A_2)\hat{x}(t) + [(A_1 - A_2)X_o + (B_1 - B_2)V_g]\hat{d}(t) \quad (9)$$

Una manera de encontrar esta estabilidad global se debe a los puntos de equilibrios que puede tener el convertidor DC/DC.

Es necesario que el punto de equilibrio virtual esté fuera de la región de no saturación, y que el punto de equilibrio real no deseado, también quede fuera de dicha región, y solo se encuentre el punto deseado. Es importante restringir la frontera por medio de la región de saturación máximo y mínimo, para proteger al dispositivo bipolar y tener una estabilidad global del sistema. Cuando el punto de equilibrio real está cerca de la frontera a grandes perturbaciones puede que los resultados esperados difieran, porque se salen de la estabilidad.

Este comportamiento es mostrado en la figura 3, donde se presenta claramente un punto de equilibrio real no deseado, que deberá ser expulsado lo más alejado de la frontera de saturación con la región de no saturación.

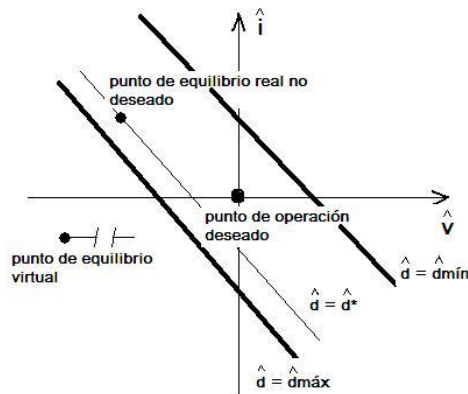


Fig.3. Punto de equilibrio en la región no saturada para un convertidor DC/DC.

La forma de generar por medio de una ecuación el comportamiento en los puntos de equilibrios, es igualando la derivada a cero:

$$\frac{d\hat{x}^*}{dt} = 0 \quad , \quad \text{por lo que queda: } [A + d^*B]\hat{x}^* = 0 \quad (10)$$

Donde:

$$A = D_o A_1 + D_o' A_2 - (A_1 - A_2) X_o f^T - (B_1 - B_2) V_g f^T$$

$$B = A_1 - A_2$$

$$d^* = f^T \hat{x}^*$$

\hat{x}^* es el valor del punto de equilibrio deseado.

Dando la ecuación siguiente:

$$\det[A + d^*B] = 0 \quad (11)$$

Introduciendo los parámetros involucrados, se genera una ecuación cuadrática:

$$d^{*2} - d^*(a + b) + (a' + b') = 0 \quad (12)$$

Donde:

$$a = D_o' + I_o f_1; \quad a' = -(R_l + V_o f_1)(-1 + R_o I_o + \frac{f_2}{R_o})$$

$$b = D_o' + V_o f_2; \quad b' = (D_o' + V_o f_2)(D_o' + I_o f_1)$$

RESULTADOS OBTENIDOS.

El circuito que se utilizó en este trabajo es el que se presenta a continuación en la figura 4.

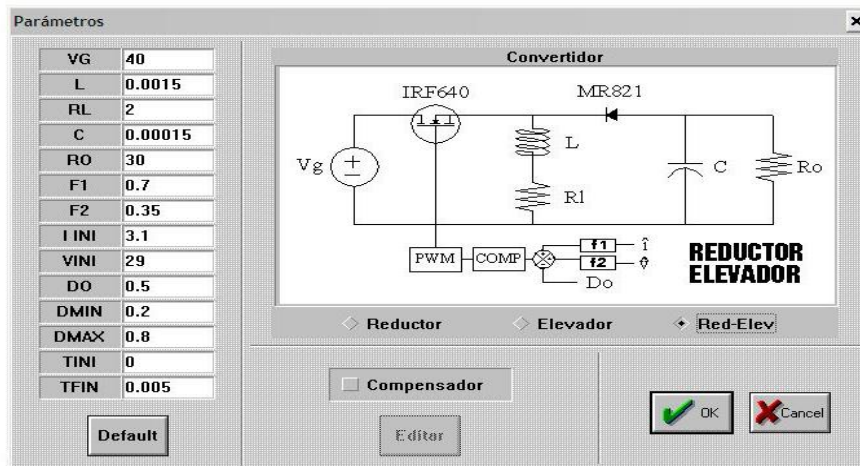


Fig. 4. Diagrama del convertidor reductor-elevador.

Para obtención de los resultados en lazo cerrado se obtuvieron gráficas del comportamiento transitorio, manipulando el factor de alimentación de corriente desde su forma oscilatoria hasta cuando el sistema entra a estabilidad.

Las figuras 5 a,b,c, son resultados que se generaron con el simulador realizado, aplicando el método de Runga Kutta, tomando como perturbación de 3.1 A en la corriente del inductor y $f_1=0.7$ y $f_2=0.35$.

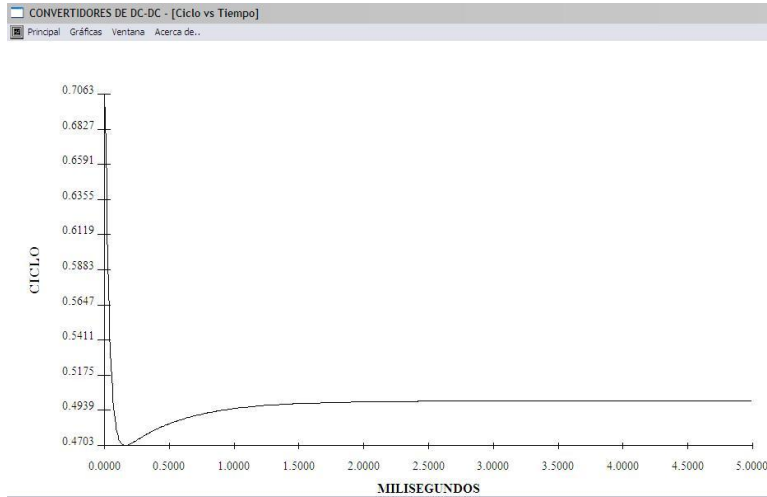


Fig.5a. Comportamiento del ciclo de trabajo ante una perturbación de 4.5 A.

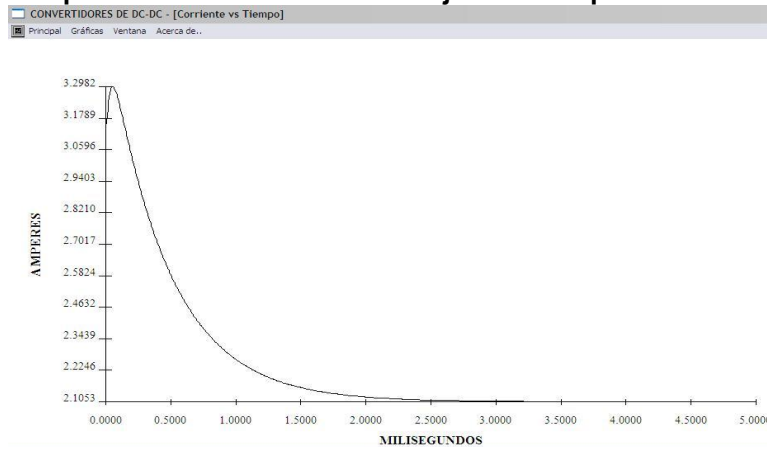


Fig.5b. Comportamiento de la corriente del inductor ante una perturbación de 3.1 A.

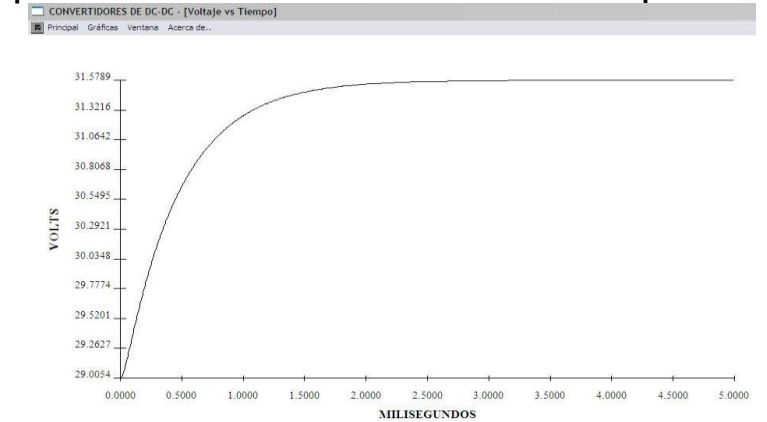


Fig.5c. Comportamiento del voltaje del capacitor ante una perturbación de 3.1 A.

CONCLUSIONES.

El manejo de técnicas que nos permitan desarrollar simuladores que pronostiquen un sistema dado, hace interesante que el estudiante tome en cuenta el potencial de las herramientas de programación, análisis matemático y métodos numéricos, que muchas veces no son tomados con la visión adecuada. Esto nos lleva generar nuestras propias herramientas de validación ante simuladores de alto costo y demasiado lentos.

Los simuladores que usan técnicas como la pequeña señal modificada y que se requiere el conocimiento básico de la técnica promediada de espacio-estado, permiten tener información gráfica con muy buena calidad y rapidez, siempre que cumpla con la estabilidad global.

REFERENCIAS

1. R.W.Erickson, S.Cuk and R.D.Middlebrook, "Large signal modelling and analysis of switching regulators", PESC-1982, PP.540-550.
2. J.Arau, Q.Jiménez, J.Uceda, J.Sebastian, "Improving large signal analysis in DC/DC converters with a modified small signal model", PESC-92, pp.514-518.
3. J.Arau, "Análisis del campo de aplicación de los modelos de pequeña y gran señal en los convertidores continua-continua sometidos a cargas pulsante", Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, España, 1991.
4. Quirino Jiménez D., Jaime Arau R., "Análisis del convertidor DC/DC elevador del tipo PWM con un modelo de pequeña señal modificada"ELECTRO-96, pp. 306-311.

DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN MÓDULO GENERADOR DE MOVIMIENTOS OSCILATORIOS

William Jesús Martín Ramírez, Víctor Hugo LópezChávez, Silvio José Villajuana Cervantes, Hugo Joel Carrillo Escalante, José Ramón Atoche Enseñat, Martha Cobos Díaz

Instituto Tecnológico De Mérida

wjmartinramirez@hotmail.com, vh_lopez0306@hotmail.com, svillajuana@yahoo.com.mx,
hcarrillo@gmail.com, jratoche@gmail.com

Resumen

El siguiente documento tiene como objetivo describir de manera breve y concisa, el funcionamiento del diseño propuesto de un modulo generador de movimientos oscilatorios, el cual tiene la finalidad de representar los movimientos y las condiciones de oscilación existentes en las embarcaciones de flota menor debido a sus elementos dinámicos y a las corrientes marinas.

Abstract

The following document is to describe briefly and concisely, the functioning of the proposed design of a module generator of oscillatory movement, which aims to represent the movement and oscillation conditions existing on fleet vessels less because of their dynamic elements and currents.

1.- INTRODUCCION

El presente documento, expone como objetivo principal, el estudio realizado; para el diseño y manufactura de un modulo generador de movimientos oscilatorios, el cual tiene como función simular los movimientos oscilatorios que sufren los componentes electrónicos resguardados en un gabinete instalado en una embarcación de flota menor. Por esta razón el diseño y construcción de dicho modulo, repercute de manera significativa en los parámetros de diseño del gabinete a implementar.

1.1.- Planteamiento del problema

Para el logro de nuestros objetivos y metas, era necesario representar los movimientos oscilatorios, a los cuales esta sujeto el gabinete a diseñar, en el entorno marino.

1.2.- Justificación

El motivo por el cual se decidió diseñar y construir este modulo, es debido a que como parte fundamental en el desarrollo del proyecto llamado: **“Desarrollo de Infraestructura Tecnológica de Sistemas de Adquisición y Comunicación de Información Geoespacial para el Sector Pesquero de México”**, en el cual se tiene como objetivo el diseño y construcción de un gabinete que alojara componentes electrónicos, que servirán para el monitoreo continuo de la ubicación de embarcaciones de flota menor; se necesitaba contar con un modulo generador de movimientos oscilatorios que permita representar las condiciones de oscilación que se generan en una embarcación de flotamenor, debido a sus elementos dinámicos y a las corrientes marinas.

Con la construcción del modulo, se pudo observar, obtener y cuantificar los parámetros de comportamiento de los movimientos oscilatorios que son transmitidos a los componentes electrónicos alojados en el gabinete instalado en la embarcación.

1.3.- Objetivo General

Diseñar y manufacturar un modulo que permita simular los movimientos oscilatorios generados en las embarcaciones de flota menor debido a sus elementos dinámicos y a las corrientes marinas.

1.4.- Metasalcanzadas

1. Estudio de las características de la oscilación generada en una embarcación de flota menor, realizando medición de los parámetros de oscilación, (amplitud, periodo, frecuencia, aceleración, desplazamiento, velocidad, etc.) ocasionados por las corrientes marinas. Esto con el fin de establecer un intervalo de frecuencia de oscilación, con el cual se trabajara los parámetros de operación de la misma.
2. Estudio de los diversos tipos de aislamiento/amortiguamiento de vibraciones mecánicas aplicables a nuestro prototipo.
3. Elaboración del diseño conceptual del prototipo.
4. Estudio y selección de los mecanismos a utilizar para la construcción del dispositivo.
5. Selección de materiales, componentes electro-mecánicos y electrónicos para la manufactura del dispositivo de simulación de movimientos oscilatorios.
6. Manufactura del dispositivo de simulación de movimientos oscilatorios.
7. Elaboración de pruebas de operación.

2.- ANTECEDENTES

2.1.- Movimiento vibratorio o vibración

Es la variación o cambio de configuración de un sistema en relación al tiempo, en torno a una posición de equilibrio estable, su característica fundamental es que es periódico, siendo frecuente el movimiento armónico simple, por lo que este movimiento adquiere una singular importancia en los estudios vibratorios [5].

Los sistemas mecánicos, y electrónicos al ser sometidos a la acción de fuerzas variables con el tiempo, principalmente periódicas, responden variando sus estados de equilibrio y, como consecuencia, presentan cambios de configuración que perturban su normal funcionamiento, presentan molestias al personal que los maneja y acortan la vida útil de los componentes electrónicos y de los mecanismos.

Todos los elementos que contienen materia en el espacio, poseen una característica conocida como frecuencia natural de vibración, la cual tiene un valor determinado, el cual si se llega dar el caso que se aplique una fuerza externa de vibración al sistema, la cual posea una frecuencia de excitación igual a la frecuencia natural del mismo, se presenta el fenómeno conocido como resonancia, el cual genera un daño irreparable al sistema, y es por esta razón por la cual es necesario, aislar de la vibración todos los elementos del gabinete.

Cuando la frecuencia de la fuerza exterior es igual a la frecuencia natural del sistema ($W = W_n$), es decir, cuando $\Delta\omega = 0$, se produce la resonancia, la ecuación que rige dicho fenómeno es:

$$X = \frac{F_0 \omega}{2K} t \operatorname{sen} \omega_n t \quad \text{--- (1)}$$

Expresión que corresponde a un movimiento armónico de frecuencia ω_n y cuya amplitud tiende a infinito cuando $t \rightarrow \infty$

Tras haber mencionado lo anterior, se puede observar que el aislamiento de la vibración transmitida a los componentes electrónicos que serán resguardados en el gabinete, es un factor fundamental para asegurar el funcionamiento adecuado y conservación de la vida útil de los mismos.

Supongamos el sistema de la figura, formado por una masa principal m elástico de constante k y un dispositivo amortiguador de constante c .

Notación:

K: constante de rigidez elástica

m: masa principal

C: coeficiente de amortiguación

F: resultante de las fuerzas exteriores

l₀: longitud inicial del resorte

x_{est}: deformación en equilibrio estático

x: desplazamiento

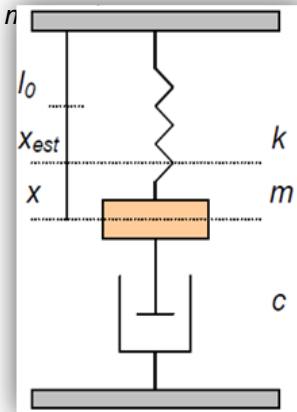


Figura 1: Diagrama de un sistema amortiguado.

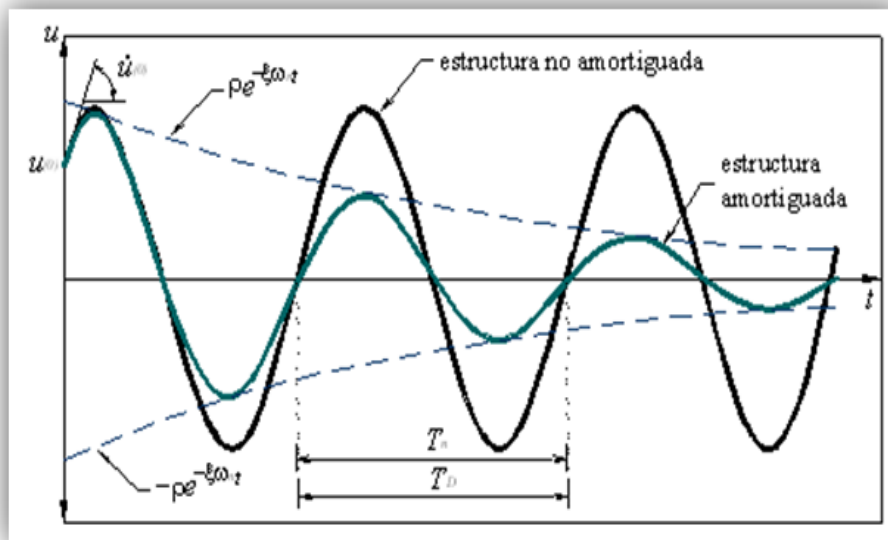


Figura 2: Visualización del comportamiento de un sistema amortiguado.

Como podemos observar, cuando un sistema se encuentra amortiguado, ayuda de manera significativa a reducir la transmisión de vibración al sistema disminuyendo las amplitudes de vibración generadas debido a las fuerzas excitatorias. La ecuación del equilibrio dinámico permite establecer la ecuación diferencial del movimiento [3]

$$mx'' + cx' + kx = F \quad \text{---- (2)}$$

Siendo F la fuerza aplicada directamente al sistema, $-mx''$ la fuerza de inercia, $-cx'$ la fuerza amortiguadora y $-kx$ la fuerza elástica, con las condiciones $m > 0$, $c > 0$ y $k > 0$.

Teniendo en cuenta que la fuerza es de tipo periódico, $F = F_0 \sin \omega t$. La ecuación característica correspondiente a la ecuación diferencial homogénea es: $m r^2 + cr + k = 0$.

Se sabe que el amortiguamiento a manejar es amortiguamiento inferior al crítico para que resulte una vibración, la solución general se obtiene añadiendo a la solución de la ecuación diferencial de la homogénea una solución particular de la completa ($X = X_h + X_p$), resultando

$$X = ae^{-\frac{c}{2m}t} \sin(\omega'_n t + \varphi) + A \sin(\omega t - \theta) \quad \text{----- (3)}$$

La solución de esta ecuación consta de dos partes, una solución transitoria, en la que el primer término (x_h), al cabo de un tiempo generalmente breve, se reduce a un valor despreciable, y la solución estacionaria (x_p), en la que el sistema oscila con frecuencia ω , amplitud A constante y desfase θ cuyas expresiones son:

$$\text{Tg } \theta = \frac{c\omega}{k - m\omega^2} \quad \text{---- (4)}$$

$$A = \frac{\frac{F_0}{m\omega_n^2}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left(2 \left[\frac{c\omega}{c_{cr}\omega_n}\right]\right)^2}} \quad \text{----- (5)}$$

Otro factor muy importante a tomaren cuenta; es la transmisibilidad de las vibraciones que se manejaran. Se denomina **coeficiente de transmisibilidad** a la relación entre las amplitudes máximas de la fuerza aplicada y transmitida, cuya expresión en forma adimensional es:

$$\tau = \frac{\sqrt{1 + \left(2 \frac{c}{c_{cr}} \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(2 \frac{c}{c_{cr}} \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}} \quad \text{---- (6)}$$

Es conveniente que el coeficiente de transmisibilidad sea bajo, preferiblemente menor que la unidad, por lo que

$$\tau < 1 \rightarrow \frac{\omega}{\omega_n} = \sqrt{2} \quad \text{----- (7)}$$

3.- PROPUESTA DE SOLUCIÓN

A continuación se presenta el diseño conceptual propuesto del modulo de simulación a manufacturar, satisfaciendo el mismo con los requerimientos para cumplir con nuestro objetivo.

Dicho equipo se encuentra compuesto por dos elementos:

El primero se trata del dispositivo mecánico, el cual se encuentra conformado por una bancada en la cual se encuentran fijados tres motores eléctricos trifásicos de 220/440 Volts de $\frac{3}{4}$ HP (marca Siemens), los cuales se tienen la función de producir energía cinética (en forma de movimiento de rotación), misma que es transformada y transmitida en movimiento de vibración (a través de diversos elementos mecánicos como son: levas, rodamientos, rotulas, bielas, y juntas universales) hacia una plataforma, en la cual se sujetara el gabinete en cuestión con todos sus componentes electrónicos, para realizar pruebas de funcionamiento del mismo en condiciones extremas de vibración.

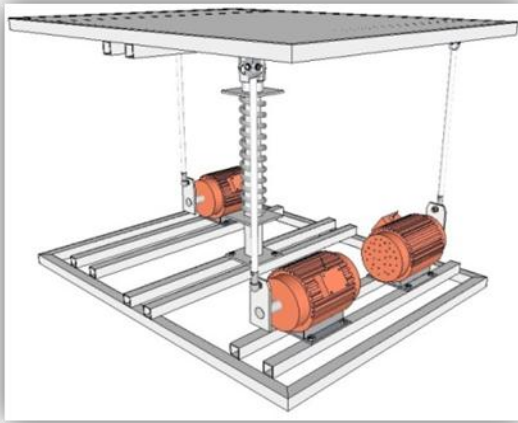


Figura 3a: Dispositivo mecánico

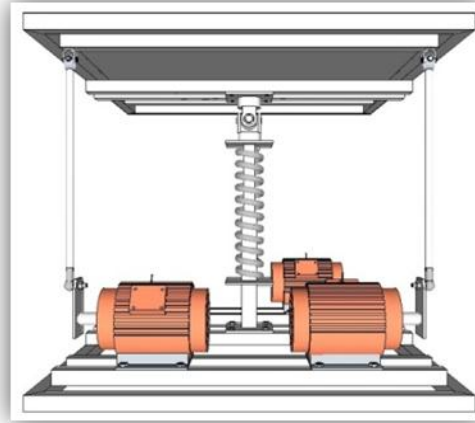


Figura 3b: Dispositivo mecánico

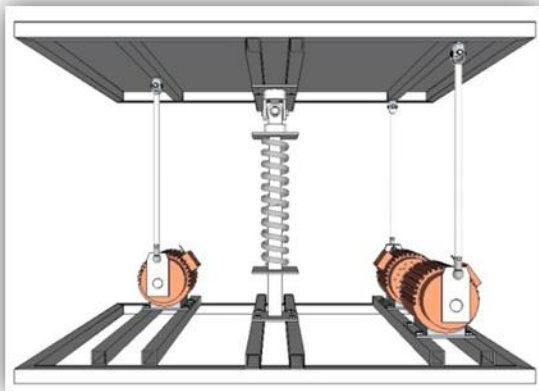


Figura 3c: Dispositivo mecánico



Figura 3d: Dispositivo mecánico

El segundo elemento es un gabinete de control, en el cual se encuentran todos los elementos necesarios para poder controlar los diferentes movimientos o ciclos que se deseen simular en el dispositivo. Dicho gabinete consta de 3 variadores de frecuencia ATV-12 de 220/240 volts de 1 HP

de la marca Schneider Electric (uno por cada motor), a través de los cuales se puede controlar en forma independiente de manera manual o remota la velocidad y el sentido de giro de cada uno de los motores eléctricos, también consta de un relevador inteligente ZelioLogic, el cual cumple una función similar a la de un controlador lógico programable, alojando los programas que le fueran guardados para poder representar los ciclos deseados.

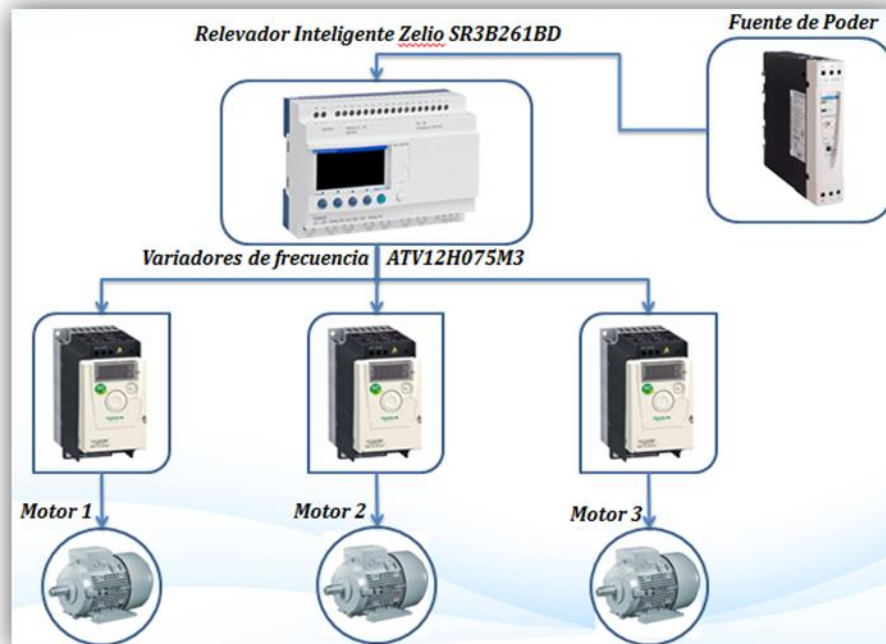


Figura 3e: Dispositivo de control.

3.1.- Desarrollo del prototipo

3.1.1.- Selección de material para marco estructural

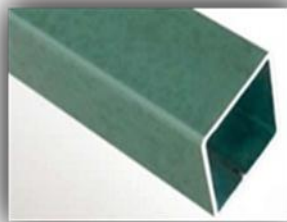


Figura 4: Perfil Tubular Rectangular

Para la manufactura del armazón (estructura que se construye de barras) [4] de nuestro dispositivo, tras haber investigado los materiales y perfiles existentes en el mercado, se seleccionó; el uso de perfil tubular rectangular PTR de 1" x 1" calibre 16, debido a que este es un perfil manufacturado con material de acero grado ASTM A500 Grado B (UNS K03000), [2] cuyas características se muestran, a continuación:

UNS K03000 (Unified Numbering System for Metals and Alloys)

Propiedades Físicas	Métrico	Ingles
Densidad	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³
Propiedades Mecánicas	Métrico	Ingles
Resistencia ultima a la tensión	400MPa	58000 psi
Resistencia a la tracción	315MPa	45700 psi
Alargamiento a la fractura	23.0 %	23.0 %
Módulo de elasticidad	140GPa	20300ksi
Resistencia al cortante	80.0GPa	11600ksi
Composición	Métrico	Ingles
Carbono, C	<= 0.30 %	<= 0.30 %
Cobre, Cu	<= 0.18 %	<= 0.18 %
Fierro, Fe	99.0 %	99.0 %
Fosforo, P	<= 0.050 %	<= 0.050 %
Azufre, S	<= 0.0630 %	<= 0.0630 %

TABLA I: Principales características del perfil tubular rectangular PTR.

Este perfil es muy común en el mercado y cumple con las características necesarias para nuestro objetivo.

3.1.2.- Selección de motores eléctricos

Para la selección de los motores a utilizar en nuestro dispositivo se procedió a realizar un investigación de los motores existentes en el mercado que cumplieran con nuestros requerimientos, obteniendo como resultado la implementación de 3 motores trifásicos de 4 polos, de 220 volts, de jaula de ardilla de ¼ Hp, de potencia con una velocidad de giro de 1800 rpm, de la marca Siemens.



Figura 5: Motores eléctricos implementados

3.1.3.- Diseño del resorte a implementar

Para la elaboración del resorte que se implementó en nuestro dispositivo de simulación fue necesario realizar el diseño mecánico del mismo tomando en cuenta los diversos parámetros que son necesarios a considerar, con el fin lograr cumplir con nuestro objetivo; los mismos se muestran a continuación en la siguiente figura:

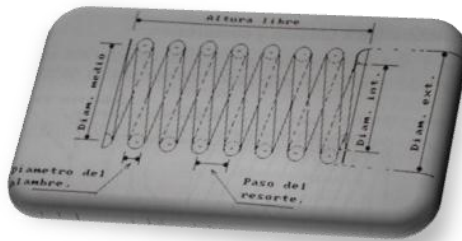


Figura 6: Parámetros a considerar para el diseño de un resorte.

Cabe mencionar que el resorte que se usó para nuestro diseño, es un resorte de compresión helicoidal, con extremos simples y aplanados. Todas las formulas implementadas, para el diseño del resorte, fueron tomadas del libro: "Introducción al diseño de elementos de máquinas" 1ª. Ed. (2005), Ing. Mauro Alberto Chale Pech. M.C. [1]

Tras haber realizado los cálculos de diseño mecánico necesarios para determinar las dimensiones y seleccionar el material adecuado para la manufactura de dicho elemento, se obtuvieron los siguientes resultados:

Deformación	210
Numero de vueltas activas (Na)	16
Numero de vueltas totales (Nt)	17
constante del resorte (K)	0.467 N/mm
diámetro de alambre requerido (d)	7/32"
Índice de resorte ©	9.14
Esfuerzo cortante máximo	85.6 Mpa
Resist. Ultima de material seleccionado(Su)t	1700Mpa
Modulo Young de material Seleccionado	207Mpa
Factor de seguridad obtenido	1.32

TABLA II: Parámetros obtenidos de diseño de resorte manufacturado

Posteriormente, se procedió a manufacturar el resorte en un taller especializado de maquila de resortes, con los parámetros obtenidos.

3.1.4.- Manufactura y ensamble de prototipo

Lista de material y equipo técnico a utilizar:

- Barras PTR de 1" X 1"
- BARRAS PTR de 1 ½"
- Barras PTR de 1 ¼"
- Rotula 5/16 K-124-120
- Eje de acero 3/8"
- Soldadura 6013 1/8"
- Hoja negra 1m. Ancho
- Yugo 7/8" redondo EY-121-EY-121
- Cruceta AMP-170

- Barra de 1"
- Solera ¼" x 3"
- Remaches 3/16"
- 3 Motores eléctricos horizontales de ¾ HP, 3 fases, 4 polos, 1800 rpm, 230/460 volts, armazón 143T, Marca SIEMENS, alta eficiencia.
- Twido compacto AC 9E DC 7C (relevador inteligente programable)
- Interruptor C-603P-6ª
- Variador de velocidad ATV12-0
- Zelio 261/024
- Fuente de alimentación OPTIMUM 100-240VC
- Relevador universal 3CO (cylind) L
- Tornillos máquina de ¼" x 1" (completos)
- Filos de segueta
- Brocas diversas
- Máquina de soldar (arco eléctrico)
- Taladro de banco
- Esmeril
- Reilete (Esmeril de mano)
- Cortadora de disco estacionaria

Posteriormente, se procedió a iniciar con la fabricación del prototipo, a continuación se muestran algunas imágenes de los diversos elementos del simulador que ya han sido fabricados



Figura 6: Resorte fabricado.



Figura 7: Corte con disco de barra de PTR.



Figura 8: Soldadura de marco estructural.



Figura 9: Detallado de perfiles del PTR



Figura 10: Maquinado (taladrado) de bases de resorte.



Figura 11: Posicionamiento de resorte.



Figura 12: Calibración de Longitud sólida del resorte.



Figura 13: Posicionamiento de yugo.



Figura 14: Instalación de cruceta en yugo.



Figura 15: Motores eléctricos instalados en simulador.



Figura 16: Ensamble de marco estructural para plataforma



Figura 17: Visualización de movimientos de la plataforma



Figura 18: Visualización del dispositivo mecánico terminado.



4.- ALC. Figura 19: Visualización del interior del gabinete de control



Figura 20: Visualización de interfaz de gabinete de control.

El alcance del presente proyecto, fue obtener un dispositivo que permita realizar pruebas en el gabinete diseñado, y de esta manera poder observar el comportamiento del mismo, y sus componentes expuestos en diferentes condiciones de vibración. De igual manera, este modulo sirvió para observar de manera más cercana el comportamiento de las movimientos oscilatorios, realizando medición de vibraciones, por medio de un vibro metro; así como también, poder observar los métodos de aislamiento que se pueden implementar para el aislamiento de las mismas.



Figura 21: Visualización de realización de pruebas



Figura 22: Visualización de realización de pruebas

De igual manera, este dispositivo podrá funcionar como material didáctico, para los alumnos que cursan la asignatura de vibraciones mecánicas en la carrera de Ingeniería Mecánica, en el Instituto Tecnológico de Mérida, para que de esta manera puedan asociar las teorías vistas, con aplicaciones reales.

5.- CONCLUSIONES

- Con el diseño y construcción de este dispositivo, se obtuvo los parámetros de aislamiento necesarios a tomar en cuenta para el diseño del gabinete.
- Se pudo realizar pruebas del funcionamiento de los componentes electrónicos.
- Se obtuvo como resultado la elaboración de una tesis de licenciatura.
- Se realizó la publicación de artículos científicos.

6.- REFERENCIAS

[1] Chale Pech Mauro Alberto, *Introducción al diseño de elementos de máquinas* (Ed. ITM, Mérida), 433, 2005.

[2] Beer Ferdinand P., Jhonston E. Russell Jr., *Mecánica de materiales* (Ed. Mgraw Hill, México), 738, 1993.

[3] Zill Dennis G., *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones*, (Grupo editorial Iberoamérica, México), 512, 1988.

[4] Boresi Arthur P., Schmidt Richard, *Estatica* (Ed. Thomson-Learning), 682, 2001.

[5] Fowler Redford, *Dinamica*, (Ed. Addison Wesley Iberoamericana, Mexico), 548, 1996.

INTERFACE PARA MANEJO DE 8 MOTORES A PASOS DE CUATRO FASES CON PIC 16F628A EN LAZO ABIERTO.

M.C. Eliut López Toledo.
Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo.
Libramiento Noreste Km 33.5.
Gral. Escobedo, N.L. México C. P 66050.
Tel. (81) 5000 – 4200, Ext. 4212
eliutl@hotmail.com

1 INTRODUCCIÓN.

Hoy en día algunos de los procesos de producción en la industria utilizan sistemas de impulsión eléctricos como los motores a pasos que son confiables, precisos y fáciles de manipular. Los motores a pasos proporcionan esas características siempre y cuando se tenga una frecuencia de operación y un torque adecuado para garantizar estos aspectos. La manipulación de estos motores se ha realizado mediante controladores lógicos programables, computadoras personales a través del puerto serial, el puerto paralelo y el puerto USB; así como también utilizando un micro controlador. Sin embargo, existen aplicaciones en las que no se requiere de un recurso tan grande como una PC, o un PLC para lograr manipular algún proceso en el que se cuente con uno, dos o hasta ocho motores a pasos, o bien hasta treinta y dos dispositivos a manipular.

Comercialmente existen interfaces que se utilizan para enviar datos de manera digital pero el costo es elevado y requieren de un software específico para realizar esta actividad lo que incrementa más el precio de estos sistemas y si a esto se le añade que se requiere la implementación de varios procesos similares, esto llega a ser muy costoso para su implementación.

El presente trabajo integra una interface de componentes electrónicos digitales y análogos; y un programa que permiten manejar eficientemente hasta 8 motores a pasos de cuatro fases cada uno o hasta treinta y dos dispositivos que requieren de una sola señal para operar; sin embargo en esta ocasión nos centraremos en el manejo de los 8 motores a pasos.

2 ASPECTOS DEL DISEÑO DEL CONTROL.

Se inicia el proceso mediante la construcción de la interface electrónica que cuenta con una sección digital que incluye el PIC 16F628A, una sección de opto acoplamiento y una de potencia como se puede ver en las figuras 1.1, 1.2 y 1.3 respectivamente. Esta interface es primeramente operada mediante el envío de datos sin incluir el PIC, es decir de manera no automática.

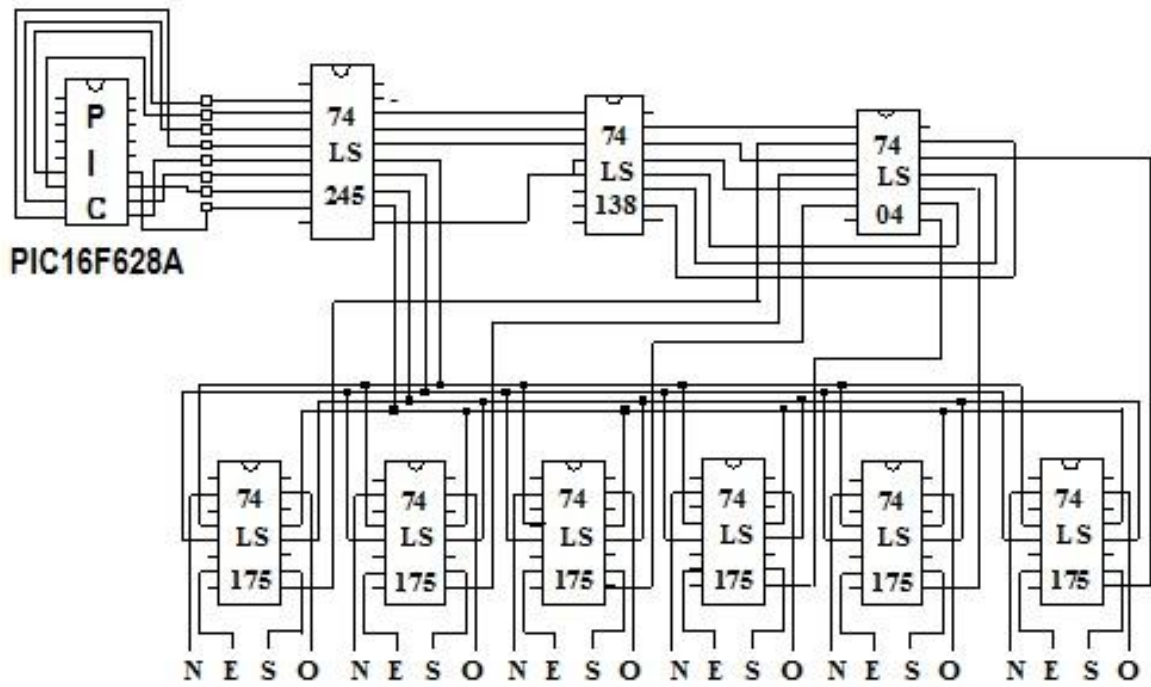


Fig. 1.1 Sección digital de la interface.

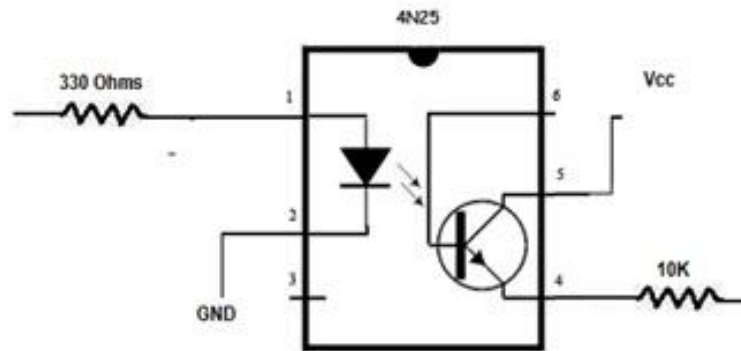


Fig. 1.2 Opto acoplamiento

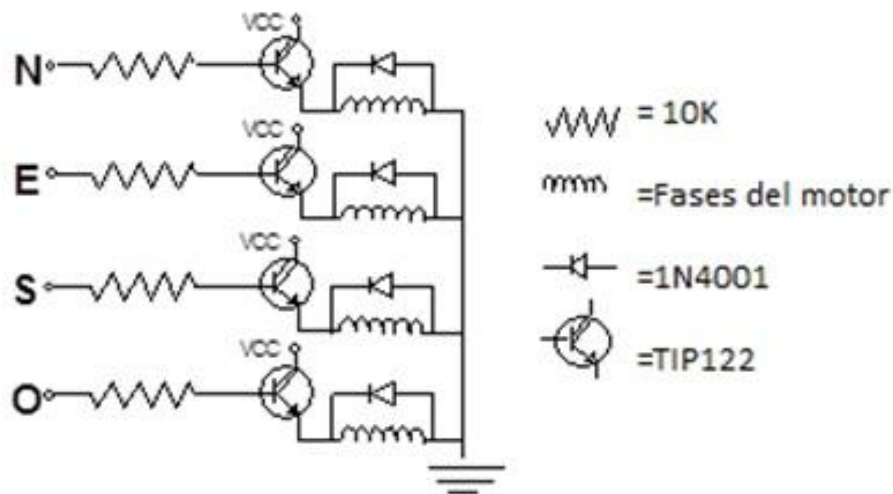


Fig. 1.3 Sección de potencia.

Se elige utilizar el Micro controlador PIC16F628A dado que este utiliza un procesador con arquitectura Harvard, consiguiendo mayor rendimiento en el procesamiento de las instrucciones ya que opera dos bloques de memorias independientes, una que contiene instrucciones y la otra sólo datos, cada una con su respectivo sistema de buses de acceso, 8 líneas para los datos y 14 líneas para las instrucciones, con lo que es posible realizar operaciones de acceso lectura o escritura simultáneamente en las 2 memorias (paralelismo).

Mediante el uso del software MicroCode Studio Plus que permite una programación simplificada en Basic, se establece el código para programar el micro controlador donde se manipulan ocho motores a pasos.

Algunos de los comandos utilizados para este programa son los que se describen a continuación.

DEFINE osc 4 (definiendo un oscilador interno RC para el microcontrolador de 4 Mhz. para cuestión de simulación, ya que en la implementación si se requiere precisión como es el caso de los motores a pasos es necesario utilizar un cristal oscilador externo de 4 MHz.).

Trisb= %00000000 (en este caso se utilizan todos los pines del puerto B de este PIC como salida).

portb=%00000000 (deshabilitamos todas las salidas del puerto utilizado).

PAUSE 5 (y se establece una pausa de 5 milisegundos).

habilitar VAR portb.7 (Utilizamos una variable para el pin 7 del puerto B el cual nos servirá para habilitar el flip flop correspondiente a cada motor).

Se establece un punto de inicio en cada uno de los ocho motores a pasos, que para este caso presentamos al que corresponde al motor 1. Que para otros motores estaríamos cambiando los tres últimos bits de los ocho que se manipulan, es decir para el motor 1, sería 10101001, para el motor 2 10101010, etc.

Portb=%10101000

PAUSE 10

LOW habilitar

PAUSE 2.

Este llamado punto de inicio, es considerado para establecer un inicio a los motores energizando un par de sus fases, que se da en los primeros cuatro bits de los 8 que se tratan, esto es 1010.

Debido a que cuando se programa el PIC, se requiere saber los pasos necesarios a dar por cada motor. Para este caso se establecieron dos revoluciones para cada motor, los primeros cuatro de ellos en el sentido horario y los restantes en el sentido anti horario.

Mediante el uso de etiquetas para cada uno de los motores denominadas Morot1, Motor2, Motor3, Motor4, Motor5, Motor6, Motor7 y Motor8, primeramente se definieron estas como variables de tipo

Byte de la siguiente manera: Motor1 VAR BYTE, Motor2 VAR BYTE, Motor3 VAR BYTE, Motor4 VAR BYTE, Motor5 VAR BYTE, Motor6 VAR BYTE, Motor7 VAR BYTE y Motor8 VAR BYTE.

Los motores utilizados para este proyecto son de 1.8°/paso, por tanto para poder dar una revolución, es necesario que se le envíen 200 pasos. La secuencia de pasos utilizada es la que se muestra en la tabla I.

Paso	N	E	S	O
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

Tabla I. Secuencia de bits para un motor de cuatro fases.

Considerando estos bits como un grupo de cuatro pasos, se envía un paquete de 50 repeticiones mediante la función FOR.

Para el giro de los motores en el sentido horario y que este avance una revolución, se presenta el siguiente código que es utilizado para los motores 1, 2, 3 y 4:

```
FOR motor1=1 TO 50
Portb=%10011000
PAUSE 100
LOW habilitor
PAUSE 100
Portb=%10110000
PAUSE 100
LOW habilitor
PAUSE 100
Portb=%11100000
PAUSE 100
LOW habilitor
PAUSE 100
Portb=%11001000
PAUSE 100
LOW habilitor
PAUSE 100
NEXT
```

Cuando se envían los datos a los motores en sentido anti horario para una revolución que son los motores 5, 6, 7 y 8, se utiliza el siguiente código:

```
FOR motor5=1 TO 50
Portb=%11100100
PAUSE 100
LOW habilitor
PAUSE 100
Portb=%10110110
PAUSE 100
LOW habilitor
PAUSE 100
Portb=%10011100
PAUSE 100
LOW habilitor
PAUSE 100
Portb=%11001100
PAUSE 100
LOW habilitor
```

PAUSE 100
NEXT

El sistema mediante el PIC una vez programado este, utiliza los pines del puerto B del microcontrolador como salida de la información que se envía en un paquete de 8 bits a un buffer (74LS245) utilizado como protección para el microcontrolador, posteriormente esta información es dividida en tres secciones

donde la primera de ellas conformada por los datos del 0 al 2 [d0 d1 d2] es utilizada para seleccionar el motor a manipular pudiendo ser del primero al último para lo cual se utiliza el circuito integrado 74LS138 información que es enviada a un inversor 74LS04, la otra sección constituida por los datos del 3 al 6 [d3 d4 d5 d6] conducen la secuencia de pasos dados por la tabla I que son enviados al C.I. cuad D flip flop 74LS175 del motor seleccionado, y finalmente se tiene el bit habilitador [d7] que se encarga de activar al flip flop seleccionado para que a su vez la señal llegue a los optoacopladores.

Una vez que los optoacopladores sean habilitados, estos activan la sección de potencia que está conformada por transistores tipo Darlington y un diodo de rodada libre para protección de las fases en los motores por posible fuerza contra electromotriz que se pudiese llegar a generar.

Cabe mencionar que la programación se establece en base a las necesidades que se tenga en algún proceso a automatizar y una vez contando con esta información se programa el microcontrolador que será repetitiva y con precisión en la ejecución de sus tareas.

Para corroborar el funcionamiento de la interface, se utilizó el software proteus 7 profesional donde en la simulación se establecen LED's para la comprensión del tráfico de la información y verificación de los datos manipulados. A continuación se muestran imágenes de este circuito seccionado.

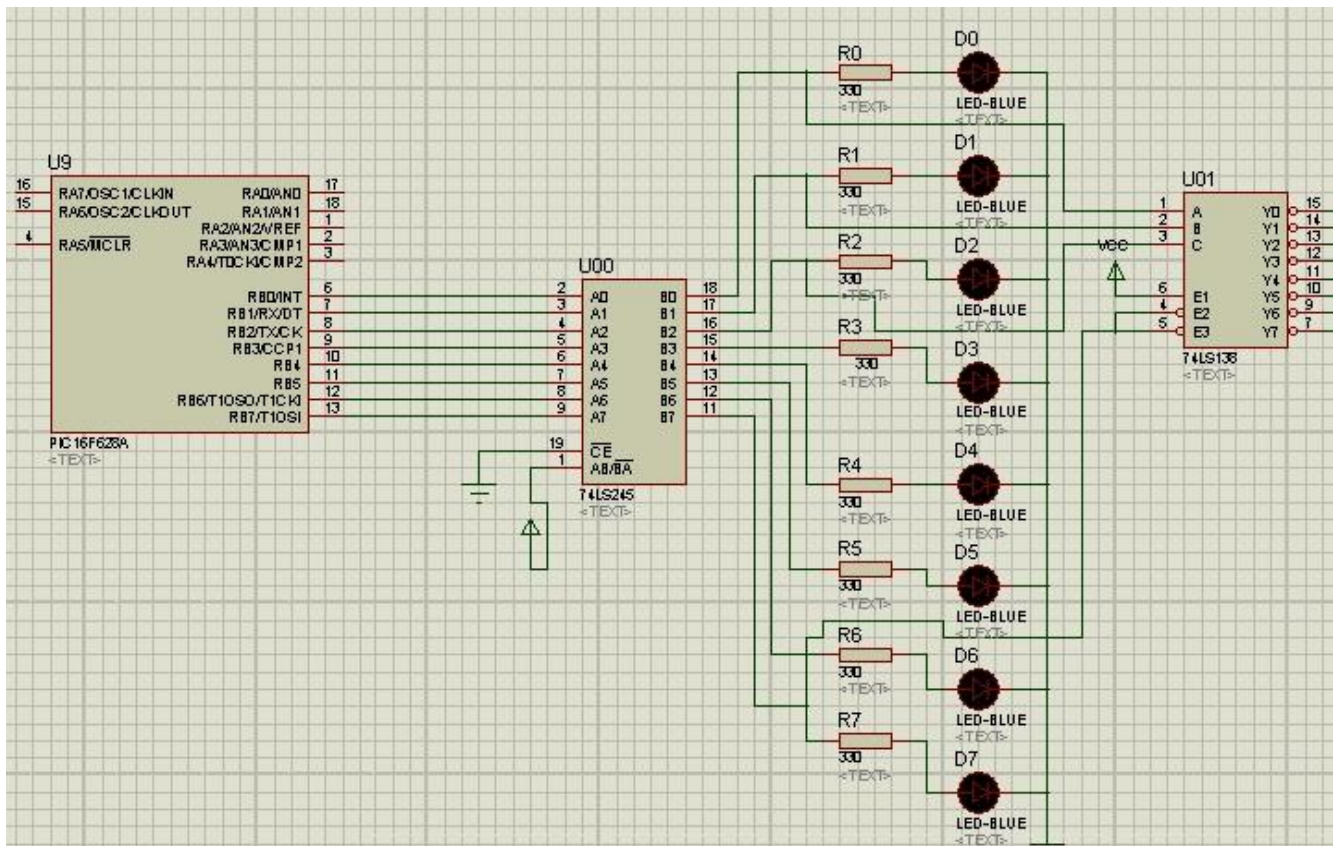


Fig. 1.4. Pic 16F628A, Buffer y demultiplexor.

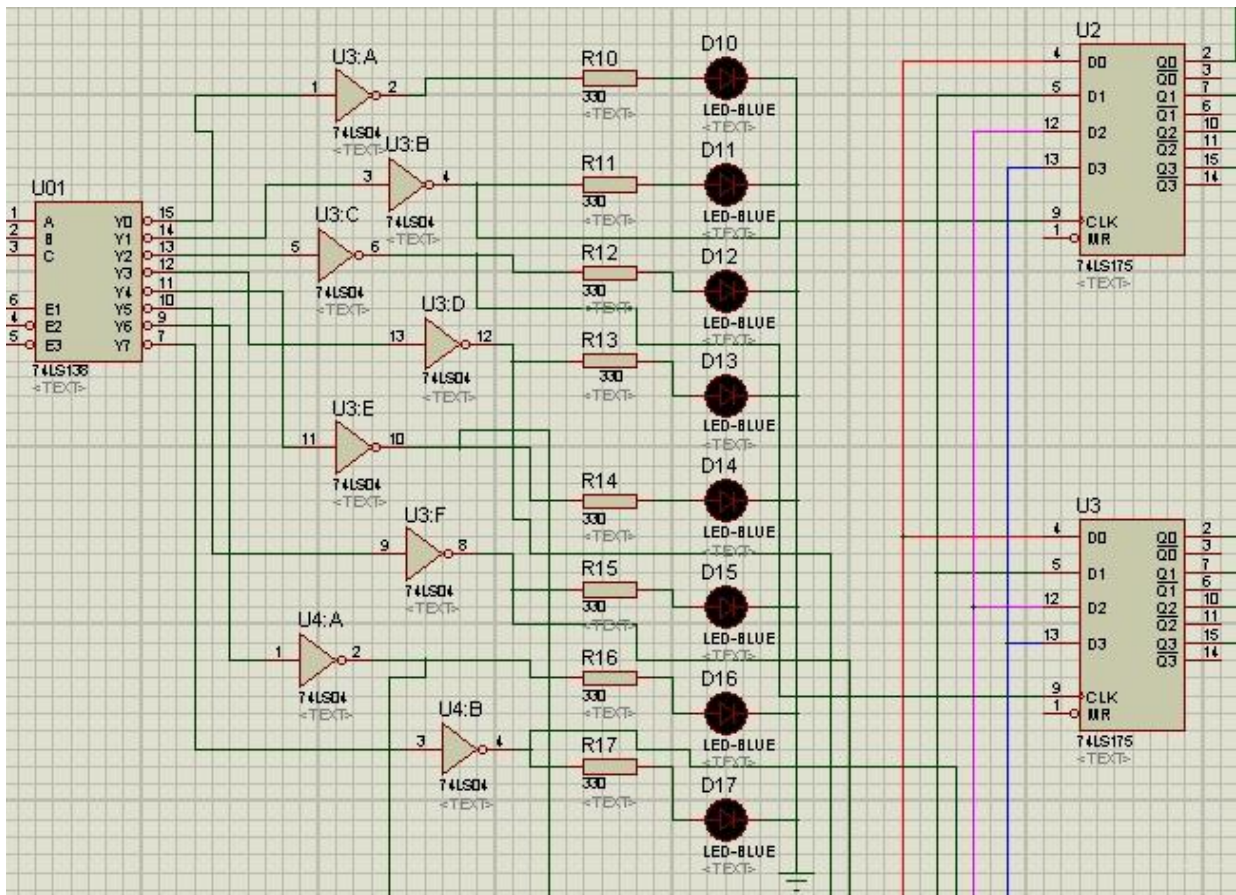


Fig. 1.5. Demultiplexor, inversor y Quad D flip flop.

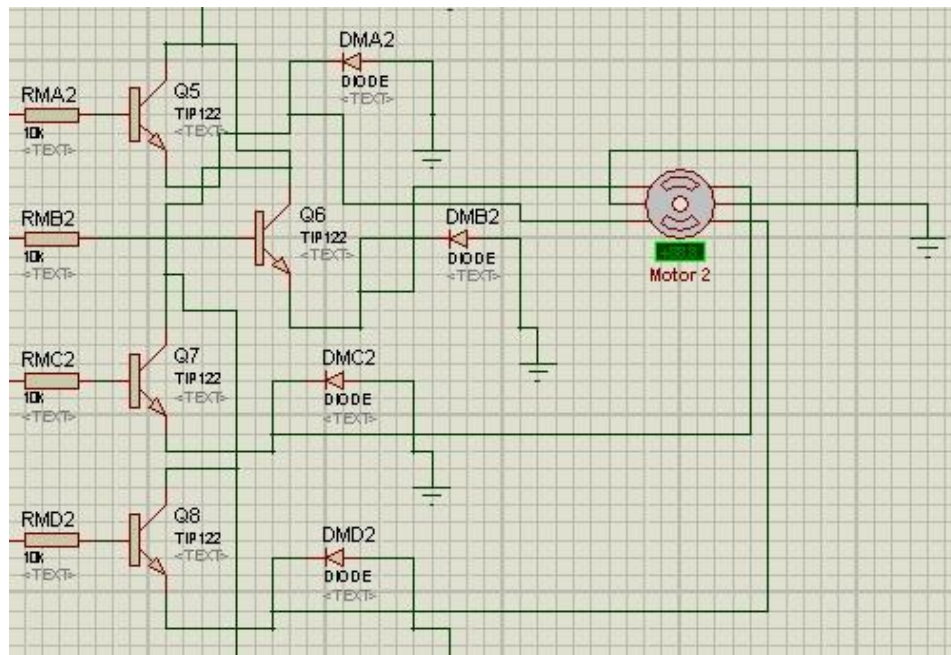


Fig. 1.6. Sección de potencia.

3. REFERENCIAS.

1. Carlos A. Reyes, *Microcontroladores PIC 16F62X programación en basic*, (Edit. Rispergraf, quito), 211, (2003).
2. Enrique Palacios, *Microcontrolador PIC16f84 desarrollo de proyectos*, (Edit. Alfaomega, Madrid), 264, (2005).
3. José L. Martín González, *Problemas resueltos de ELECTRÓNICA*, (Edit. Delta publicaciones, Madrid), 386, (2006).
4. Paul Acarnley, *Stepping Motors a guide to theory and practice 4th edition*, (Edit. The Institution of Engineering and Technology, Cornwall), 159, (2007).

“MODELADO FÍSICO Y LÓGICO DE UN DISPOSITIVO MÓVIL DE DATOS PARA MEDIR LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN MICRO CUENCAS”

Eddy Arquímedes García Alcocer ⁽¹⁾, Miguel Humberto Moreno Carrillo ⁽²⁾, Arquímedes de Dios Domínguez García ⁽³⁾, Carlos Alberto Martínez Quiroz ⁽⁴⁾
^(1,2,3,4)Universidad Politécnica del Golfo de México, Ingeniería en Seguridad y Automatización Industrial

Carretera Malpaso-El Bellote km 171, Monte Adentro, Paraíso, Tabasco, México

⁽¹⁾ Celular: 933 101 0338 e-mail: eddy_aga@upgm.edu.mx

⁽²⁾ e-mail: mhmoreno@upgm.edu.mx, ⁽³⁾ e-mail: arquidedios@hotmail.com,

⁽⁴⁾ e-mail: carlos_quiroz@hotmail.com

RESUMEN

Las tendencias económicas han determinado que son las tecnologías de la información y el uso de dispositivos móviles, los sectores que marcarán diferencia entre las empresas que han visualizado el aprovechamiento de las nuevas tecnologías. El panorama que nos depara en la década actual. Actualmente en la Región Sur-Sureste de México ha venido cobrando importancia el Monitoreo regional de indicadores geosistémicos a nivel de las micro cuencas para determinar la variabilidad y cambio climático. De allí surge la necesidad de la medición de las variables ambientales, las cuales tienen como marco referencial las condiciones meteorológicas. Con el modelado físico y lógico para el desarrollo de un dispositivo móvil y una aplicación para la medición de las condiciones meteorológicas en tiempo real, utilizando una plataforma tecnológica Estándar, permitirá construir un prototipo de hardware que trabaje a partir de la aplicación de un software orientado al control de sensores digitales. Los sensores analógicos así como el desarrollo del dispositivo electrónico que permitirá la transferencia de datos al equipo móvil, estableciendo como mejora la captura y procesamiento de información en dispositivos móviles con software para el tratamiento de datos mejorados.

ABSTRACT:

Economic trends have determined that the technologies of information and the use of mobile devices, sectors marked difference between companies that have viewed the use of new technologies. the panoramic expected in this decade. Currently in the South-Southeast region of Mexico has been gaining importance Indicators Regional Monitoring geosystemic to the micro level watershed to determine the variability and climate change. Hence arises the necessity of measuring environmental variables, which have as a reference the weather. With the logical and physical modeling for the development of a wireless device and an application to the measurement of real-time weather conditions, using a standard technology platform, will build a working prototype hardware from the application of a software-oriented the control of digital sensors. Analog sensors and the development of electronic device that allows data transfer to the mobile device, establishing as capture and improves information processing in mobile devices with software for improved data processing.

Keywords: Development, Automation, Meteorologic Variables.

1. INTRODUCCIÓN

El mercado de las telecomunicaciones está experimentando cambios trascendentales en los últimos tiempos. Estos cambios están propiciados por diversos factores, unos provocados por la

liberalización, otros por la rápida evolución tecnológica, o bien por las variaciones en el estilo de vida de los profesionales o los particulares.

En este contexto, la propuesta tiene como propósito desarrollar un dispositivo móvil de datos mejorados que utilice sensores como una herramienta indispensable para la adquisición remota de parámetros físicos, tales como: temperatura, humedad relativa del aire, velocidad y dirección del viento.

El desarrollo del proyecto se sustentará en el manejo del hardware y software de dispositivos móviles mejorados, así como el uso de lenguajes de programación especializados como LabView de National Instruments y la interfaz de Arduino.

El Grupo Trento desarrollará los programas y aplicaciones que operarán el conjunto de sensores, convertidor analógico-digital e información procesada por la plataforma de desarrollo del LabView y la interfaz de Arduino donde estarán conectados los sensores y los dispositivos del GPS shield y el Wifly shield.

Las principales ventajas son las siguientes: aumenta la posibilidad de obtención de resultados positivos y de mayor impacto con las acciones dirigidas al desarrollo integral de la población que las habita, facilita la visión de los habitantes de manera individual y como colectividad, para las interacciones existentes entre la producción y los recursos utilizados para lograr la misma. Permite realizar un manejo integral y facilitar la interacción entre diferentes componentes e instituciones que prestan servicios o tienen injerencia en los trabajos que se realizan en las microcuencas, facilita y permite optimizar el uso de los recursos naturales, financieros, humanos, tecnológicos y materiales en el trabajo de asistencia técnica, investigación, fomento y desarrollo. Constituye un ámbito de planeación y ejecución de acciones complementarias y sinérgico con la unidad de producción y la comunidad, en ninguna situación ellos son excluyentes.

La principal característica de un dispositivo móvil es su gran capacidad de comunicación, la cual permite tener acceso a información y servicios independientemente del lugar y el momento en el que nos encontremos. Para los dispositivos móviles se tienen dos alternativas:

1. crear un sitio Web o
2. desarrollar aplicaciones para el mismo.

Desarrollar un sitio web para dispositivos móviles, con acceso a un sistema donde el usuario puede ingresar al él desde cualquier punto y en cualquier momento usando internet. Desarrollar aplicaciones directamente para el celular o el Pocket PC requiere de infraestructura reducida o mínima, ya que la información, cambios y demás, pueden ser guardados directamente en el dispositivo para ser sincronizados luego con el servidor de datos, o como segunda alternativa, al contar con una red interna, este dispositivo puede trabajar conectado a la misma, teniendo la posibilidad de realizar transacciones en línea y usando infraestructura ya implementada dentro de la empresa.

2. ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE

Una de las estrategias de enseñanza y aprendizaje centradas en el estudiante más adecuadas para el Desarrollo de Dispositivo Móvil para la Adquisición de Datos Meteorológicos, en las Instituciones Educativas Superiores, es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

“El proceso de enseñanza y aprendizaje en esta estrategia se fundamenta en la elaboración de un proyecto o programa de intervención profesional, permitiendo al alumno la adquisición de una metodología de trabajo sistematizada, y así establecer el camino a seguir para la elaboración del programa o proyecto [4]”.

El ABP fomenta en el estudiante el aprendizaje a partir de la experiencia, así como el autoaprendizaje y el pensamiento creativo. Permite integrar diversas asignaturas en un solo proyecto o prototipo central, en base a estructuras e instrucciones bien definidas.

A quienes facilitan los procesos, les permite hacer más entendible en el alumnado, diferentes fenómenos físicos (como son los del tipo causa y efecto), aplicar la observación, comprensión, pensamiento lógico y crítico, al igual que reforzar sus habilidades de tomas de decisión, para después hacer conclusiones, mediante la resolución de problemas, dándoles a los estudiantes las competencias necesarias de hoy en día, de un mundo inmerso en la tecnología y avances tecnológicos.

3. PERÍODO DE ELABORACION DEL PROYECTO

El proyecto tiene un periodo de elaboración de 10 meses, lo cual está constituido por cuatro fases:

La primera fase que es la de **inicio** del proyecto consta con un periodo de 1 mes para su realización y en esta fase se realizará una prueba conjunta de medición de las variables de estudio en un equipo de monitoreo de parámetros meteorológicos y se realizaran las entrevistas con el usuario para obtener un panorama más detallado de sus requerimientos.

La segunda fase que es la de la **elaboración** consta de un periodo de de 3 meses y durante esta fase se detallaran los requerimientos obtenidos en la fase de inicio y se definirá los aspectos más importantes a desarrollar, se determinará la arquitectura base y se trabajaran con los equipos de cómputo, sensores de alta precisión, tablillas Mac, GPS, paneles solares y accesorios para la realización de la integración tecnológica.

La tercera fase que es la de **construcción** consta de un periodo de 4 meses, en esta fase se realiza la construcción del dispositivo móvil y el desarrollo de software, con revisiones para ir afinando el producto final los cuales se harán en un laboratorio de integración tecnológica.

La cuarta fase que es la de **transición** consta de un periodo de 1 mes y finalmente en esta etapa se realizara la implementación, y se proporcionará la capacitación a los usuarios involucrados.

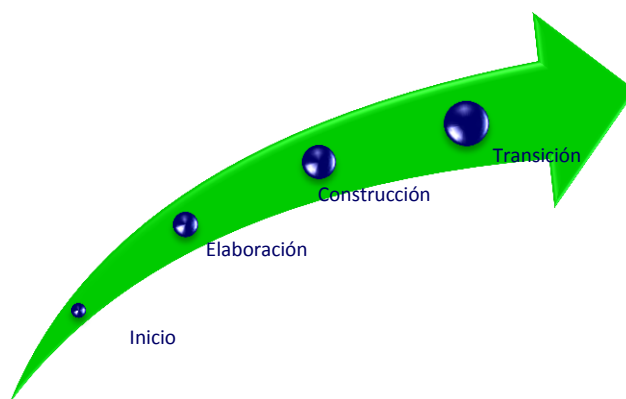


Figura 1. Fases de Elaboración

4. MATERIALES DEL PROYECTO

Para la elaboración de este proyecto se trabajara con los siguientes materiales:

- Arduino Mega 2560
- Sensor de temperatura y humedad relativa del aire SHT15
- Anemómetro (medidor de lluvia, dirección y velocidad del viento)
- GPS shield con EM406
- Wifly Shield (conexión WiFi)
- Celdas solares
- Paneles Solares

4.1 ARDUINO MEGA 2560

El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega2560, en este se montaran todos los dispositivos como son el sensor de temperatura y humedad relativa del aire, el anemómetro, GPS shield y el Wifly shield y la programación de estos. (Figura 1)



Figura 2. Arduino Mega 2560

4.2 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

El sensor de Humedad y Temperatura SHT15 de Sensirion cuenta con salida digital, es un complemento perfecto para su utilización en pequeños invernaderos o estaciones meteorológicas. El dispositivo se programara en el software de Arduino en el cual se genera el código para hacer la prueba de funcionamiento y luego se montara en el hardware de Arduino Mega 2560. (Figura 2)



Figura 3. Sensor De Temperatura y Humedad Relativa Del Aire

4.3 GPS SHIELD CON EM406

GPS shield con EM406 permite, el seguimiento y registro, el tiempo extremadamente precisa de mantenimiento, de navegación autónoma de cada una de los parámetros en el proyecto a desarrollar.

Este tipo de aplicaciones se basan en algo más que simples de latitud y longitud, la elevación, la hora, orientación, velocidad respecto al suelo, y la fuerza de la señal de los satélites.

Al igual que el sensor de temperatura este dispositivo se programa en el software de Arduino y se monta al Arduino Mega 2560. (Figura 3)



Figura 4 GPS Shield con EM406

4.4 WIFLY SHIELD (CONEXIÓN WIFI)

El Wifly Shield módulo de radio es un soporte completo solo dispositivo integrado de acceso LAN inalámbrico. El dispositivo tiene a bordo pila TCP / IP y aplicaciones que sólo requiere de 4 pines (POWER, TX, RX, GND) para el diseño.

Con este dispositivo se enviarán todos los datos de las variables meteorológicas como son la temperatura, humedad relativa del aire, dirección y velocidad del viento y la medición de la lluvia.



Figura 5. Wifly Shield

4.5 ANEMÓMETRO

El anemómetro es un dispositivo de medición meteorológica básica que incluye veleta y pluviómetro. además de accesorios de montaje y conexiones RJ11 de los sensores. El anemómetro utiliza un interruptor de láminas, de modo de detección de frecuencia simple se puede utilizar para medir la velocidad del viento. La veleta utiliza un potenciómetro para detectar la dirección del viento. El medidor de lluvia actúa como un interruptor que se cierra con incrementos medidos. Con este dispositivo se obtendrá las mediciones de algunas de las variables meteorológicas de las microcuencas.

La medición de la cantidad de lluvia se obtendrá del pluviómetro que es un tipo de auto-vaciamiento de balancín. Cada 0.011 " (0.2794 milímetros) de lluvia provoca un cierre de contacto momentáneo que puede ser registrado con un contador digital o entrada de

interrupción del microcontrolador. El interruptor del medidor está conectado a los dos conductores del centro de la adjunto RJ11 terminada en cable.

Para la medición de la velocidad del viento se hace a través del anemómetro el cual este mide la velocidad del viento por el cierre de un contacto como un imán que se mueve más allá de un interruptor. A la velocidad del viento de 1.492 mph (2,4 km / h), el interruptor para cerrar de una vez por segundo.

Y para la medición de la dirección del viento se hace a través de la veleta de viento y este es el más complicado de los tres sensores de esta pequeña estación meteorológica; tiene ocho interruptores, cada uno conectado a una resistencia diferente. La paleta de imán puede cerrar dos interruptores a la vez, lo que permite hasta 16 diferentes posiciones que se indican.



Figura 6 Anemómetro

5. DOCUMENTO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La figura 6, ilustra la arquitectura general del sistema, tanto en su fase 1, que consiste en la obtención de los datos censados por la estación meteorológica enviados a un dispositivo mediante conexión inalámbrica. La fase 2 consiste en cargar al servidor Web, los datos almacenados en el dispositivo móvil.

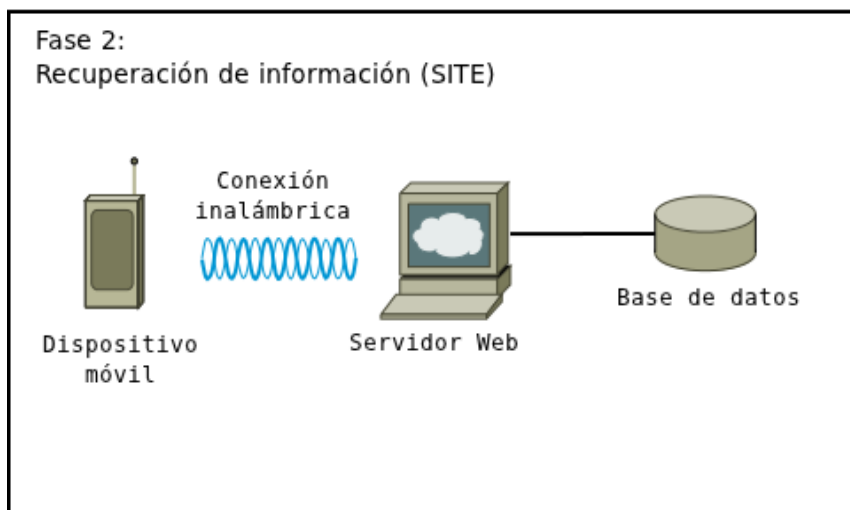
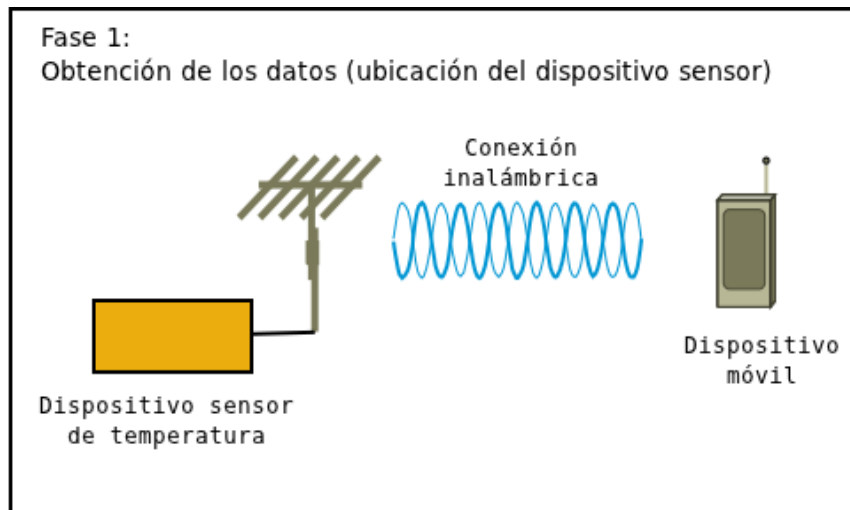


Figura 7. Arquitectura general del sistema

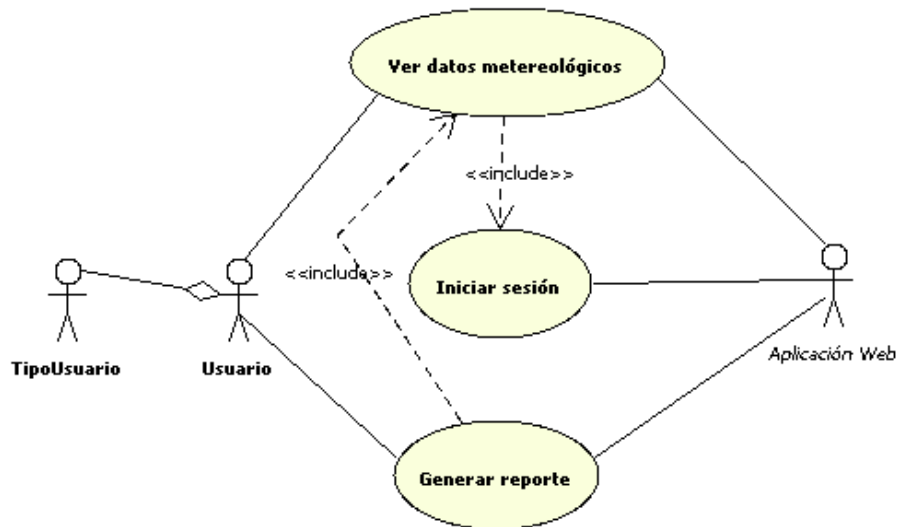


Figura 8 Diagrama de Caso de Uso para cargar datos a la aplicación Web desde el dispositivo móvil

El SHT15 está perfectamente calibrado por lo que ofrece alta precisión y estabilidad en mucho tiempo a un bajo costo. Empleando tecnología digital CMOSens integra dos sensores y circuitería de lectura en un solo chip.

Características:

- Sensores calibrados para humedad y temperatura
- Interfaz digital 2-wire .
- Rango de medición 0-100% RH
- Exactitud absoluta: +/- 2% RH (10...90% RH)
- Repetibilidad RH: +/- 0.1% RH
- Exactitud de temperatura: +/- 0.3°C @ 25°C
- Tiempo de respuesta < 4 sec.
- Bajo consumo de potencia (30 µW)
- Bajo costo
- Alta precisión
- Tecnología CMOSens

El sensor indica la correcta recepción del comando estableciendo DATA a 0 durante la parte activa del siguiente pulso del reloj y liberando la línea en la caída de dicho pulso lo cual hace que DATA quede a 1 después del noveno pulso de reloj. A partir de ese momento el sensor realiza la medida, que tardara unas decenas de milisegundos. El sensor avisará de que ha completado la medida estableciendo DATA a 0. En el momento que DATA vale 0 podemos proceder a leer los datos de la medida realizada por el sensor.

El mantener DATA activo después de leer el segundo byte indica al sensor que hemos terminado y le permite pasar a modo SLEEP. Después de leer el valor hexadecimal 0x181A que equivale a 6170 obtenemos la temperatura mediante la siguiente fórmula:

$$T = -40.1 + 6170 * 0.01 = 21.6^{\circ}\text{C}$$

$$H = -2.0468 + 0.0367 * (\text{valor}) + -0.0000015955 * (\text{valor}) * (\text{valor})$$

6. GPS EM-406 de 20 Canales SiRF III Receptor con Antena

El sistema GPS (Global Positioning System) se basa en una constelación de 24 satélites que permiten conseguir la posición en cualquier punto de la tierra. Fue desarrollado en principio por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Se empezaron a enviar los satélites en 1973 y hasta 1993.

El módulo de GPS EM-406A GPS de USGlobalSat está basado en el espectacular chipset de SiRF StarIII.

Características:

- Receptor de 20 canales.
- Extremadamente alta sensibilidad : -159dBm
- Exactitud de posición de 10m / 5m con WAAS
- Hot Start : 1 seg
- Warm Start : 38 seg
- Cold Start : 42 seg
- 70mA a 4.5-6.5V
- 20 gramos de peso
- Salidas NMEA 0183 y protocolo SiRF binario.

Dimensiones:

- 30mm x 30mm x 10.5mm
- 16gr incluyendo el cable

Los datos que recibiremos en nuestro modulo GPS siguen el protocolo NMEA siglas de National Marine Electronics Association. Tienen esta estructura:

\$GPRMC,044235.000,A,4322.0289,N,00824.5210,W,0.39,65.46,020911,,,A*44

Empiezan por "\$" y acaban en un "A*" seguido de dos números, éste es el checksum para poder saber si el dato recibido es correcto. Los datos se separan por comas y el primero es el tipo de transmisión, en este caso el GPRMC (o RMC), uno de los mas usados, que por ejemplo no incluye el valor de altitud, que si se incluye en el GPGLL. Todo el protocolo lo enlazo en la sección de descargas. Revisemos los datos para entenderlos:

- 044235.000 es la hora GMT (04:42:35)
- A es la indicación de que el dato de posición esta fijado y es correcto. V seria no válido
- 4322.0289 es la longitud (43° 22.0289´)
- N Norte
- 00824.5210 es la latitud (8° 24.5210´)
- W Oeste
- 0.39 velocidad en nudos
- 65.46 orientación en grados
- 020911 fecha (2 de septiembre del 2011)

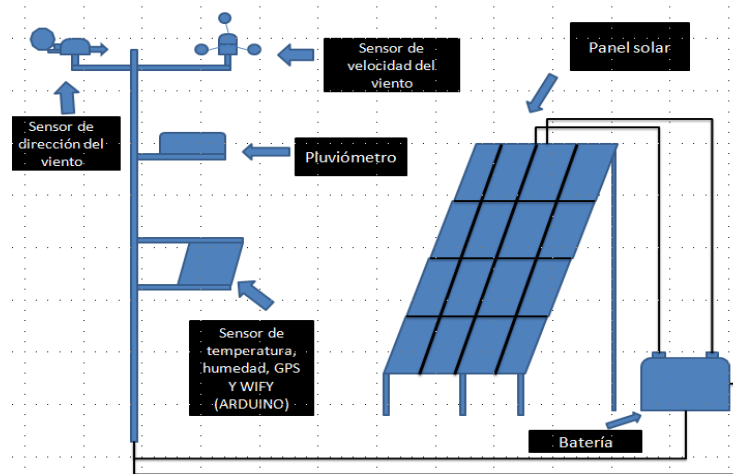


Figura 9.
general

Prototipo

7. CONCLUSIONES

En la elaboración de la primera fase de este proyecto se logró con estos materiales crear el dispositivo que permita la medición de las condiciones meteorológicas como son la temperatura, humedad relativa del aire, medidor de lluvia, velocidad y dirección del viento a través del hardware de Arduino Mega 2560 y el software del Arduino.

Se pudieron obtener los datos de los dispositivos y sensores a través de código de bajo nivel de este dispositivo móvil lo cual con lleva a decir que con este elemento se podrán obtener todos los datos de una forma precisa y con tiempos de retardo estándares para que así obtengan toda la información de las condiciones climatológicas en tiempo real.

8. REFERENCIAS

- (Open Source, 2012) About the Open Source Initiative | Open Source Initiative, 2012. Recuperado a las 14:03 del 14/02/2012 de <http://www.opensource.org/about>
- (CSS, 2012) Cascading Style Sheets, 2012. Recuperado a las 10:20 del 14/02/2012 de <http://www.w3.org/Style/CSS/>
- (PHP, 2012) PHP: Hypertext Preprocessor, 2012. Recuperado a las 10:11 del 14/02/2012 de <http://www.php.net/>
- (Mysql, 2012) MySQL :: MySQL Cluster 7.2 GA Released, Delivers 1 BILLION Queries per Minute, 2012 recuperado a las 10:48 del 14/02/2012 de <http://www.mysql.com/why-mysql/white-papers/mysql-cluster-7.2-ga.html>
- (Httpd, 2012) About the Apache HTTP Server Project - The Apache HTTP Server Project, 2012 recuperado a las 11:10 del 14/02/2012 de http://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html
- (Apache, 2012) Welcome to The Apache Software Foundation, 2012. Recuperado a las

11:35 del 14/02/2012 de <http://www.apache.org/>

(GUI, 2012)

Interfaces gráficas de usuario, 2012. Recuperado a las 12:30 del
14/02/2012 de
[http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Interfaces/
enlightment/index.html](http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Interfaces/enlightment/index.html)

MONTAJE Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO AUTOMATIZADA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES COMESTIBLES USADOS

Carlos Milan ¹, Chérif Ben-Youssef ¹, Suzana Rincón ², Alejandro Zepeda ³, Fernando Vera ², Oscar San Juan ¹, Elisa Guillén¹, Ligia Torres ¹

¹ Instituto Tecnológico de Cancún, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Kabah Km 3, C.P. 77500, Cancún, Quintana Roo, México.

² Instituto Tecnológico de Mérida, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Tecnológico S/N Apartado Postal 911, C.P. 97118, Mérida, Yucatán, México.

³ Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería Química, Periférico Norte Km. 33.5, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, C.P. 97203, Mérida, Yucatán, México.

carlosmilan88@hotmail.com, cherifby@itcancun.edu.mx, susana74a@yahoo.com, alejandro.zepeda@uady.mx, fvera@hotmail.com, oscar1605@yahoo.com.mx, elisaguillen@yahoo.com, ligiatorres_13@hotmail.com

RESUMEN

El propósito de este proyecto es el de montar y operar una planta de reciclaje de aceites comestibles usados para la producción de biodiesel en el Instituto Tecnológico de Cancún. Especialistas del Instituto Tecnológico de Mérida están también participando en las diferentes etapas, además de aportar asesorías técnicas periódicas. Con este proyecto se pretende lograr una transferencia de tecnología hacia la comunidad quintanarroense, contribuir a la solución del problema de contaminación de los mantos freáticos por aceites comestibles usados y promover la toma de consciencia social del problema de contaminación del medio ambiente. El producto principal que generará el proyecto consistirá en una planta piloto de reciclaje de aceites comestibles usados para la producción de biodiesel operando en forma automatizada. Otros productos esperados son: un protocolo para la construcción de una planta recicladora de aceites comestibles usados, talleres relacionados al problema de contaminación del medio ambiente y la formación de recursos humanos.

ABSTRACT

The purpose of this project is to assemble and operate a recycling plant of cooking oil for the production of biodiesel in the Instituto Tecnológico de Cancún. Specialists from the Instituto Tecnológico de Mérida are also participating in the different stages of the project and contributing with periodical technical consultancy. This project is aiming to achieve a technological transfer to the community of Quintana Roo, to contribute to the solution of the aquifer layer pollution due to cooking oil and to promote the social consciousness of the environmental pollution problem. The main product of the project will be a pilot plant of cooking oil recycling for the production of biodiesel operating in automated mode. Other expected byproducts are: a construction protocol of a pilot plant for cooking oil recycling, workshops related to the environmental contamination problem and student's training.

1 INTRODUCCIÓN

El empleo de los combustibles fósiles a nivel mundial ha generado cambios significativos en el ambiente, debido principalmente a la emisión de gases de efecto invernadero. Por ello, es necesario incrementar el número de trabajos en ciencia aplicada relacionados con la generación de energías renovables a nivel mundial. En México son escasos los esfuerzos encaminados a la producción de energías no convencionales que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida a

nivel mundial. En particular, la transesterificación de aceite de vegetales y de grasa de animales (recursos renovables) para la producción de biodiesel, se presenta como una gran alternativa en el mejoramiento de las condiciones ambientales y en la generación de nuevas fuentes de empleo [2]. En el contexto de la demanda estratégica “Desarrollo Estatal en el Área de Energías Renovables” de la Convocatoria 2011, el presente proyecto resulta de una propuesta aprobada y financiada por el Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACyT- Gobierno del Estado de Quintana Roo con un monto de \$513,000.00.

El propósito de esta propuesta es de montar y operar de manera automática una planta de reciclaje de aceites comestibles usados para la producción de biodiesel [1-4] en el Instituto Tecnológico de Cancún (ITC). En esta colaboración multidisciplinaria, especialistas del Instituto Tecnológico de Mérida (ITM) y de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) estarán también participando en las diferentes etapas, además de aportar asesorías técnicas periódicas. Con este proyecto se pretende lograr una transferencia de tecnología al usuario principal que es la Comisión de Energía del Gobierno del Estado de Q. Roo y a la comunidad quintanarroense en general, contribuyendo a la solución del problema de contaminación de los mantos freáticos por la inadecuada disposición de aceites comestibles usados y promoviendo la toma de consciencia social del problema de contaminación del medio ambiente que esta práctica genera.

El producto principal que generará el proyecto consistirá en el diseño de una planta de reciclaje de aceites comestibles usados para la producción de biodiesel, operando en forma eficiente y automatizada. Otros productos esperados son: el diseño de un programa de educación ambiental para promover una toma de consciencia social del problema de contaminación del medio ambiente por aceites comestibles usados; un protocolo para la construcción de una planta recicladora de aceites comestibles usados basada en la planta montada y previamente optimizada en el ITC; un manual de operación de la planta recicladora de aceites comestibles usados para el ITC y los usuarios; la organización y realización de talleres para promover una toma de consciencia social del problema de contaminación; y la formación de recursos humanos a nivel licenciatura.

Este proyecto contribuirá a fortalecer las líneas de investigación de los cuerpos académicos involucrados, y a formar alumnos de licenciatura en un área estratégica. Se realizará una transferencia de tecnología dirigida a la mejora del medio ambiente, y al mismo tiempo, se producirá una fuente de energía renovable y biodegradable. Se pretende contribuir a mejorar los hábitos de la comunidad quintanarroense relativos al cuidado del medio ambiente, a través de la difusión y puesta en marcha del programa de educación ambiental para el manejo y disposición adecuada de aceites comestibles usados. La producción de biodiesel a partir de aceites comestibles usados representa una gran alternativa para mejorar las condiciones medioambientales que obedecen las normas internacionales.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Para la producción de biodiesel

Procedimiento de valoración de porcentaje de ácidos grasos libres

En un matraz de 1 l se disuelven 5 g de hidróxido de sodio en 500 ml de agua destilada. De esta solución se prepara una disolución al 0.1 %, la cual se utiliza para titular 4 ml de aceite en 40 ml de alcohol isopropílico y 2 gotas de fenolftaleína. La titulación se lleva a cabo dejando caer gota a gota la solución de hidróxido de sodio en la solución de aceite con alcohol en agitación, hasta que la solución cambia su coloración y se mantiene por 10 segundos.

Procedimiento de transesterificación

En un matraz provisto de un refrigerante se adicionan 100 ml de aceite reciclado y se calienta a 35 °C, se agregan 0.16 litros de metanol por cada litro de aceite/grasas (8% en volumen). Luego se pone el metanol con el aceite caliente, en este caso 16 ml, y se adiciona 1 ml de ácido sulfúrico con una concentración del 95% (0.02 ml). Agitar durante una hora a una temperatura de 35°C,

dejar reposar por 30 min y posteriormente agregar la solución de metóxido de sodio, y se agita durante 5 min con el objetivo de neutralizar el ácido y ayudar a la subsecuente catálisis alcalina y calentar a una temperatura de 60°C. Se adiciona luego el resto de la solución de metóxido de sodio y se agita durante 30 min. Después de este tiempo se deja reposar durante 30 min a temperatura ambiente y se procede a la separación de fases para eliminar el resto de glicerina. Una vez separado el biodiesel de la glicerina y otras impurezas, se procede a la recuperación del metanol.

2.2 Para la instrumentación y automatización de la planta

La instrumentación que se implementará en el proceso para la planta piloto se realizará en un ambiente bajo el concepto Sistemas de Control Supervisado y Adquisición de Datos o SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition* por sus siglas en inglés). Este sistema adapta las ventajas del control del proceso y las de monitoreo del mismo a través de un ordenador o PC, además tiene la opción para poder combinar el uso de una red de interconexión entre computadoras y hacer actividades de control y monitoreo en tiempo real de manera remota desde cualquier otro equipo que cuente con el software y el servicio de red. Para la activación de los actuadores que realizan funciones específicas, se determinó implementar en la planta un dispositivo que interconecte la comunicación de estos a un centro de mando con interfaz cómoda para el operador, que será el encargado de procesar instrucciones de manera confiable y segura. La tarjeta de adquisición de datos que se seleccionó por encima de otros equipos fue la DAQ NI PCI-6518 de National Instruments, por el alto número de salidas digitales que maneja (ya que el número de variables a controlar es mayor a 20) y su alta compatibilidad con el software de instrumentación seleccionado.

La herramienta que se seleccionó para el desarrollo del software de instrumentación es el LabVIEW versión 2009. LabVIEW es un poderoso software que se ejecuta a través de un lenguaje gráfico o diagrama de bloques (lenguaje G), muy parecido al encontrado en dispositivos de programación automática como relevadores programables o PLC. Este software tiene la propiedad de creación de una interfaz que el propio programador puede personalizar a medida que avanza. Su uso es muy común en laboratorios donde se involucran pruebas de medición y control. LabVIEW además de presentar una interfaz cómoda, brinda un entorno de adaptabilidad muy amplio en lo que respecta a dispositivos añadidos, tanto para medición como para accionamiento.

2.3 Para la implementación de un programa de educación ambiental

La educación ambiental para la sustentabilidad

La sustentabilidad se ha promovido en las últimas cuatro décadas como la principal alternativa para el desarrollo social, económico y ambiental. Los recursos naturales de los que depende la sobrevivencia humana se encuentran limitados o a punto de agotarse, por las actividades antropogénicas que, además, han ocasionado graves problemas ambientales, en muchos casos irreversibles. Por ello resulta de primordial importancia establecer mecanismos para educar a las actuales y futuras generaciones en su cuidado, conservación y protección.

En este proyecto se propone la planeación y diseño de un programa de educación ambiental, para promover la adquisición de conocimientos y habilidades que permitan capacitar a los residentes de la comunidad local, sobre el cuidado que deben tener para disponer adecuadamente de los aceites comestibles usados, y evitar se contamine el suelo o el agua. Asimismo, resulta inaplazable crear conciencia sobre los riesgos a que se exponen no solo los recursos naturales, sino también la salud e integridad de los seres humanos. La educación ambiental de la comunidad para la sustentabilidad, se propone como una forma de caracterizar la práctica ejemplar del cuidado ambiental, considerada como crucial para el futuro de Cancún.

El programa de educación ambiental que se diseñará en este proyecto, tendrá como objetivo principal lograr una rica e innovadora caracterización de los aspectos prácticos que un individuo o comunidad deben incorporar en sus actividades cotidianas y en su interacción con el medio ambiente, dadas sus condiciones culturales, sociales y materiales, para contribuir a su conservación y protección.

La metodología que se usará será, en primera instancia, elaborar la “Encuesta sobre la comunidad y el medio ambiente”, que se aplicará tanto en línea como de manera directa, a amas de casa, a estudiantes del último semestre de escuelas de nivel medio, a estudiantes de cuarto a sexto semestre de escuelas de nivel superior, a establecimientos de alimentos y bebidas y a las autoridades encargadas de la administración del medio ambiente de Cancún, para evaluar la responsabilidad, actitudes, conocimiento y conducta pro y contra ambiental de la comunidad y de las autoridades de gobierno para proteger el medio ambiente. Con los resultados que se obtengan, se diseñará un programa de educación ambiental acorde a las características de cada segmento estudiado, con énfasis en la disposición adecuada de los residuos provenientes del aceite comestible usado.

3 RESULTADOS

3.1 Producción de biodiesel

Para llevar a cabo el proceso de producción de biodiesel en la planta piloto montada, se procedió a la preparación de biodiesel a escala, a nivel laboratorio, con el objetivo de encontrar las mejores condiciones de producción y eliminar riesgos en el momento del escalamiento. Para lograr dicho objetivo, primeramente se estudió la etapa de transesterificación. Esto se realizó a través de la observación de la reacción a diferentes temperaturas (40, 50 y 60°C), encontrando que el mejor rendimiento obtenido fue a 60°C. También se realizaron pruebas a diferentes tiempos (60, 70 y 90 min) siendo el mejor tiempo el de 60 min. A partir de estas condiciones, se continuó con el proceso utilizando aceite de cocina, para lo cual se utilizó la metodología que consiste en 2 etapas. La primera es la determinación de ácidos grasos libres del aceite reciclado. La segunda etapa consiste en la esterificación y transesterificación, siendo monitoreado el proceso de producción a través de cromatografía de capa fina y gases masas. Este trabajo inició con la valoración del aceite reciclado de cocina como pruebas preliminares en laboratorio, determinando ácidos grasos libres del aceite. El resultado que se requiere por cada litro de aceite es de 1.05 g de NaOH. Posteriormente se lleva a cabo la esterificación y transesterificación utilizando 100 ml de aceite reciclado. Hasta este momento todos los resultados han sido analizados por cromatografía en capa fina y después de varios intentos, se logró la transformación completa del aceite de cocina a biodiesel con un rendimiento del 96%.

3.2 Diseño y montaje de la planta piloto

El diseño de la planta piloto se presenta en la Figura 1. El diseño de la planta piloto se inspiró del trabajo de [1] para el diseño del tanque correspondiente a la etapa de transesterificación de volúmenes de aceites cercanos a los 50 l. Se agregaron los tanques de prelavado y de esterificación como sugerido por [3] cuando el aceite a procesarse es usado y de origen comestible. Por último, se decidió separar las etapas de lavado y secado mediante el uso de dos tanques separados para flexibilizar el proceso y para poder optimizarlo en el caso de producción de biodiesel por lotes secuenciados, proceso que se piensa implementar en un futuro próximo.

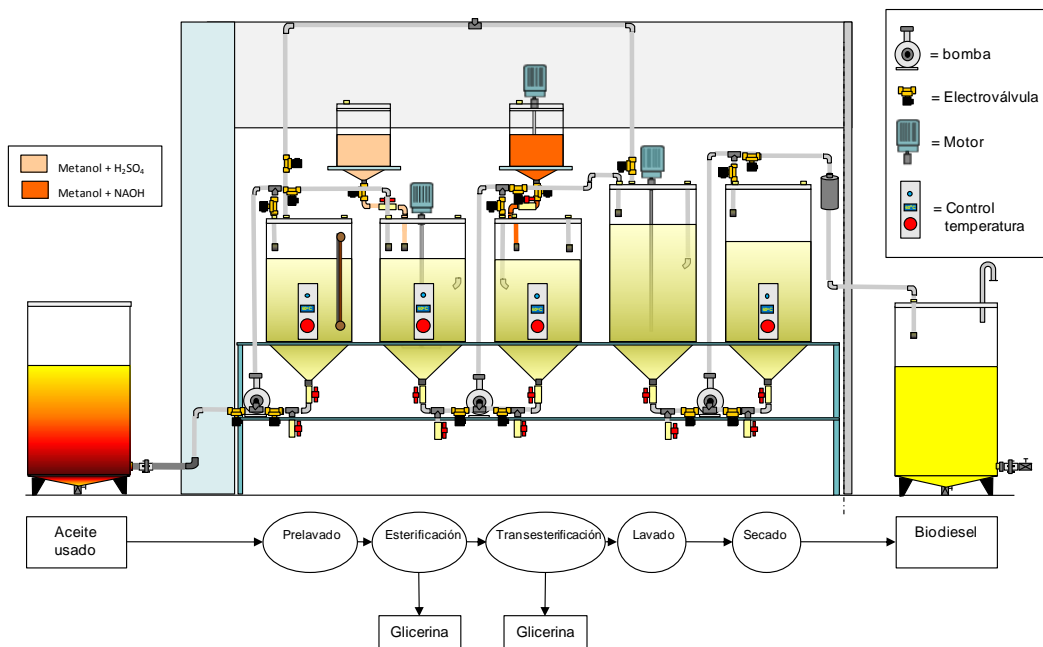


Figura 1. Diagrama del diseño propuesto para la planta piloto de producción de biodiesel a partir de aceites comestibles usados.

Después de definir durante la etapa de diseño las dimensiones de los diferentes tanques, reactores y depósitos que constituyen la planta piloto, se procedió a su construcción respectiva a través de una empresa local (Benito Juárez, Quintana Roo) de construcción de equipos en acero inoxidable. La Figura 2 presenta los diferentes elementos en acero inoxidable de la planta piloto.



Figura 2. Planta Piloto; 1 = Tanque de almacenamiento para aceite usado; 2 = Reactor de prelavado; 3 = Depósito de ácido sulfúrico; 4 = Reactor de esterificación; 5 = Depósito de metóxido; 6 = Reactor de transesterificación; 7 = Reactor de lavado; 8 = Reactor de secado; 9 = Tanque de almacenamiento para biodiesel.

Cabe mencionar que el ITC se encargó del acondicionamiento del área de laboratorio, en donde se instaló la planta piloto de producción de biodiesel a través de una aportación propia, bajo el esquema de Fondos Concurrentes, tal como lo especificaba el protocolo del proyecto.

3.3 Instrumentación y automatización de la planta

Actualmente esta etapa se encuentra en fase de implementación y de realización de pruebas. Los actuadores que presenta la planta son 3 motobombas para desplazamiento de fluido, 3 motores trifásicos para agitación de mezclas, 4 sistemas de control de temperatura, 16 electroválvulas para el control de flujo y 1 variador de frecuencia que se encarga de regular las revoluciones de los motores. La mayoría de los actuadores se adquirieron y se está procediendo a su montaje. Sólo falta la tarjeta de adquisición de datos que se encargará de mandar las señales digitales adecuadas para los actuadores que intervienen en el proceso. El proyecto no cuenta con sensores de nivel, ya que mediante el cálculo de flujo a través del software de instrumentación se puede determinar el nivel en determinado instante. La planta por lo tanto estará basada en una programación en lazo abierto, o dicho de otra manera, sin retroalimentación. Esto requiere que el proceso deba ser vigilado en cada una de las etapas, ya que además, se cuenta con válvulas de servicio de manuales para la purga de subproductos (glicerina y agua). La tarjeta de adquisición de datos estará interconectada a un tablero de control que se encuentra en fase de diseño y que hará la tarea de interruptor principal de cada actuador, el cual es instruido por las órdenes de una PC, en donde el software fue programado para la ejecución secuencial de las etapas del proceso.

3.4 Diseño del algoritmo de automatización

Por el momento ya se cuenta con avances en el diseño del software y algoritmo de automatización. El diagrama general de la interfaz gráfica que se presentará al usuario del proceso se presenta en la Figura 3.

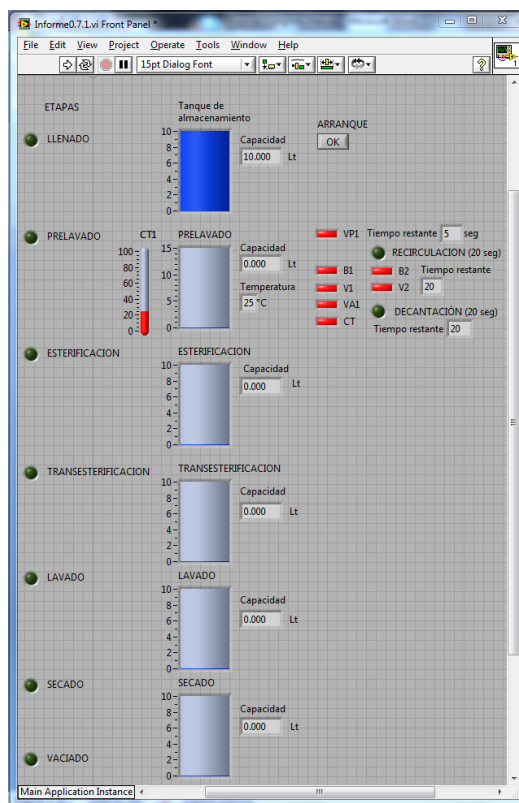


Figura 3. Diseño preliminar de la interfaz gráfica de usuario con las diferentes etapas del proceso de producción de biodiesel y la visualización de los estados de las variables del proceso: electroválvulas abiertas/cerradas, temperatura, volumen, motor de agitación.

Para el cálculo de la variable altura de cada etapa en un momento determinado, se emplean dos ecuaciones, ya que los cilindros están conformados por un cilindro y un cono en la parte inferior. Con este detalle se omite la necesidad de utilizar sensores de nivel en cada uno de los depósitos y al mismo tiempo un ahorro en la inversión de equipo de laboratorio. Por ahora sólo se presenta a modo de ejemplo el modelo de llenado para un tanque mediante el software de instrumentación LabVIEW (Figura 4).

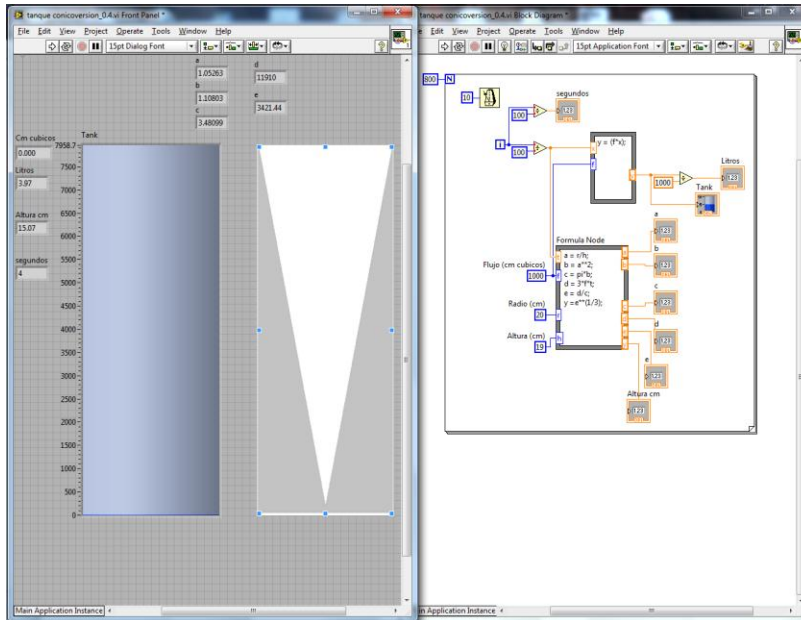


Figura 4. Ejemplo de programación mediante LabVIEW para el monitoreo de la variable altura en un tanque.

De la misma manera, se presentan a continuación a modo ilustrativo los resultados preliminares de diseño de una de las etapas del proceso, la etapa de prelavado. Para llenar el tanque de prelavado a partir del de almacenamiento, se acciona el botón de arranque que el usuario puede localizar en el "Panel Frontal" (ver Figura 5), que es la zona donde se pueden controlar y monitorear todas las operaciones del software.

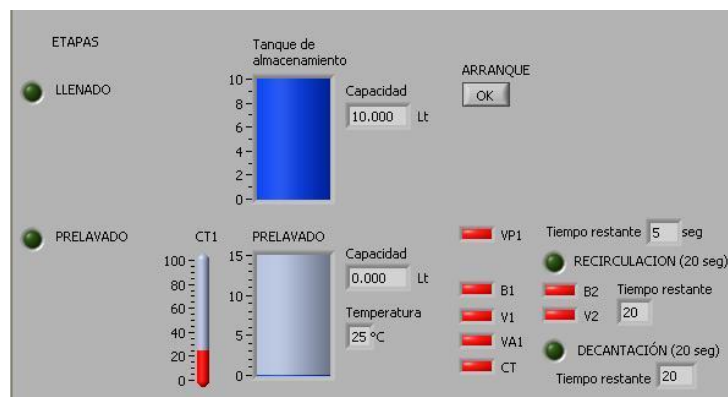


Figura 5. Estado inicial de panel frontal

En esta sección se controla la bomba que hace el vaciado del primer depósito, la cual transfiere todo el aceite al tanque de prelavado, mandando una señal a un led indicador que asegura que el proceso se está llevando a cabo. Una vez que un volumen de 50 l de aceite se ha transferido en su totalidad al siguiente depósito, se le ordena a la bomba 1 desactivarse y accionar inmediatamente la válvula de paso (VA1), para dejar introducir cierta cantidad de agua al tanque de prelavado. Cuando la cantidad necesaria de agua se encuentra en el tanque de prelavado, se manda a desactivar la válvula de paso y se procede a la sección de control de temperatura. En la Figura 6 se muestra cómo se produce la activación del control de temperatura del depósito, el cual irá incrementando su temperatura hasta el nivel al que fue programado por el usuario. En el momento en que la temperatura sea la indicada, en base a los parámetros del proyecto, se activará la recirculación en el tanque.

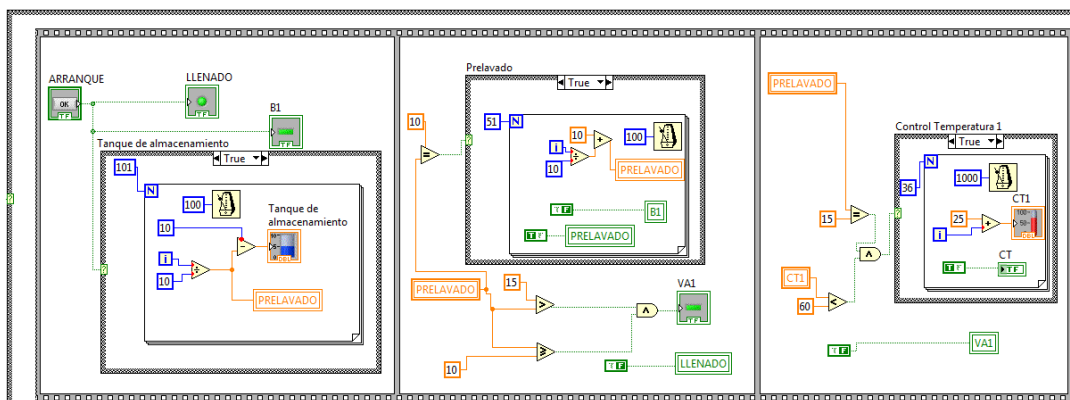


Figura 6. Ejemplo de programación del control de llenado de aceite a procesarse, control de nivel y control de temperatura para el tanque de prelavado.

3.5 Diseño y planeación de un programa de educación ambiental

Esta parte del proyecto aún no se ha realizado, debido a que, como se propuso inicialmente, se requiere tener la planta piloto en funcionamiento y obteniendo el resultado que es la producción de biodiesel. Por lo tanto, aún no se tienen resultados sobre la implementación del Programa de Educación Ambiental Comunitario.

Sin embargo, actualmente se está trabajando ya en el diseño de la “Encuesta sobre la comunidad y el medio ambiente”, y en la determinación de la muestra a quienes se les aplicará. La selección de la muestra se hará de manera aleatoria, tomando como base el último Censo de Población y Vivienda del INEGI en el caso de las amas de casa, y en relación a los estudiantes del último semestre de escuelas de nivel medio y los de cuarto a sexto semestre de escuelas de nivel superior, se seleccionarán primero los centros educativos a cuyos estudiantes se les aplicará la encuesta, en base a la relación de estos que se solicitará a la Secretaría de Educación de Quintana Roo, con sede en la ciudad de Cancún. Una vez seleccionados los centros educativos de nivel medio y superior, se realizarán visitas a estos para solicitarles las listas de estudiantes que serán objeto de estudio del proyecto, y de igual forma que con las amas de casa, se seleccionarán de manera aleatoria. En el caso de los establecimientos de alimentos y bebidas, ya se cuenta con la relación de estos tomada del último Censo Económico del INEGI, y la muestra seleccionada fue del 50% del total de estos establecimientos en el municipio de Benito Juárez, donde se encuentra la ciudad de Cancún, en el estado de Quintana Roo. Finalmente, las autoridades que participarán en el estudio serán los siguientes: Director de Ecología y Desarrollo Urbano, Director de Divulgación y Educación Ambiental, Director de la Semarnat local, Director de Desarrollo Urbano, Regidor de Ecología, Regidor de Educación, Cultura y Deportes, Regidor de Desarrollo Social y

Participación Ciudadana y Regidor de Desarrollo Urbano y Transporte. La aplicación de las encuestas se hará tanto en línea como de manera directa a través de entrevistas personales, a los sujetos de estudio: amas de casa, a estudiantes del último semestre de escuelas de nivel medio, a estudiantes de cuarto a sexto semestre de escuelas de nivel superior, a establecimientos de alimentos y bebidas y a las autoridades encargadas de la administración del medio ambiente de Cancún, para evaluar la responsabilidad, actitudes, conocimiento y conducta pro y contra ambiental de la comunidad y de las autoridades de gobierno para proteger el medio ambiente.

Los resultados obtenidos permitirán diseñar el Programa de Educación Ambiental, que incluirá la realización de actividades de acuerdo a las características de cada grupo identificado, con énfasis en la disposición adecuada de los residuos provenientes del aceite comestible usado. También se programarán visitas al Instituto de estudiantes de los diversos centros educativos de la localidad, para darles a conocer el proceso de obtención del aceite comestible usado y orientación sobre cómo pueden participar en sus hogares para que se realice la recolección de manera adecuada de este residuo.

4 CONCLUSIONES

La introducción de proyectos de este tipo en el panorama nacional ayudará a mejorar las condiciones ecológicas en las que vive el país actualmente. Al desviar residuos de aceite comestible que normalmente terminan en algún desagüe, estos se emplearían para generar un producto, que aunque resulte de mayor precio comparado con el combustible de base fósil, puede reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero que en promedio son producidos por la industria y el sector de transporte. Este hecho impacta no solo directamente en el medio ambiente sino también en la salud humana, que es el gran problema de las grandes ciudades, donde el uso de combustibles a partir de petróleo es primordial para el desarrollo de toda actividad productiva directa o indirectamente. Otro aspecto importante es la implementación de nuevas técnicas al igual que tecnologías probadas alrededor de proyectos con tendencias a mejorar o sustituir la forma de generar o producir energía, desplazando aquellas tradicionales e incluso rudimentarias, para llegar a un punto donde reducir costos de operación así como de generación van de la mano, sin dejar de lado la amabilidad con el medio ambiente. La iniciativa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Cancún se planteó en 2010, con la intención de presentar al gobierno estatal una alternativa de sustento energético viable dentro de un destino turístico en el que la obtención de combustibles sea de un bajo o quizás nulo impacto ecológico. La concientización de la sociedad en materia ecológica es una tarea necesaria y prioritaria para proveerla de proyectos que la beneficien a corto plazo.

REFERENCIAS

1. Acosta, F., Castro, P. y Cortijo, E., *Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala*, (Editorial Soluciones Prácticas-ITDG, Lima , Perú), (2008).
2. Raneses, A.R., Glaser, L.K., Price, J.M. y Duffield J.A , *Industrial Crops and Products*, **9**, pp. 151-162, (1999).
3. Zhang, Y., Dubé, M.A., McLean, D.D. y Kates, M., *Bioresource Technology*, **89**, pp.1-16, (2003)
4. Zheng, S., Kates, M., Dubé, M.A. y McLean, D. D., *Biomass and Bioenergy*, **30**, pp. 267-272, (2006).

SISTEMA DE CONTROL ADAPTABLE PARA SILLA DE RUEDAS ELECTRICA PARA PERSONAS DISCAPACITADAS

¹Raymundo Lerma Gutiérrez, Joel Ricardo Holguín Hernández, Emmanuel Batista Rodríguez, Enrique Armando Montoya Chacón, Luis Carlos Montañez Padilla.
Universidad Tecnológica de Chihuahua División de Mecatrónica Área Automatización.
Av. Montes Americanos #9501 Sector 35
C.P. 31216 Chihuahua, Chih. Tel. (614) 4-32-20-00 ext. 105
¹rlerma@utch.edu.mx

RESÚMEN

El proyecto consiste en un sistema de control de una silla eléctrica que se adapta a la discapacidad de la persona, para que esta tenga control de la misma. La silla puede ser controlada manualmente por medio de un control tipo joystick y en caso de que la persona sea cuadripléjica puede ser controlada por medio de comandos de voz, tan sencillos como: adelante, reversa, izquierda, derecha o detener. Los comandos de voz son captados por un micrófono auxiliado de un software de reconocimiento de voz y enviados a una PC, la cual contiene el software de control programado en Visual Basic 2010, que procesan dichos comandos y los convierte en señales eléctricas que son recibidas por un microcontrolador PIC16F887, el cual a través de una etapa de potencia se encarga del control de dirección y velocidad de los motores para el desplazamiento de la silla de ruedas. Si algún objeto o persona aparecen en la trayectoria de la silla un sensor de distancia detecta la presencia y detiene el movimiento de la silla.

ABSTRACT

The project consists on a control system for an electric wheelchair that fits depending of the person's disability. The chair can be driven with using voice commands or manual mode with a joystick control. Voice commands are captured and sent to a PC by a microphone using speech recognition software, the control software programmed in Visual Basic 2010, which process the commands and converts them into electrical signals that are received by PIC16F887 microcontroller. The microcontroller drives the motor control unit and the speed wheels.

1. INTRODUCCION

La vida de las personas con discapacidad física, puede transitar por la adversidad, debido a que la sociedad en general no considera las limitaciones de este sector de la población. Uno de los problemas frecuentes a los que se enfrentan es la dificultad para desplazarse de un lugar a otro para realizar sus actividades cotidianas. Dentro de estas actividades se encuentra el asistir a la escuela, lo cual resulta muy difícil, en algunos casos imposibles para una gran cantidad de jóvenes. De acuerdo a los resultados del XII Censo General de Población y Vivienda 2000, de los jóvenes con discapacidad que tienen entre 15 y 29 años, sólo 15.5% asiste a la escuela.

Existen en la actualidad varios proyectos de investigación a favor de mejorar la calidad de vida de estas personas, así como incrementar sus oportunidades para incorporarse al sector productivo. La mayoría de los sistemas se limitan en atender un solo tipo de discapacidad, aunado a esto, son desarrollados en el extranjero lo que los hace muy caros para la mayoría de la población.

En este proyecto se desarrollo un sistema de control adaptable para una silla de ruedas eléctrica, con el objetivo de brindar a las personas con cierta limitación física, como lo son la falta de alguna extremidad, paroplejia, cuadriplejia, etc., un producto que les facilite y mejore su calidad de vida e integración social, a un bajo costo. El prototipo se adapta a la discapacidad de la persona, para que esta tenga control de la misma. La silla puede ser controlada manualmente por medio de un control tipo joystick y en caso de padecer cuadriplejia puede ser controlada por medio de comandos de voz.

2. SISTEMA

La silla fue diseñada a partir de un modelo comercial como plataforma, a la que se le ha incorporado; un módulo de voz, un módulo de detección de presencia, un módulo de procesamiento central, constituido por un microcontrolador, un módulo de control de potencia que en este caso es el Puente H así como las interfaces creadas en el software de Visual Basic del mismo control de voz y la intercomunicación de este con el microcontrolador y los actuadores (motores) en la figura 2.1 se puede observar el diagrama a bloques del sistema propuesto.

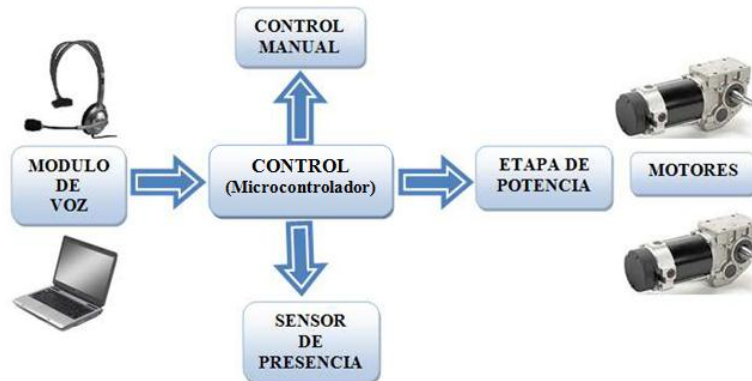


Figura 2.1 Diagrama a bloques del sistema.

2.1 Control manual

El control manual se realiza por medio de una palanca tipo *joystick*, que gobierna el desplazamiento de la silla (adelante, reversa, derecha, izquierda, detener).

El joystick empleado es de tipo potenciómetro, debido a que se requiere un control más preciso para realizar las acciones de control, por ejemplo, presionando con mayor o menor fuerza la palanca se puede avanzar con mayor o menor velocidad. Esto es, dependiendo de la posición de la palanca de mando, esta proporcionara un incremento o decremento en la resistencia, para esta palanca es de 100kOhms.

Cuando La palanca se encuentra en su estado de reposo, es decir, no se está realizando ningún movimiento (punto medio de la palanca) el potenciómetro esta al 50% (5K Ω) de su capacidad, por lo tanto al realizar un movimiento frontal (adelante) proporciona la totalidad de resistencia 10K Ω y por ende al mover la palanca hacia atrás (reversa), el potenciómetro arroja un valor de 0 Ω resistencia nula. El control dispone de tres cables los cuales proporcionan un cierto valor de voltaje derivado de la variación de resistencia.

Estos valores son alimentados a los módulos ADC (*Analog to Digital Converter*) del microcontrolador, ubicado en el módulo de procesamiento central con esto se varia el ciclo de trabajo del PWM que controla la velocidad y dirección de los motores.

El acondicionamiento de la señal del joystick se realiza mediante programación en el microcontrolador, convirtiendo el voltaje de entrada análogo a una palabra digital de 10 bits, si la palanca se encuentra en estado de reposo se entregan 2.5 V al microcontrolador, lo que quiere decir que se tiene una palabra digital igual a 128, en modo de avance otra palabra digital de valor

255, valores que se cargan en un registro, el cual indica el ancho de pulso en el modulo PWM del microcontrolador.

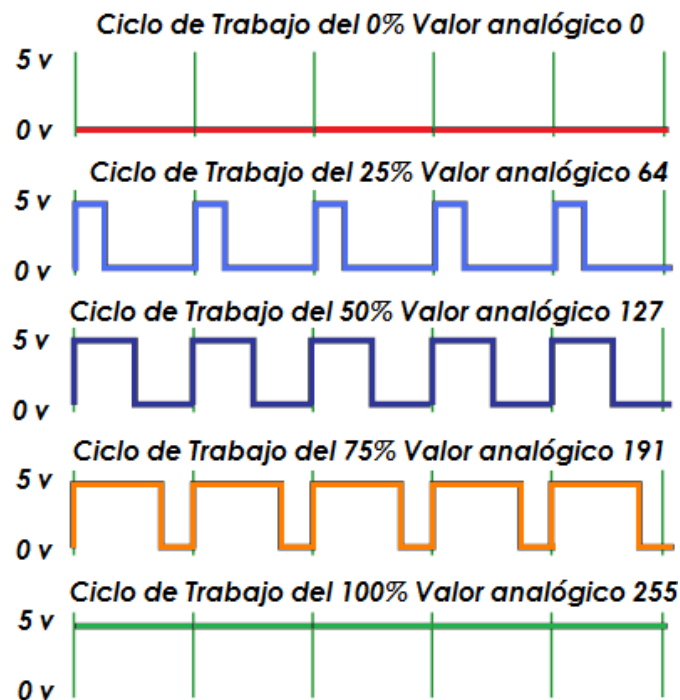


Figura 2.2 Modulación de ancho de pulso

2.2 Modulo de voz

El modulo que lleva a cabo el procesamiento de los comandos de voz está integrado por un micrófono en forma de diadema y software de control. El software de control está compuesto por una aplicación realizada en Visual Basic 2010 y software de reconocimiento de voz comercial.

Este modulo tiene la capacidad de reconocer los comandos de voz emitidos por el usuario de la silla. Empleando el software de reconocimiento de voz se reconoce y graba la voz de la persona y se realiza un entrenamiento para que la computadora reconozca la voz del usuario. La señal de voz es capturada por la computadora la cual la filtra y cuantifica la señal.

Esta señal es recibida por la aplicación hecha en Visual Basic 2012 y es convertida en información digital, reconocida por el modulo de procesamiento central.

2.3 Modulo de procesamiento central

La parte central de este modulo es un microcontrolador PIC16F887 (Microchip Technology Inc). Su función es recibir la información enviada por los módulos de control de voz y manual, enviando señales de control a la etapa de potencia). Dicho microcontrolador recibe las señales provenientes de la computadora por medio del puerto serial y del joystick (conectado al microcontrolador), las procesa y ejecuta las acciones de control correspondientes.

Cuando el usuario dice la palabra adelante o desplaza el joystick hacia enfrente el microcontrolador manda una señal de activación a la etapa de potencia, la cual acciona los motores, provocando de esta manera el movimiento en dirección frontal de la silla. Si el usuario dice una palabra fuera del vocabulario programado en el modulo de voz, el microcontrolador permanece inactivo y la silla de ruedas no realiza ningún movimiento.

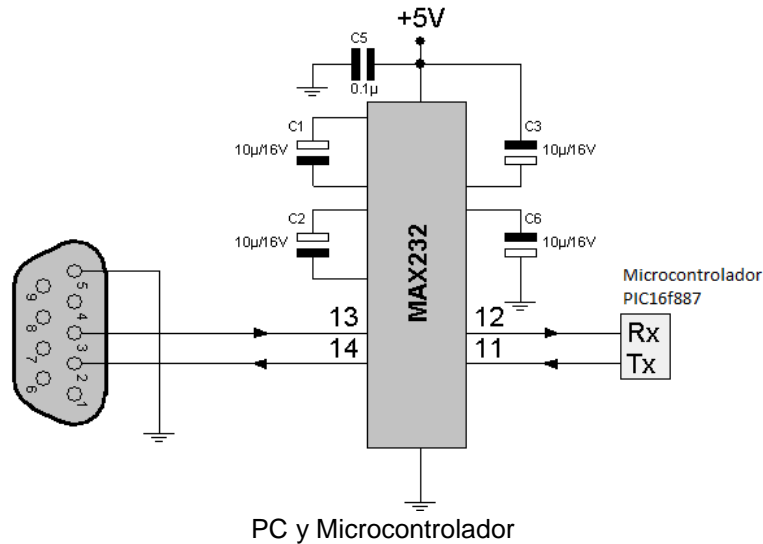


Figura 2.3

Conexión entre

PC y Microcontrolador

2.3.1 Sensor de presencia

La silla de ruedas cuenta con sistema de frenado asistido por un sensor de distancia con salida análoga (ver figura 2.4), con un rango de detección de 20 a 150cm, las dimensiones del sensor son de 29.5 × 13 × 21.6mm, lo cual permite una fácil ubicación en la silla. Su voltaje de alimentación va de los 4.5 a 5.5v, con un consumo de corriente de 33mA, lo que ayuda con el ahorro de energía. Este sensor se encuentra ubicado en la parte frontal de la silla. El sensor envía señales de voltaje a una de los 10 módulos ADC del microcontrolador enviando 0.55v al detectar una persona u objeto a 150cm, y envía 0.25v a 20cm. Esta característica permite obtener información acerca de la distancia a la que se encuentra algún obstáculo dentro de la trayectoria de la silla.



Figura 2.4 Sensor de distancia GP2Y0A02YK0F

Si la silla se encuentra en movimiento y algún objeto o persona cruza frente a la silla y el usuario no alcanza a detener la silla, el sensor detectara dicha presencia dentro del rango del sensor, y mandara la señal al ADC del microcontrolador para enviar una señal de paro a los motores y poder detener el movimiento de la silla.

del usuario que se considera es de 110 Kg, por ser especificado en la silla de ruedas utilizada. El peso total a movilizar se cálculo de la siguiente forma:

$$PT = PE + PU + PB + PC \quad (1)$$

donde:

PE.- Peso de la Estructura Mecánica
 PU.- Peso del Usuario
 PB.- Peso de la Batería
 PC.- Peso del modulo de Control
 PT.- Peso Total a Movilizar

3.2 Velocidad Máxima

Comercialmente en el internet se encuentran marcas de sillas de ruedas tales como la EXTREME 4x4, TRAC About, Chairman ROBO 3, PERMOBIL J45 entre muchos otros modelos y fabricantes con especificaciones de velocidades entre 9 Km/h y 1.8 Km/h, con lo cual se toma el promedio de estos valores como base para el sistema realizado, siendo 6 Km/h la velocidad máxima de la silla.

3.3 Pendientes de subida y bajada

Para obtener los criterios del diseño en espacios para la silla se realiza el siguiente procedimiento:

Se analiza la fuerza en una superficie con la mayor inclinación ascendente, se toma un coeficiente de fricción cinético aproximado a 0.57, el cual corresponde a los materiales de hule sobre concreto, y con el peso total a movilizar se calcula la fuerza máxima necesaria para desplazar la silla hacia delante, atrás, izquierda o derecha. La fuerza requerida para el movimiento debe ser igual a la fuerza de rozamiento F_r , se toma la normal en función del ángulo β que representa el 11% de la pendiente máxima.

$$N = m.g.\cos\beta \quad (2)$$

La fuerza máxima F necesaria para la movilización se obtiene sumando de la fuerza de rozamiento F_r con la componente del peso ($m.g.\sen\beta$).

$$F_r = \mu N \quad (3)$$

$$F = F_r + m.g.\sen\beta \quad (4)$$

$$F = (m.g) (\mu .\cos\beta + \sen\beta) \quad (5)$$

Tabla I

CRITERIO	VALOR
Pendiente Máxima	11% o ángulo de 6°
Pendiente Máxima Recomendable	6% ángulo de 3.4°

Tabla I Criterios del diseño

RESULTADOS

El prototipo obtenido satisface con el objetivo de auxiliar a una persona con alguna discapacidad física en su tarea de trasladarse de un lugar a otro, ya sea con un control manual o por medio de la voz. La silla construida soporta un peso de 106 Kg y se desplaza a una velocidad de 6km/h.

El diseño de este proyecto constituye una ayuda importante para la sociedad discapacitada de la ciudad, la región y el país.

Con este proyecto se logro avanzar en una rama de la electrónica en la que los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Chihuahua no habían explorado.

REFERENCIAS

- [1] J.M. Alcubierre, J. Minguez, L. Montesano, L. Montano, O. Saz, E. Lleida, ""Silla de Ruedas Inteligente Controlada por Voz", Primer Congreso Internacional de Domótica, Robótica y Teleasistencia para todos, 2005 Fundación ONCE.
- [2] A. Pardo García, Zolanyi M. Rubiano Calderón, Yeison J. Montagut Ferizzola "Automatización De Una Silla De Ruedas Controlada Por Comandos De Voz", Universidad de Pamplona, ciudadela universitaria.
- [3] Montoto Paredes, Jesús Fernando y Gutiérrez Garrido, Antonio., " Silla de Ruedas Controlada por Voz ", 6to. Congreso Nacional de Mecatrónica, Noviembre 8-10, 2007, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, S.L.P. Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C.
- [4] Toctaguano T Roberto C., "Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas" Tesis para obtener el grado de Ingeniero en Electrónica y control, Escuela Politecnica Nacional, Quito (Enero 2009).
- [5] "Electronic control of a wheelchair guided by voice commands", M. Mazo, F.J. Rodríguez, J.L. Lázaro, J. Ureña, J.C. García, E. Santiso, P.A. Revenga, Departamento de Electrónica, Universidad de Alcalá de Henares (U.A.H.), 28871 Alcalá de Henares, Madrid, Spain
- [6] Coughlin, R. ; Driscoll, F. " Amplificadores operacionales y circuitos i ntegrados lineales. 4ta ed. Prentice-Hall Hispanoamérica. México, 1993

SISTEMA DE CONTROL DE CASA HABITACIÓN MEDIANTE GSM

Arnulfo Castro Vásquez¹, Saúl González Campos¹, Ernesto Sifuentes de la Hoya¹, Lidia H. Rascon Madrigal¹, Rafael Fierro Mascorro¹, Erick Alan Lozano Palma¹,
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ingeniería y Tecnología
Ciudad Juárez, Chihuahua, México

arncastr@uacj.mx, saugonza@uacj.mx, esifuent@uacj.mx, lrascn@uacj.mx,
al@alumnos.uacj.mx, al2@alumnos.uacj.mx, escorpi0n@hotmail.com,
neo_0035@hotmail.com

RESUMEN

Este trabajo describe el diseño y la implementación de un prototipo para un sistema de sensado de eventos en una casa habitación. El prototipo se implementó utilizando tres elementos principales: el primero es la tecnología "Global System for Mobile Communications" (GSM) para implementar la comunicación, el segundo es la tarjeta AVR-GSM, la cual permite la conexión de los elementos a sensar y/o controlar y el tercero es una aplicación móvil instalada en un teléfono celular. El prototipo interactúa con la aplicación móvil instalada en el celular mediante el envío y recepción de mensajes GSM. La telefonía celular entrega los mensajes de texto a la tarjeta AVR-GSM, la cual ejecuta un programa que contiene las instrucciones adecuadas para sensar y/o controlar a cada uno de los elementos que se le han conectado. La comunicación también puede ser inversa ya que se ha diseñado para que a cada evento que suceda en el prototipo pueda existir una respuesta adecuada, la cual es enviada desde un programa instalado en el teléfono celular; con esta capacidad es posible que, desde cualquier ubicación, el usuario pueda supervisar el estado de cada uno de los sensores incorporados al sistema (ejemplo: apertura de puertas y ventanas), activar y desactivar dispositivos electrónicos, así como activar o desactivar todo el sistema de supervisión.

ABSTRACT

This paper describes the design and implementation of a prototype for a system detecting events inside a house. The prototype was implemented using three main elements: the first is the "Global System for Mobile Communications" (GSM) technology to establish communication, the second is the AVR-GSM card, which allows the connection of the sensing or controlling elements, and the third is a mobile application installed in a cell phone. The prototype interacts with the mobile application installed in the phone through the sending and receiving of GSM messages. Cellular technology delivers the text messages to the AVR-GSM card, which runs a program handling the required instructions for sensing and/or controlling each of the elements that have been connected. Communication is also possible in the opposite direction, due the system has been designed ensuring that every event happening in the house will have an appropriate response, which will be sent from the program running in the cell phone; with this capability, it is possible that, from any location, the user monitors the status of each of the sensors incorporated into the system (example: opening of doors and windows), enables or disables electronic devices, as well as enables or disables the entire supervision system.

INTRODUCCIÓN

Una parte fundamental en la implementación de nuevas tecnologías es la existencia de diversos medios de comunicación, los cuales juegan un papel importante en el intercambio de datos entre los diferentes dispositivos y por ende entre las personas y equipos, logrando de esta manera una interacción entre las partes involucradas con múltiples objetivos. Sin embargo, algunos de estos medios cuentan con ciertas limitantes que pueden ser oportunidad para otras tecnologías, la comunicación Global System for Mobile Communications (GSM), permite la interacción a través de telefonía celular y mensajes de texto, de estos la comunicación por mensajes de texto puede ser manipulada para intercomunicar equipos con la ayuda de la computación generando un campo de aplicación que puede cubrir varios aspectos.

La tecnología GSM actualmente tiene una amplia capacidad de cobertura en la gran mayoría de los sitios del país. Los servicios de telefonía ofrecidos por alguna compañía particular (Telcel, movistar, lusacell) permiten la capacidad de utilizarla como medio de comunicación, y en el caso de este trabajo, se presenta la comunicación vía mensajes de texto aplicada en el control de equipos, este tipo de aplicaciones no es nuevo y se puede apreciar en los trabajos que se mencionan a continuación.

En (Joe-Air, y otros, 2008), se utilizó la tecnología GSM en un sistema de monitoreo del campo, en la agricultura, con una gran capacidad de respuesta que registra en tiempo real múltiples datos como humedad, cantidad de moscas en el ambiente, precipitación, presión atmosférica, etc., monitoreando el ambiente en el campo de cultivo en cada momento, guardando los datos en un sistema de base de datos distribuido el cual puede ser consultado por una aplicación web que accede a los datos. Por otro lado en (Boquete, Bravo, & García, 2003) se utilizó la tecnología de GSM en una aplicación de sistemas distribuidos, controlando a través de un micro-controlador, varios sensores incrustados en múltiples bloques. De manera similar (Ionel, Vasiu, & Mischie, 2012) utilizó la tecnología General Packet Radio Service (GPRS) en un sistema de supervisión y adquisición de datos de manera remota a través de un servicio de teléfono móvil y un sitio Web utilizando el MC55iT GSM/GPRS e implementado en LabVIEW con una interfaz que permite el acceso a un sitio Web. En (Gröning, Remmerbach, & Jansen, 2007) se aplicó la tecnología GSM para controlar la cantidad de insulina que se alimenta a través de una bomba (H-Tronin 100 for H-Tron Hoechst) previamente controlada y con capacidad de recibir los comandos encriptados en un mensaje de texto, el cual es enviado por un celular controlando a distancia el funcionamiento de la bomba y en consecuencia la cantidad de insulina que se proporciona a los pacientes. Por otro lado en (Qing-Dong, Jian, Zhong-Liang, & Xue-Rui, 2011) se utilizan varias tecnologías GIS/GPS/GPRS/GSM para controlar y monitorear volteos mineros (Mining Trucks) con el uso de un bus CAN un módulo computacional que permite controlar elementos como: sistema dinámico de transmisión hidráulica, sistema de control de presión, temperatura, sistemas de lubricación, suspensión, sistema de aire, presión de aire de las llantas, etc. Otra aplicación de interés es la utilizada por (Tang, Shuai, & LuoJun, 2011), la cual utiliza la tecnología de GSM para controlar por medio de sensores elementos como: temperatura (sensor DS18B20), humedad (sensor HS1101), humo y gas. Los datos de estos sensores llegan a un microcontrolador LPC2368, el cual posee un programa computacional que permite la comunicación con una aplicación de teléfono celular para intercambiar los comandos necesarios que transportan la información que representa el estado de la habitación que se esta controlando.

En el presente trabajo se presenta el prototipo de comunicación y control entre una casa habitación y una aplicación de teléfono celular, como un elemento que coadyuva al usuario final (UF o Dueño), en el control y seguridad del bien inmueble, se ha realizado un análisis desarrollo he implementación del prototipo que controla eventos que son simulados en una maqueta los cuales están conectados a la tarjeta AVR GSM y con mensajes de texto de la tecnología GSM se notifican a la aplicación de un teléfono celular que posee el UF. Aportando su parte tecnológica en el

proceso de control y seguridad demostrando que es posible aplicar este tipo de tecnología a una casa habitación o un bien inmueble.

La tecnología Global System for Mobile Communications (GSM) actualmente está incorporada en la gran mayoría de los teléfonos celulares que hacen uso de los servicios de telefonía ofrecidos por alguna compañía particular (Telcel, movistar, lusacell en México). Dicha tecnología cuenta con una gran cobertura que puede ser utilizada para la comunicación entre diversos dispositivos.

La tarjeta de desarrollo AVR-GSM (Olimex)¹ utilizada para la implementación del prototipo del sistema de seguridad posee múltiples funcionalidades dentro de las cuales se presentan las siguientes:

- Un micro-controlador ATmega32, a través del cual se pueden programar cada una de las funciones que soporta la tarjeta.
- Un módulo de 3 bandas GSM(900/1800/1900 MHz), lo que le permite un amplio rango de cobertura para las redes de comunicación.
- Joint Test Action Group (JTAG) conector para programar y compilar con AVR-JTAG-L o AVR-JTAG-USB
- Un conector con 26 pines para acceder a los puertos del ATmega32
- Conector para sensores remotos de temperatura
- Dos relevadores que permiten el control (ON-OFF) de distintas cargas y/o dispositivos

Las dimensiones de la tablilla son 130x82x34 mm (5.1x3.2x1.3")¹ la cual es presentada en la figura 1 esta presenta la imagen ortogonal, reverso y frente de la tarjeta.



Figura 4 Tarjeta de desarrollo con tecnología AVR GSM

En las figuras que se presentan se puede apreciar el medio de conexión para las entradas de señales (sección verde en las imágenes de la figura 1) la cual permite recibir 8 conexiones de manera directa, sobre estas se pueden conectar los elementos que se desean controlar o supervisar.

DESARROLLO

El presente trabajo consta de módulos que se intercomunican entre sí de tal forma que cada uno realiza su función en el proceso de control o seguridad que presenta el prototipo y los cuales son aplicados en la supervisión de eventos en una maqueta que representa una casa habitación. El

¹ OLIMEX. 2009. AVR-GSM development board, User's manual.

diagrama principal de este prototipo se presenta en la figura 2. En esta se puede apreciar cada uno de los elementos que conforman el sistema en conjunto.

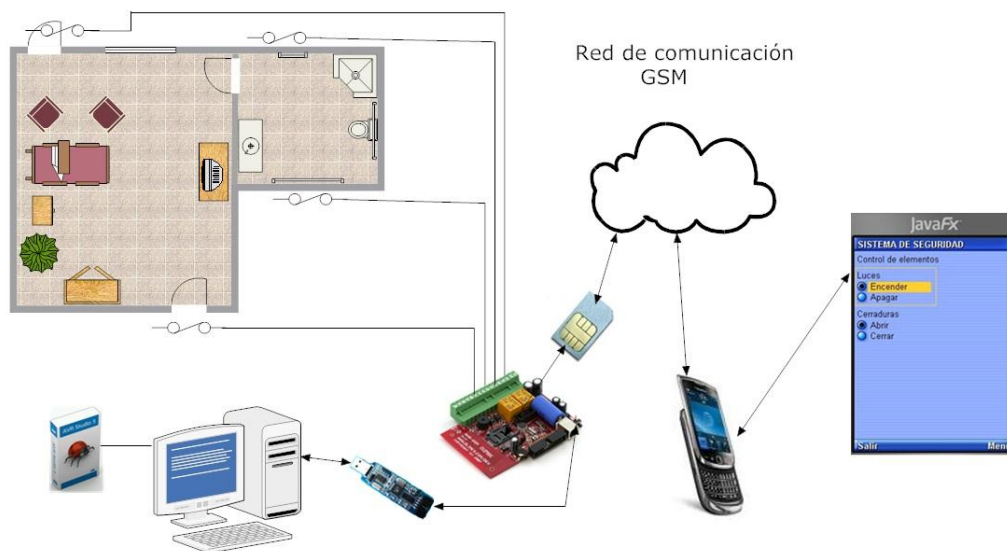


Figura 5 Esquema principal del prototipo desarrollado con la tarjeta AVR-GSM

En el diagrama superior se presentan los siguientes elementos: Se tiene una imagen que representa la casa habitación y en esta se ha representado el cableado de los elementos a controlar y que van directamente a la tarjeta AVR-GSM, cada elemento genera un tipo evento booleano como señal de entrada a la tarjeta, algunos de los que se presentan y que han sido controlados en el prototipo son: puertas, ventanas y sistemas de movimiento; para que la tarjeta AVR-GSM pueda responder a los eventos conectados a ella. De igual forma en la parte baja se representa el ambiente de programación del lenguaje AVR Studio 5.0 del micro-controlador el cual permite implementar una aplicación computacional que posea la lógica necesaria esta ha sido desarrollada en el lenguaje AVR Studio 5.0 y que es el lenguaje que soporta la tarjeta AVR-GSM permitiendo instalar, configurar y controlar a través de ésta cada una de las señales recibidas por las entradas conectadas a la misma. El programa se transfiere a la tarjeta a través de un dispositivo de conexión USB entre la computadora y la tarjeta AVR-GSM, éste ha sido desarrollado con todo lo necesario para responder a cada evento -mediante mensajes de texto de la tecnología GSM- que se genere en los elementos que se conectan a la tarjeta reportando el estado que guardan las entradas conectadas a la tarjeta AVR-GSM

Se debe determinar cada una de las acciones que se necesitan realizar para responder a los eventos que se realicen en la casa habitación, una vez determinadas las acciones se procede a la realización de un programa el cual estará residente en la tarjeta AVR-GSM, dando respuestas a solicitudes cuando sea necesario a través de mensajes de texto por parte de una aplicación residente en la tarjeta AVR-GSM entre el UF y los elementos controlados por la tarjeta.

Una vez creada la aplicación se debe instalar en la tarjeta AVR-GSM, esto se realiza con la tarjeta AVR-JTAG conector la cual es un intermediario entre el computador y la tarjeta, permitiendo el instalar en la tarjeta AVR-GSM cualquier programa que responda a los eventos que estén conectados a la misma.

El comprender como funciona la tarjeta AVR-GSM es fundamental ya que esto ayudará al en el desarrollo de programas que controlen los eventos que reciba la tarjeta, ésta tarjeta posee

múltiples elementos los cuales se presentan en la figura 3 y están representados los principales bloques que la forman y que son básicos para responder a cualquier evento que genere cualquier dispositivo que se interconecte a ella.

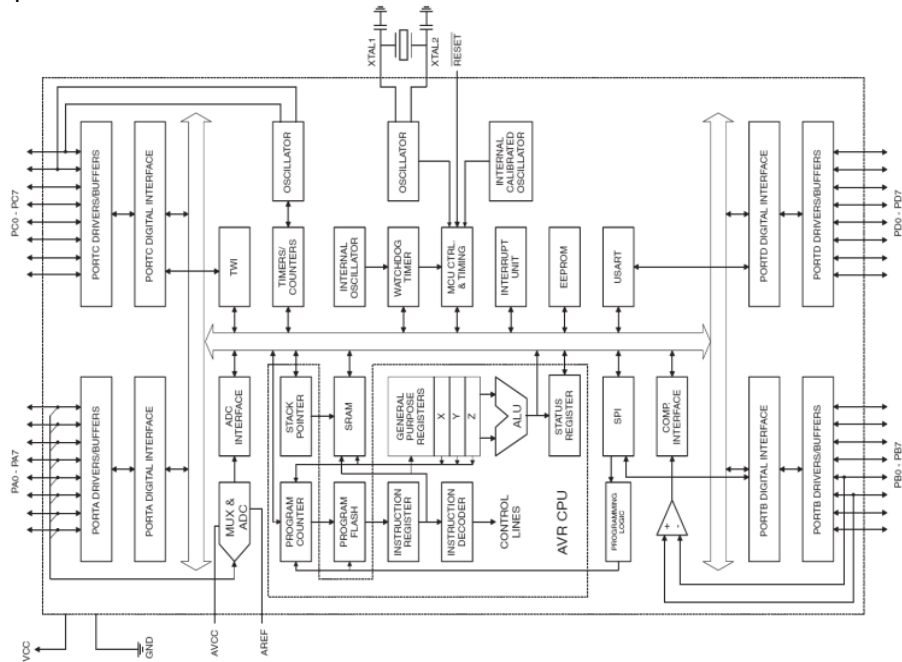


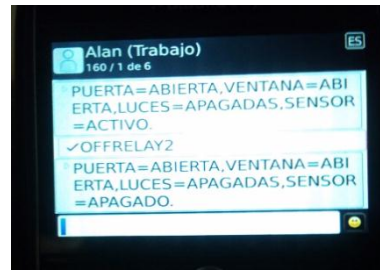
Figura 6 Diagrama a bloques de la tablilla AVR-GSM

La figura 3 representa al micro-controlador ATmega32 de la tarjeta AVR-GSM, el cual presenta los principales elementos incluyendo: puertos de control, buffers, registros, ALU, contador de reloj, pila, etc. Con este micro-controlador la tarjeta puede responder a cada uno de los elementos que se conectan a ella, siempre y cuando éstos eventos tengan una respuesta en el programa residente de la tarjeta, todos los eventos que recibe la tarjeta son manejados de manera booleana y deben considerarse en el programa que se instale en la tarjeta, para el caso del prototipo que se presenta en este trabajo se controla el estado de cuatro ventanas dos puertas y dos sensores de movimiento para los cuales se desarrollo un programa que responde a estos eventos y se instaló en la tarjeta AVR-GSM, la respuesta de la tarjeta AVR-GSM es mediante una cadena de texto la cual tiene un orden y secuencia que representa cada uno de los estados que guardan los eventos a controlar o supervisar, los cuales serán procesados por la aplicación instalada en el celular del UF.

En un celular de cuarta generación instaló una aplicación desarrollada en el lenguaje JAVA sobre la plataforma NetBeans 6.8, esta aplicación recibe las señales de la tarjeta AVR-GSM en formato de texto y las transforma en información que el usuario final puede comprender y en consecuencia generar acciones sobre el estado que guardan los elementos que se están controlando en el prototipo de la casa habitación. Como ejemplo de éste método de comunicación y como respuesta a la solicitud del estado del prototipo que se supervisa, se puede apreciar en la figura 4(A) la vista de frente de la maqueta del prototipo la cual presenta una puerta y una ventana las cuales están abiertas.



(A)

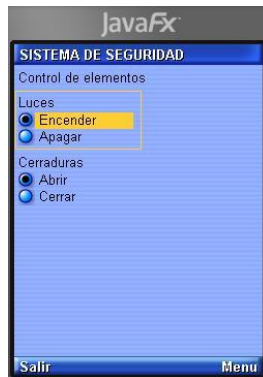


(B)

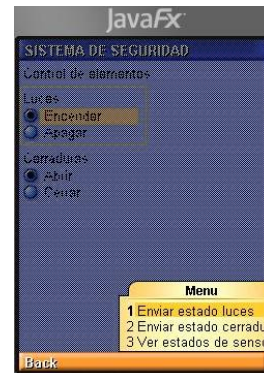
Figura 7 Maqueta y mensaje de cenado en dispositivos

En la figura 4(B) se puede ver el resultado que se generó del estado de las señales conectas a la tarjeta AVR-GSM y que fue enviado a la aplicación del teléfono celular como un mensaje de texto el cual después de ser procesado por la aplicación.

La aplicación desarrollada para el celular presenta una interfaz grafica con menús y sub-menús mediante los cuales el UF puede tomar las acciones para las cuales se tienen respuesta en la tarjeta AVR-GSM y en consecuencia se aplican al prototipo que se supervisa; la aplicación recibe como entrada una cadena de texto que posee los estados que guarda cada uno de los elementos dentro del prototipo y de esta cadena genera los datos necesarios para presentar al UF en la interfaz, por ejemplo: apagar las luces, abrir o cerrar cerraduras, etc. Cuando el UF desea enviar una orden a realizarse en el prototipo, éste la envía mediante la Interfaz grafica enviando las instrucciones que desea hacer o realizar en los elementos controlados a la tarjeta AVR-GSM, esta orden se construye en un mensaje de texto el cual es enviado a la tarjeta AVR-GSM.



(A)



(B)

Figura 8 Aplicación desarrollada en Celular

El mensaje de texto que recibe la tarjeta AVR-GSM es decodificado en el programa residente y posteriormente ejecutado en los elementos conectados a la tarjeta AVR-GSM respondiendo a las acciones con señales en los puertos las cuales previamente han sido implementados para responder

En la figura 5(A) se puede apreciar la aplicación instalada en el celular, denominada "SISTEMA DE SEGURIDAD" la cual presenta un menú principal que representa algunas de las acciones para las cuales se ha programado el sistema, de igual forma una vez que se ha elegido una opción del menú, éste activa un submenú, el cual se presenta en la figura(B) para las opciones de este submenú, se han programado acciones a las cuales responde el programa almacenado en la tarjeta AVR-GSM.

La comunicación entre la aplicación del celular y la tarjeta AVR-GSM se realiza a través de una

compañía que oferta los servicios de telecomunicación, en donde previamente se deberá poseer un contrato que permita la comunicación de mensajes de texto, cada solicitud o interacción entre la aplicación y la tarjeta generará el uso de la red de telefonía con mensajes que envían o reciben los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un prototipo que permite supervisar una maqueta que simula una casa habitación y hace posible que se pueda utilizar como un elemento alternativo que puede coadyuvar en la seguridad de bienes inmuebles.

Se puede apreciar que existe un potencial de aplicación, debido a que el dispositivo puede ser multiplexado generando un mayor número de elementos a controlar ya que cada salida puede regresar un valor booleano siendo hasta 128 las posibilidades.

Se percibe que la comunicación bidireccional de la tarjeta AVR-GSM es capaz controlar múltiples elementos, tal es el caso este prototipo el cual es muestra fehaciente de que es posible.

Como una mejora del prototipo, se puede implementar un módulo que almacene los eventos que se registran en un sistema de Base de Datos, los cuales pueden ser accedidos por una aplicación web la cual permita ver todos los eventos que han sido supervisados.

PRUEBA

A continuación se describe una prueba de las que se realizaron al prototipo; se incluye: la aplicación móvil, la recepción, interpretación y envío de comandos desde la aplicación de celular a la maqueta y viceversa.

En esta prueba, se activó el sistema de seguridad y se inicio el proceso de censar movimientos, en la maqueta de pruebas se activó el sistema de supervisión, posteriormente se procedió a abrir la puerta y la ventana como se muestra en la figura 4(A), se puede apreciar que se abre la puerta y la ventana, la tarjeta respondió a los eventos que se dieron en la maqueta enviando un mensaje adecuado a la aplicación del celular, la cual procesa y presenta el resultado en la pantalla del celular presentando el estatus de los sensores supervisados en la tarjeta, esto se aprecia en la figura 4(B) la cual presenta una pantalla del resultado que aparece en el celular.

El mensaje recibido en el celular es “la puerta= abierta, ventana abierta, luces apagadas, sensor apagado”, esto se representa en la figura 4(B); la cadena de texto que se recibe representa el como están físicamente cada uno de los elementos que se están censando, el tiempo de retardo entre el evento de apertura y la respuesta en el celular fue de 14 segundos en horario en el cual no se tienen tanto tráfico en la red.

CONCLUSIONES

Es posible implementar mecanismos que ayudan a los procesos de seguridad con un costo relativamente bajo, con la integración de diferentes tipos de aplicaciones de software y hardware en un sistema.

Esta aplicación se puede adecuar a cualquier necesidad, en una empresa o en una casa habitación que lo requiera, bajo el entendido de que la tarjeta solo procesa señales de voltaje para

indicar encendido o apagado, previo a las modificaciones o adecuaciones necesarias de acuerdo a cada caso, se deben implementar los medios electrónicos, eléctricos o mecánicos de acuerdo a las necesidades de cada dispositivo a controlar.

La aplicación de control o supervisión con mensajes de texto de la telefonía GSM tiene un potencial que puede ser ampliamente utilizado como lo demuestra este prototipo.

El control de las señales previas a la tarjeta debe ser considerado de acuerdo a cada necesidades, debido a que si se desea prender un motor o alguna máquina la tarjeta solo enviará una señal de 5 volts indicando un valor de positivo como señal, pero el como se arranca o prende el motor debe ser considerado aparte.

Bibliografía

- Boquete, L., Bravo, I., & García, M. (2003). Telemetry and Control System with GSM Communications. *Microprocessors and Microsystems 27 Elsevier*.
- Gröning, R., Remmerbach, S., & Jansen, A. (2007). Telemedicine: Insulin pump controlled via the Global System for Mobile Communications (GSM). *International Journal of Pharmaceutics 339*, 61-65.
- Ionel, R., Vasiliu, G., & Mischie, S. (2012). GPRS Based Data Acquisition and Analysis System with Mobile Phone Control. *Measurement ELSEVIER*.
- Joe-Air, J., Chwan-Lu, T., Fu-Ming, L., En-Cheng, Y., Zong-Siou, W., Chia-Pang, C., . . . Chih-Sheng, L. (2008). A GSM-Based remote wireless automatic monitoring system for field information: A case study for ecological monitoring of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *ScienceDirect Elsevier*, 243-259.
- Qing-Dong, F., Jian, S., Zhong-Liang, J., & Xue-Rui, X. (2011). The Automatic Control System of Mining Truck. *Energy Procedia 13*, 8267-8275.
- Tang, Z., Shuai, W., & LuoJun, a. (2011). Remote Alarm Monitor System Based On GSM and ARM. *Advanced in Control Engineering and Information Science Procedia Engineering 15*, 65-69.

SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN PARA UNA CELDA DE COMBUSTIBLE TIPO PEM

Luis Ruiz Vélez, Beatriz Escobar Morales, Ysmael Verde Gómez

Instituto Tecnológico de Cancún, Av. Kabah Km. 3, Cancún, Q. R., 77500, México.
E-mail: ruiz_luis19@hotmail.com, bem08@hotmail.com, yverde@itcancun.edu.mx

RESUMEN

En este trabajo se presentan el diseño e implementación de un sistema de cómputo capaz de monitorear y controlar las funciones de los diferentes dispositivos que determinan los principales parámetros de operación de la celda de combustible. El sistema tiene como entrada los valores deseados para la operación de la celda de combustible (temperatura, flujo de gas y caudal) y se encarga de ajustar los instrumentos para mantener los valores deseados; además realiza los ajustes correspondientes cuando se detectan cambios. Esto se realizó mediante instrumentación virtual para realizar la adquisición de datos y el control de los dispositivos a través de puertos RS232 y una tarjeta de adquisición de datos. La plataforma de programación utilizada fue el programa LabVIEW.

ABSTRACT

This paper presents the design and software implementation to supervise and control the functions of different devices in order to operate the main parameters of a fuel cell. The system consider as input the desired values for the fuel cell operation (temperature, pressure and gases flow) and it is responsible to adjust the instruments to keep the desired values; also makes the appropriate adjustments when changes are detected. The system was done by virtual instrumentation for data acquisition and devices control via protocol RS232 and data acquisition card. Software platform used was LabVIEW.

1.- INTRODUCCIÓN

La actual disminución de los recursos naturales no renovables más utilizados en la generación de energía eléctrica, obligan a la búsqueda de alternativas que puedan ser utilizadas en el futuro cercano. En este escenario, el hidrógeno jugará un papel importante como vector energético, tanto por la factibilidad técnica, como por la característica renovable y no contaminante. Para que el reemplazo de un sistema basado en combustibles fósiles por uno basado en hidrógeno sea viable, se deben resolver algunos retos técnicos asociados a cada una de las etapas durante el empleo del hidrógeno, en cada una de estas etapas existen nichos donde la aplicación de los desarrollos científicos puede derivar hacia la generación de productos con gran impacto técnico, económico y social. Uno de los sistemas más eficientes de generación eléctrica mediante hidrógeno y que están alcanzando un gran desarrollo, son las celdas de combustible de intercambio protónico ó de electrolito polimérico (PEMFC, por sus siglas en inglés), sobre todo en su aplicación para la industria automotriz, residencial y aplicaciones móviles como teléfonos celulares, computadoras portátiles, etc. [1, 2]. Esto es debido, a su baja temperatura de operación (cerca de 80°C) y por lo tanto su relativo rápido arranque, así como a una alta densidad de potencia y alta eficiencia de conversión de energía.

La celda de combustible trabaja bajo ciertos parámetros, por lo que es importante mantener las variables de operación dentro de esos parámetros para que el funcionamiento sea lo más óptimo

posible por ejemplo; si la temperatura de operación de la celda es sobrepasada, se generarían problemas de transporte de protones, debido a la falta de agua en el ánodo y la deshidratación del electrolito. Para evitar esto, se sugiere mantener monitoreado la humedad, por lo que hace necesario un controlador de humedad; esto se puede logra suministrándole a la PEMFC gases con cierto porcentaje de humedad. Por otro lado un parámetro fundamental es el control del flujo de los gases, para esto es necesario sensores de flujo de masa, para la medición de esta variable, ya que nos permite medir con exactitud el caudal de los gases. Finalmente, Lee et al recomienda usar un sistema de carga electrónica (HP6050A), para medir el comportamiento de la celda a diferentes cargas. Las mediciones de variables eléctricas (distribución de corriente y voltaje), son de vital importancia ya que permiten observar si la celda se está comportando óptimamente. Varios métodos se han obtenido para registrar este tipo de mediciones *in situ* [3].

El buen funcionamiento de las celdas de combustible está en dependencia de las variables de operación que en ella intervienen (i.e. temperatura, presión, flujo, corriente y voltaje). Para lograr que una celda de combustible tenga un rendimiento óptimo, es importante mantener monitoreadas y controladas dichas variables; otro beneficio de mantener el monitoreo y el control de las variables es lograr que la celda tenga una vida útil larga.

Elaborar un programa de cómputo capaz de establecer los parámetros de operación deseados en los instrumentos que se encargan de controlar las variables que intervienen en la celda de combustible es de suma importancia, puesto que aparte de mantener el monitoreo, también se suma el auto ajuste de los parámetros cuando se registren cambios, haciendo así más fácil establecer y mantener las condiciones de trabajo deseados en la celda de combustible, así como el monitoreo de su desempeño bajo condiciones específicas de operación; todo esto a través de una interfaz gráfica que facilite el despliegue de los parámetros registrados.

2.- DISEÑO DEL SISTEMA.

Monitorear y controlar las variables temperatura, presión, flujo, corriente y voltaje que intervienen en la operación de la celda de combustible es una tarea que requiere de instrumentos especializados de medición y adquisición de datos, que permita el análisis constante de dichas variables para tomar las medidas necesarias cuando se registren cambios en la operación. Estos instrumentos pueden ser ajustados con el uso de la computadora siempre y cuando tengan una configuración que lo permita, esto se logra estableciendo comunicación entre el instrumento y el procesador de la computadora a través de los puertos de comunicación de la misma. La interface de comunicación RS232 (Recommended Standard 232), establece normas para lograr intercambiar datos entre equipos terminales y equipos de comunicación de datos; trabaja dentro de una distancia de 15 metros y con una velocidad de 20kbps, estas características lo hacen ideales para ser utilizado en los instrumentos involucrados en el sistema propuesto.

Para el desarrollo del presente proyecto se consideraron dispositivos capaces de monitorear y/o controlar las siguientes variables de operación: temperatura, flujo, corriente y voltaje. Además es necesario que cuenten con la posibilidad de establecer comunicación con la computadora. Los equipos MTS-A-150 y ECL-150 (ElectroChem Inc.) son equipos especializados en trabajar con las celdas de combustible, cuentan con los instrumentos necesarios para mantener el monitoreo y el control de las variables involucradas. Estos equipos son operados manualmente pero tienen la posibilidad de establecer comunicación con la computadora a través del puerto RS232 y haciendo uso de una tarjeta de adquisición de datos. También cuentan con dos reguladores de presión de válvula manuales, estos pueden ser reemplazados por controladores de presión para lograr tener un sistema que tenga comunicación con la computadora en todos sus componentes.

Para controlar el flujo másico del los gases el equipo utiliza el instrumento siguiente:

- Marca: Sierra Intruments

- Modelo: C100L-DD-5-OV1-SV1-PV1C-V1-S1
- Presión máxima: 500psig
- Conector de gases: ¼" VCO
- Energía de suministro: 15-15vdc

Para controlar la temperatura el equipo utiliza el siguiente dispositivo:

- Marca: Micromega.
- Modelo: CN77000
- Tipos de entradas: J, K, T, E, R, S, B, N, J-DIN°C, RTD 100Ω 0.00385, 100Ω & 1kΩ 0.00392, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA, 0 a 100mV, 0 a 1V, 0 a 10Vdc.
- La salida de la alarma 1 incluye relé SPST, 3A a 120Vac, 3A @ 240VAC.

Para monitorear la corriente y el voltaje se utilizó el equipo ECL 150 (ElectroChem, Inc.) con las siguientes características:

- 1 Puerto para la comunicación externa: 0 - 20V.
- 1 indicador de corriente.
- 1 indicador de voltaje.
- 1 terminal para la entrada del voltaje.
- 1 terminal para la carga (celda).



Figura 1. Estación de prueba de la Celda de Combustible.

Para poder establecer la comunicación en el ECL 150, se tiene que hacer mediante una tarjeta de adquisición de datos, puesto que su salida se registra de 0 a 20V. Por lo que se propone el uso de la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 (National Instruments) que tiene las siguientes características:

- 8 entradas análogas.
- 2 salidas análogas
- Voltaje máximo: 10v
- 12 canales bidireccionales (E/S digital)

3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA CELDA DE COMBUSTIBLE

LabVIEW es un software de programación grafica, es fácil de usar y proporciona interfaces gráficas de usuario que hacen intuitivos a los programas que son desarrollados en él, facilitando el uso de los puertos de comunicación de la computadora. Como es un software desarrollado por National Instruments (empresa creadora de tarjetas de adquisición de datos) cuenta con una amplia gama de compatibilidad con tarjetas de adquisición de datos.

Cuando se opera la celda de combustible, es necesario que las variables tengan ciertos valores establecidos para que esta tenga un rendimiento óptimo y su vida útil sea más larga, también se tiene que establecer el control de los cambios que se puedan presentar durante la operación de la celda. De esta forma, es necesario que el programa cumpla con los requisitos que muestran en las secciones posteriores.

3.1 Diagrama para la variable temperatura.

Las celdas de combustible trabajan bajo temperaturas específicas para operar con un rendimiento óptimo (80°C para las celdas tipo PEMFC), si se tiene un control de la temperatura de la celda, se cuidará su vida útil, además de tener un mejor rendimiento en la operación.

Las típicas membranas para bajas temperaturas para las celdas de combustibles de membrana de intercambio protónico son el Nafion (DuPont) u otros polímeros perfluorados de ácido sulfónico. Estas membranas tienen una estructura multi-fase [3]. Para que esta membrana tenga un rendimiento óptimo, deben de estar bien hidratadas, para permitir el puente entre las inclusiones iónicas que facilitan la conductividad de protones. Para mantener la membrana hidratada, una o ambas de las corrientes de gas reactivo debe ser humidificadas; los sistemas que se basan en agua para mantener la hidratación de membrana están todavía en desarrollo. El uso de estas membranas a temperaturas elevadas conduce a la evaporación de agua de la membrana y una pérdida de la conductividad iónica. Los cambios en la conductividad en varios órdenes de magnitud se correlacionan con contenido de agua de la membrana [3].

Para controlar la temperatura, se debe de establecer un valor de temperatura de operación y dependiendo de este valor se presentan dos situaciones: a) se activa una resistencia eléctrica si el valor de la temperatura del gas es menor a la que se quiere; b) se desactiva si es mayor. Además se tiene que mantener el monitoreo constante de la variable para detectar cambios. Teniendo en cuenta estos requisitos, se propone el diagrama de flujo del sistema mostrado en la Figura 2.

De la Figura 2 podemos observar que primero se establece la comunicación con el controlador, enseguida se obtiene el dato del valor inicial de la temperatura que registra el controlador, después se leen los datos de operación que el usuario ingresa para la operación de la celda de combustible, también se lee la variable que recibirá la orden de finalizar el programa y se lee una variable que tomará el estado (Activo o Desactivado) del botón con que se mandará la orden para finalizar el programa. Luego se muestra en pantalla el valor que el controlador registró al inicio, en el siguiente paso se asignan los valores iniciales tanto para la variable botón como para la variable que terminará la ejecución del programa. Después, el flujo entra en el ciclo principal que se encargara de hacer la comparación de la variable que finaliza el programa; si la comparación es verdadera entonces se apaga la resistencia, se cierra la comunicación entre el controlador y el procesador, se cierra el puerto de la computadora y se finaliza el programa. Si la comparación fue falsa, entonces se lee el dato actual, en el siguiente paso el programa hace una toma de decisión dependiendo del resultado de la comparación: $\text{Dato Actual} < \text{Dato Deseado}$. Si la condición resulta verdadera, entonces el flujo entra en un ciclo repetitivo que activará la resistencia mientras la condición sea verdadera. Si la condición resulta falsa, entonces la resistencia eléctrica se desactiva, y se imprime en pantalla el dato actual. Por último, el ciclo entra en una condición más para determinar si el botón de finalizar se activó, de ser así la variable finalizar cambia a verdadera y regresa al inicio de la comparación del ciclo principal, de lo contrario, la variable finalizar se queda con el valor actual y el flujo del diagrama regresa al inicio del ciclo principal.

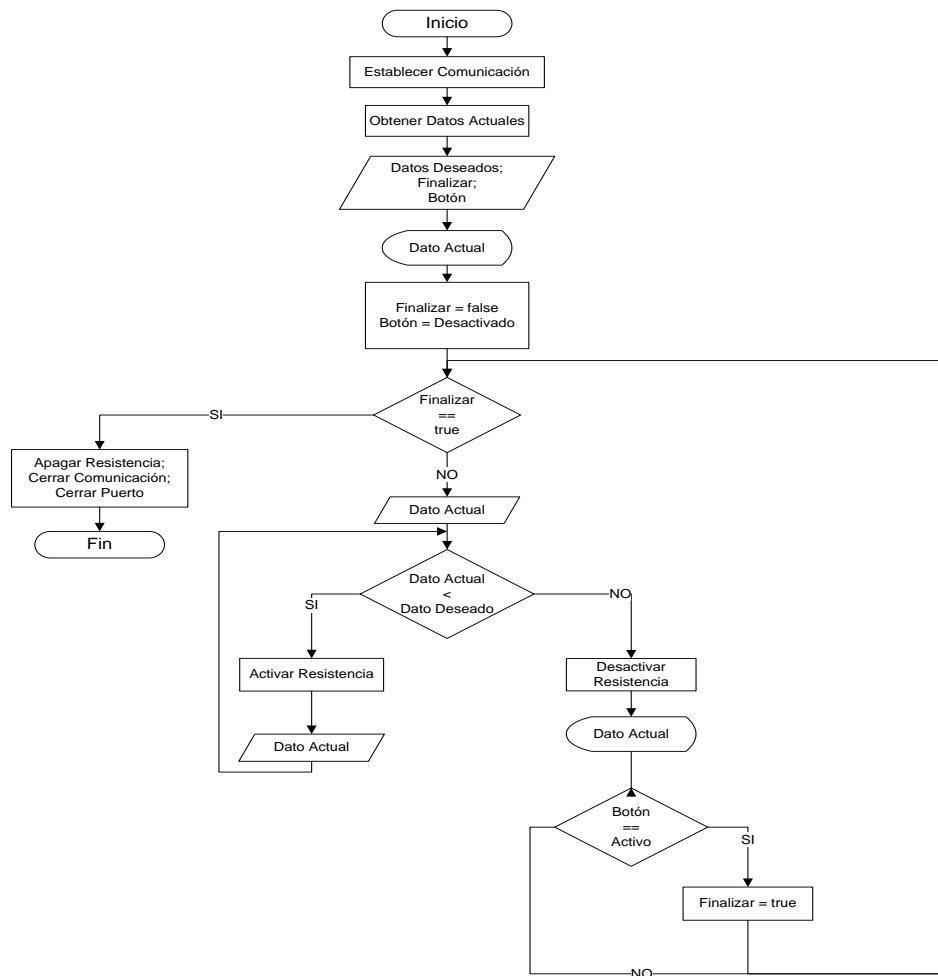


Figura 2. Diagrama de Flujo de la Variable Temperatura.

3.2 Diagrama para la variable flujo.

Mantener un flujo de los gases constante en la operación de la celda de combustible, ayuda a conocer con qué cantidad de combustible se está operando la celda y con esa base se puede optimizar el gasto de los gases conociendo la cantidad de energía demandada. Por otro lado, durante la operación de la celda los gases hidrógeno y oxígeno son consumidos originando gradientes de concentración; este gradiente provoca una distribución en las temperaturas, corriente y producción de agua en la celda. Estos efectos secundarios provocan cambios en la velocidad de reacción debido a la inundación local de agua y resistencia iónica puntual, estos efectos a su vez causan problemas de estabilidad, durabilidad y mal desempeño en la celda.

Para controlar el flujo de los gases, primero se debe de establecer la cantidad de flujo que se quiere en el instrumento y una vez establecido, se ajusta el instrumento para mantener ese valor de operación. Durante el proceso de operación, se debe de mantener el monitoreo de las variables para detectar cambios y en caso de haber cambios se tienen que hacer los ajustes correspondiente. Teniendo en cuenta estos requerimientos en consideración en la Figura 3 se presenta la secuencia del diagrama de flujo del sistema cuando se trata de la variable de flujo.

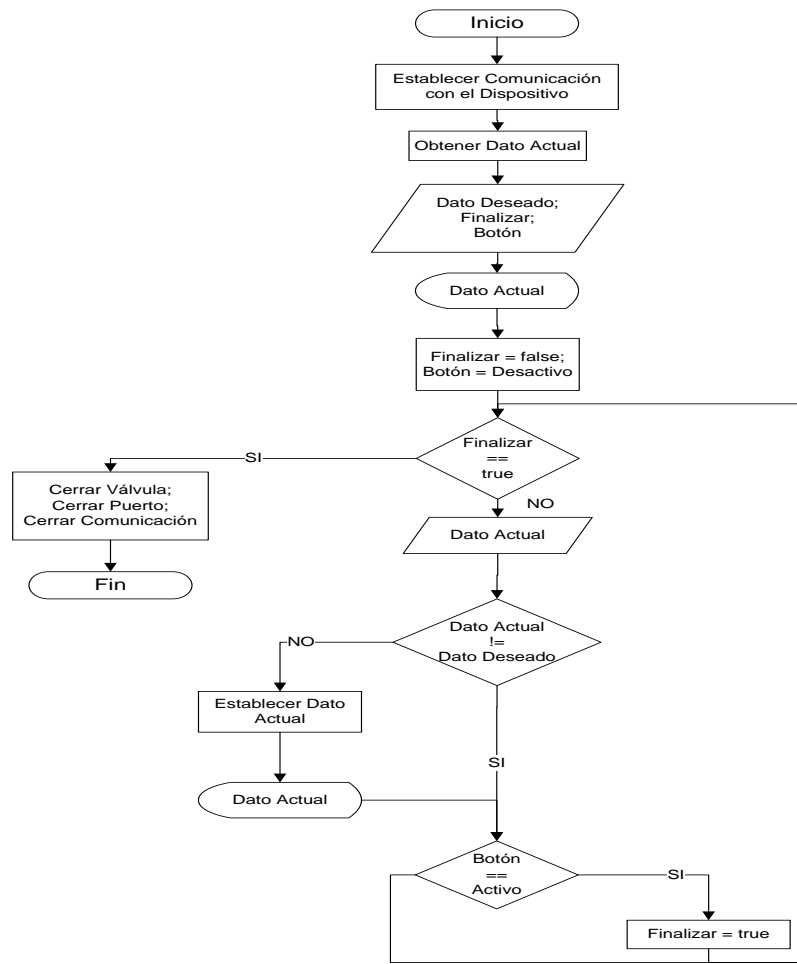


Figura 3. Diagrama Flujo de la variable de los Flujos de gases.

En la Figura 3 podemos observar que primero se establece la comunicación con el controlador, luego se obtiene el valor actual del flujo que registra el controlador, después se lee el dato que el usuario ingresa como valor deseado para el flujo de los gases, la variable que se encargará de recibir la orden para finalizar el programa y la variable que tomará el estado (Activo o Desactivado) del botón que se encargará de dar la orden de finalizar el programa. Luego se muestra en pantalla el valor del flujo que el controlador registró al inicio, enseguida se le asignan valores iniciales a la variable finalizar y a la variable botón. Después el flujo del programa entra en una toma de decisión según la condición $Finalizar == true$; si dicha condición es verdadera, entonces se cierra la válvula, se cierra la comunicación entre el dispositivo y la computadora, se cierra el puerto de la computadora y por último se finaliza el programa. Si la condición es falsa, entonces se lee el dato actual y se pasa a la comparación: $Dato Actual \neq Dato Deseado$, si resulta falso entonces se establece el valor del dato deseado en el controlador y se muestra en pantalla el dato actual y se pasa al ciclo de comparación del estado del botón. Si la comparación resulta falsa, entonces se pasa al ciclo de comparación del estado del botón, en el se hace la siguiente comparación: $Botón == Activo$, si resulta verdadero entonces la variable finalizar cambia a verdadero y el flujo regresa a la comparación $Finalizar == true$. Si la comparación $Botón == Activo$ resulta falsa, entonces la variable finalizar retiene su valor y se regresa el flujo a la comparación: $Finalizar == true$.

3.3 Diagrama para las variables voltaje y corriente eléctrica.

Mantener monitoreado el voltaje y la corriente con que se está operando la celda ayudará a mantener la vida útil de la celda, además de saber el comportamiento de la celda bajo diferentes

cargas, puesto que el voltaje y la corriente que se genera en la celda no es constante. El diagrama de flujo del sistema para el control de ambas variables es el mismo, por lo que en la Figura 4, se muestra la secuencia que seguiría el control de los dos instrumentos.

La figura 4 muestra que primero se establece la comunicación con la tarjeta de adquisición de datos. Después se obtiene el dato actual de la cantidad de la variable eléctrica (voltaje o corriente) que el dispositivo registra; luego se leen las variables: a) dato anterior, que se encargara de recibir el valor del voltaje actual, antes de volver a leer el valor que registra en la tarjeta, b) la variable que recibirá la orden de finalizar el programa y c) la variable que tomará el estado del botón (Activo, Desactivo) que controlara el fin del programa. En el siguiente paso se imprime en pantalla el dato actual que se leyó de la tarjeta; después se le asignan los valores iniciales a la variable finalizar y al botón. Enseguida el flujo del programa entra en el ciclo principal y hace una toma de decisión según el resultado de la comparación: Finalizar == true; si la comparación es verdadera, entonces se cierra la comunicación con la tarjeta y se finaliza el programa; si la comparación resulta falsa, entonces se lee de la tarjeta el dato actual, después al dato anterior se le asigna el dato actual y al dato actual se le asigna el valor 0. Después se hace una comparación entre el dato anterior y el dato actual para ver si existen cambios, si se detectan cambios entonces se muestra el cambio encontrado y enseguida se pasa al ciclo de comparación del botón que finaliza el programa; si se activó, entonces a la variable finalizar se le asigna el calor true y se regresa al principio del ciclo principal. Por otro lado, si el botón no se activo, entonces la variable finalizar conserva su valor y se pasa directamente al inicio del ciclo principal.

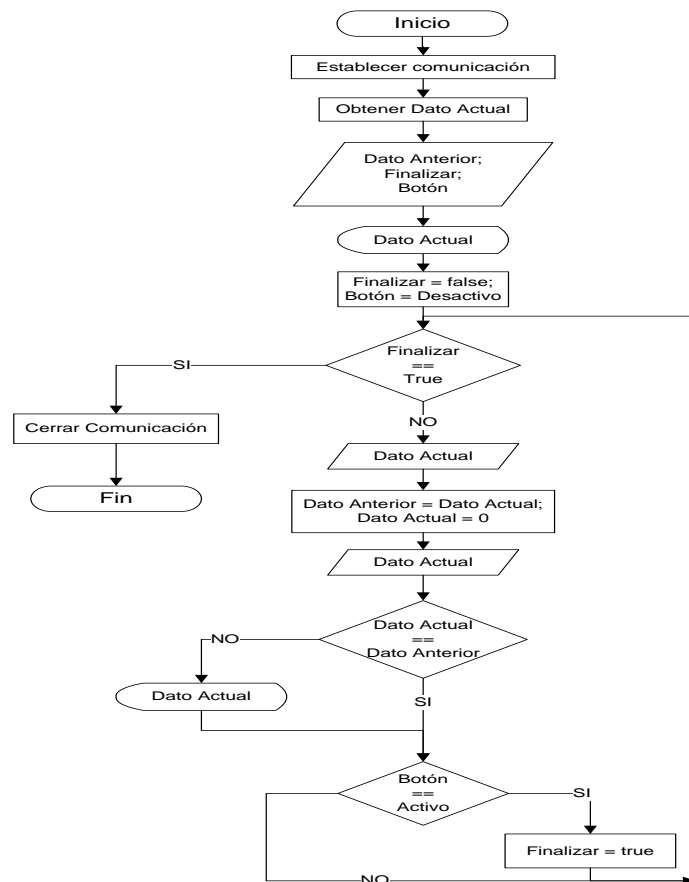


Figura 4. Diagrama de la variable voltaje.

4. SOFTWARE.

El software para desarrollar la aplicación fue LabVIEW de National Instruments. LabVIEW es un lenguaje de programación grafica ampliamente utilizado para crear software que involucran instrumentación. Los programas que en él se elaboran son denominados instrumentos virtuales (VI). El panel frontal que se programo para el sistema propuesto se muestra en la Figura 5.

En la figura 5 podemos ver que tanto el oxidante como el combustible cuentan con sus propias controles gráficos para representar de forma visual a cada uno de los instrumentos involucrados en la operación de la celda de combustible. En las interfaces se puede apreciar el resultado del monitoreo de las variables y también podemos ingresar los datos deseados de operación de la celda para mantener el control. Este tipo de controles proporcionan una manera fácil de interactuar con los dispositivos y por lo tanto, la configuración de los parámetros deseados se hace más rápido, lo que hace que la celda de combustible tenga un rendimiento más óptimo. El programa fue desarrollado con el software LabVIEW versión 9.0.1.



Figura 5. Panel Frontal del Sistema de Monitoreo y Control

5. CONCLUSIONES

Para la programación del sistema se determino que sería bajo el lenguaje de programación grafica LabVIEW 9.0.1 debido a su facilidad de uso y su facilidad de comunicación con los puertos de la computadora y con las tarjetas de adquisición de datos. Para establecer la comunicación entre la computadora y los instrumentos que operan las principales variables que intervienen en la celda de combustible, fue a través del puerto RS232 de la computadora y de una tarjeta de adquisición de datos. Una vez determinado el lenguaje de programación y la forma de establecer comunicación con los dispositivos, se diseño un sistema informático para el control y monitorización de las principales variables que intervienen en una PEMFC. Finalmente se programó e implementó un software capaz de controlar y monitorizar las variables: flujo, temperatura, corriente y voltaje que intervienen en una celda de combustible tipo PEM.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al FORDECYT-CONACYT por la beca a Luis Ruíz Vélez y el apoyo brindado con el proyecto No. 116157.

7. REFERENCIAS.

1. K. Adamson, Energy Policy 32, 1231–1242 (2004).
2. Corbett, Michael. Opportunities in Advanced Fuel Cell Technologies - Volume One Stationary Power Generation 1998-2008, Kline & Company, Inc., Fairfield, NJ. (1998).
3. Verde Gómez J. Y. , Keer Rendón A. Memorias del SOMI XV, Congreso de Instrumentación. Sociedad Mexicana de Instrumentación, Guadalajara, Jalisco, México (2000).
4. C. Yang, P. Costamagna, S. Srinivasan, J. Benziger, A.B. Bocarsly, J. Power Sources, 103,1-9 (2001).
5. Galip H. Guvelioglu, Harvey G. Stenger. J. Power Sources 163, 882-891(2007).
6. Klaus Tüber, Marco Zobel, Heribert Schmidt, Christopher Hebling. J. Power Sources 122 1-8 (2003).
7. Biao Zhou., Wenbo Huang, Yi Zong, Andrzej Sobiesiak. J. Power Sources 155, 190-202 (2006).

SISTEMA DE PROYECCIÓN DE BORDE PARA LA DIGITALIZACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL DE OBJETOS SÓLIDOS EN ROTACIÓN

Raymundo Lerma Gutiérrez¹, Gerardo Trujillo Schiaffino², Didia Patricia Salas Peimbert²

¹Universidad Tecnológica de Chihuahua, División de Mecatrónica Área Automatización

²Instituto Tecnológico de Chihuahua, División de Estudios de Posgrado e Investigación

¹*rlerma@utch.edu.mx*

RESUMEN

Se diseñó e implementó un escáner tridimensional de bajo costo, con el que se obtiene la forma tridimensional de objetos sólidos en rotación. El arreglo del escáner consiste en un sistema proyector de borde, una cámara CCD, una montura rotatoria y una computadora con su respectiva tarjeta de adquisición de imágenes. El borde de luz estructurada (Luz LED) se proyecta sobre el objeto a reconstruir, el cual se encuentra en rotación (gira 360°), el borde se deforma dependiendo del relieve del objeto esta deformación es capturada por la cámara CCD y evaluada con un algoritmo de triangulación, para obtener la reconstrucción tridimensional del objeto en forma digital. El procesamiento de la información y la reconstrucción de los objetos se implementaron en el software de desarrollo LabVIEW 8.6.

ABSTRACT

A three-dimensional low-cost scanner was designed and implemented. The system set up consists on an edge projector, a CCD camera, a rotating mount and a computer with its respective image acquisition card. A structured light edge (LED light) is projected onto the object to be reconstructed, which rotates 360 degrees; the edge is deformed depending on of the object shape. The object contour is evaluated using active triangular projection algorithm programmed in LabVIEW 8.6 software and a whole field 3D contour of the object is obtained by scanning the optical edge over the entire object surface.

1. INTRODUCCION

Hoy en día existe en la industria una gran necesidad para medir con exactitud y rapidez la forma tridimensional de diversos tipos de objetos y obtener con ello su representación tridimensional (3D) en una computadora [1,2]. Las nuevas técnicas de digitalización 3D nos permiten capturar los puntos de medida con mayor precisión y velocidad, pudiéndose emplear sobre distintos tipos de objetos, de distintas dimensiones, geometrías y texturas [4]. Lo que ha colocado esta técnica no sólo en el ámbito industrial, sino que su importancia trasciende en áreas como la medicina, entretenimiento, proyectos en el marco del patrimonio cultural, etc. [5-7].

Existen diversas compañías que diseñan y desarrollan distintos tipos de equipos digitalizadores, estos sistemas denominados comúnmente como escáneres pueden ser bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D). Sin embargo, en la actualidad por tratarse de tecnología importada, resultan aún inaccesibles para la mayoría de las empresas nacionales, debido a su elevado costo. Razón por la cual se decidió construir un sistema de reconstrucción 3D, como una alternativa para la industria nacional.

2. DESCRIPCION DEL PROCESO

Un programa de control (elaborado en LabVIEW 8.6) dirige cada uno de los módulos que conforman el sistema para completar el proceso en cada ciclo (figura 2.1). Cuando el usuario coloca en la plataforma el objeto que se va a reconstruir, el software de control inicia el proceso, comenzando con la etapa de iluminación donde el objeto es irradiado por un plano de luz LED, el cual proyecta una sombra sobre el objeto.

Cuando el objeto ya se encuentra iluminado, el software de control ordena al modulo de desplazamiento para que realice una rotación (de 360°) a la plataforma donde se encuentra el objeto y de manera simultánea se activa una cámara CCD la cual captura la imagen del objeto (en formato de video), y se la suministra al modulo de procesamiento de imágenes, donde se hará el tratamiento respectivo de la imagen capturada, lográndose así, la reconstrucción digital del objeto.

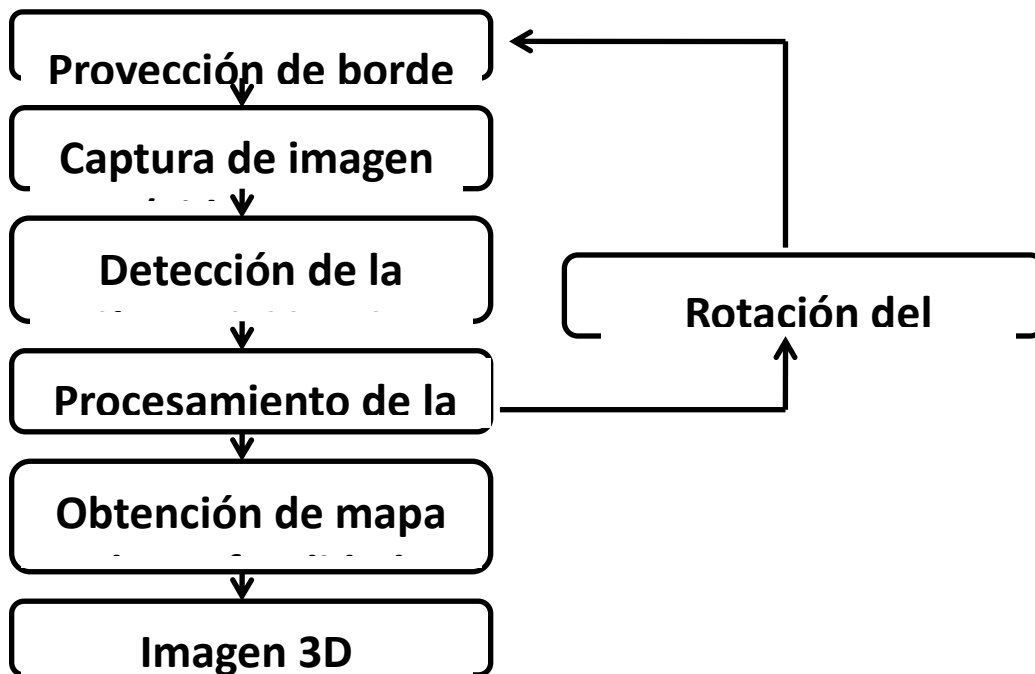


Figura 2.1 Descripción del proceso de reconstrucción 3D

3. ARREGLO GEOMÉTRICO DEL SISTEMA

La estructura del sistema es una parte muy importante ya que para el cálculo de los mapas de profundidad es necesario tomar en cuenta algunos parámetros de la posición de la cámara y el sistema proyector de sombra con respecto a la montura rotatoria, siendo el centro de la misma el eje de referencia imaginario.

En la configuración del sistema la cámara se encuentra alineada perpendicularmente a la superficie del objeto y el proyector de borde (sombra) se encuentra alineado a un ángulo determinado con respecto a la cámara, siendo este de 30°. El arreglo del sistema se muestra en la figura 3.1.

El objeto que se desea reconstruir se coloca sobre la montura, que gira sobre un eje imaginario, el cual se toma desde el centro de la misma. Sobre el objeto se proyecta una sombra proveniente del sistema proyector de borde. En cada grado que gira la montura dicho borde se deforma según la topografía del objeto, los datos producidos por el borde proyectado corresponden a una sección rotacional del mismo. La forma completa del objeto se genera con la información obtenida de todas las secciones procesadas.

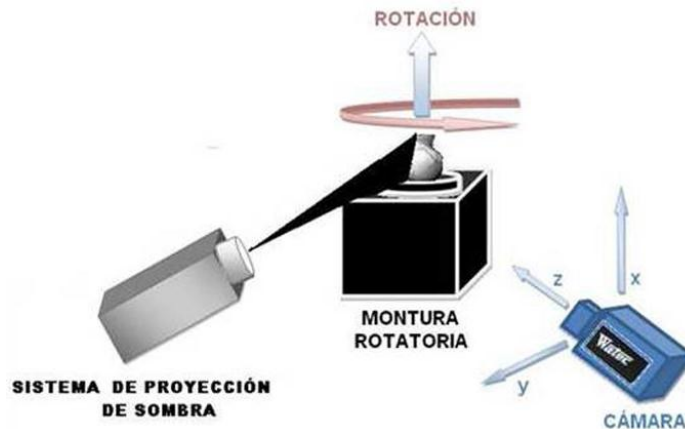


Figura 3.1 Esquema general del sistema de reconstrucción propuesto.

3.1 Sistema óptico de proyección de borde

Una parte fundamental del escáner tridimensional es el sistema óptico para proyectar la sombra de un borde sobre el objeto. Dicho sistema, está compuesto esencialmente por una fuente de luz (LED), una lente colimadora y una navaja, como se muestra en la figura 2.3.

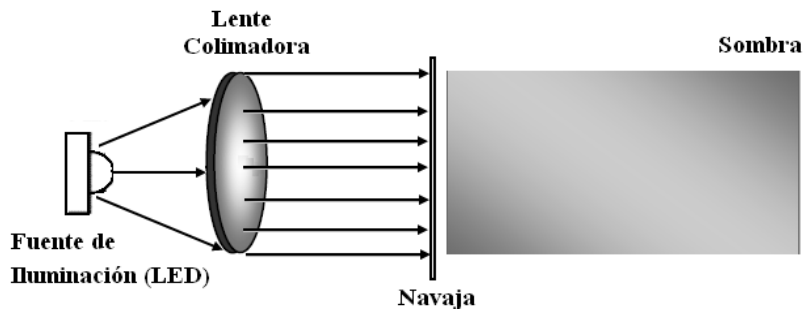


Figura 3.2 Sistema proyector de sombra del borde de la navaja.

3.2 Fuente de Iluminación

Una de las contribuciones en la reducción de los costos de este prototipo, es la sustitución del diodo laser empleado comúnmente en este tipo de sistemas, por un diodo emisor de luz (LED) como fuente de iluminación. El LED empleado es un LUXEON Rebel de PHILIPS, con unas dimensiones de tan sólo 3 mm por 4.5 mm, puede emitir hasta 80 lúmenes por vatio.

3.3 Lente colimadora

Para evitar que se perdiera la intensidad luminosa del LED, provocada por la divergencia del mismo, se empleó una lente biconvexa para colimar la luz y aprovechar la intensidad de la luz de la fuente de iluminación, dicha lente tiene 5 cm de diámetro con distancia focal de 18 cm.

3.4 Navaja

Para obtener la sombra del borde, se hizo incidir la luz proveniente colimada proveniente del LED sobre el filo de una navaja de uso común montada sobre un soporte metálico, logrando generar con ello la sombra de un borde recto sobre el objeto.

4. TÉCNICA DE TRIANGULACIÓN LASER

La técnica de triangulación láser consiste en iluminar el objeto con un patrón que puede ser un punto láser, una línea láser, una cuadrícula, franjas, en este caso se proyecta un borde de luz sobre el objeto. La intersección entre la iluminación proyectada y la superficie del cuerpo a reconstruir, produce un único patrón deformado dependiendo de la forma y dimensiones del cuerpo

Por ejemplo, la figura 4.1, representa un montaje óptico de reconstrucción 3D por triangulación que utiliza un sistema de proyección de borde (sombra). Cuando se proyecta la línea láser sobre la superficie plana (XY), llamado plano de referencia, la imagen 2D capturada por un sistema de observación libre de aberraciones, debe ser una línea recta (línea de referencia).

Cuando se coloca un objeto sobre el plano XY, la imagen es una línea deformada debido a la topografía del objeto. La cantidad de desplazamiento que sufre cada punto de la línea en la imagen 2D capturada respecto a la línea de referencia, está relacionada con la altura (Z) del objeto en ese punto. Es así, como una característica 3D es codificada en una imagen 2D.

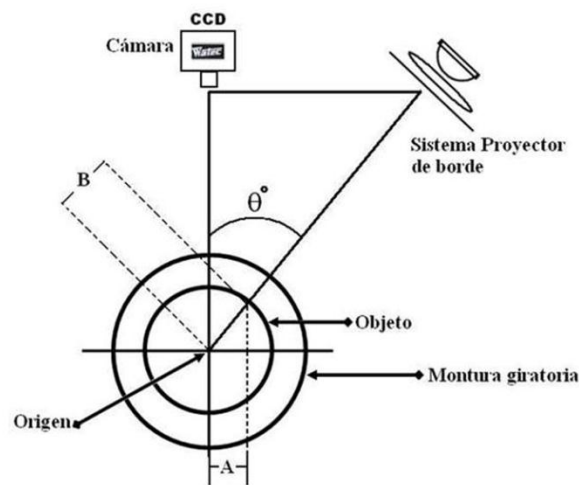


Figura 4.1 Montaje óptico de triangulación laser

El eje óptico de la cámara y el plano láser proyectado, forman un ángulo de inclinación θ . El desplazamiento lateral que sufre cada punto de la línea proyectada respecto a una línea de referencia, depende de éste ángulo de inclinación, de la topografía del objeto y de su coordenada radial respecto al eje de rotación. Para la reconstrucción se ubica el objeto sobre una plataforma rotatoria. La imagen de la línea deformada por la topografía del objeto es capturada por la cámara

CCD cada vez que la plataforma rota un determinado ángulo (1°) hasta completar los 360° . Las imágenes fueron capturadas con una cámara modelo WAT-902H2 SUPREME, monocromática de con un sensor CCD de $\frac{1}{2}$ pulgada y una resolución de imagen igual a 640×480 píxeles.

4.1 RECONSTRUCCION TRIDIMENSIONAL ROTACIONAL

Para obtener una reconstrucción rotacional se toma cada punto de la imagen como un vector independiente (ver figura 4.2), se obtiene la deformación en el *eje x* y la distancia en el *eje y* de cada uno de estos puntos, lo que proporciona la altura del objeto y su magnitud en el *eje z*, empleando la técnica de triangulación, para de esta forma obtener sus respectivos mapas de profundidad. Con estos tres datos de cada uno de los puntos se crean tres arreglos por imagen, los cuales representan las coordenadas de los puntos tridimensionales.

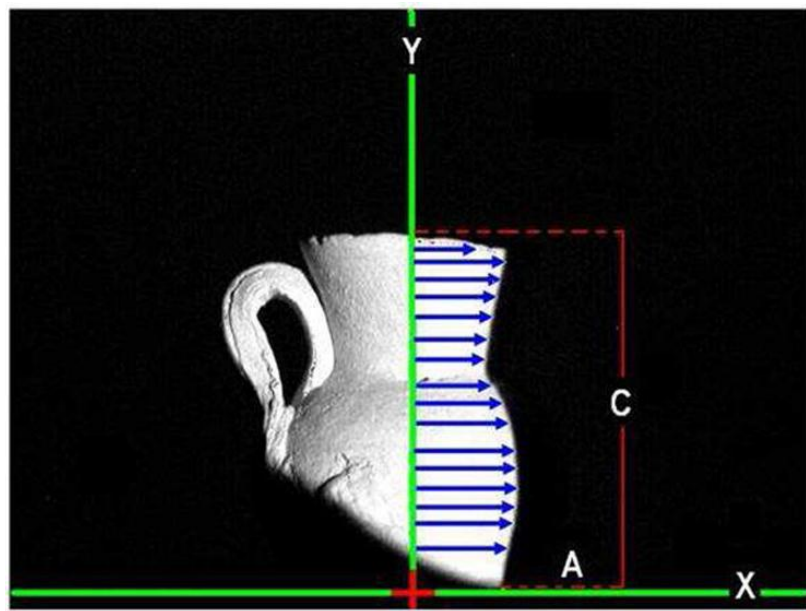


Figura 4.2 Vectores de la imagen.

El siguiente paso es usar una transformación geométrica tridimensional (rotación), que permita cerrar la reconstrucción lineal con la que se cuenta. A continuación se muestra la técnica empleada para lograr la reconstrucción tridimensional.

Debido a que la matriz de la reconstrucción tridimensional es en forma circular, se emplea la siguiente ecuación:

$$r^2 = a^2 + b^2 \quad (1)$$

donde:

r, es el radio del círculo.

a, indica la coordenada en el eje Y de la reconstrucción del objeto en forma circular.

b, representa la coordenada en el eje X de la reconstrucción del objeto en forma circular.

En base a la figura 3.3 podemos obtener la relación para la transformación de coordenadas y con ello la reconstrucción cilíndrica.

$$\sin \theta = \frac{a}{r} \quad (2)$$

$$\cos \theta = \frac{b}{r} \quad (3)$$

despejando:

$$a = r \sin \theta \quad (4)$$

$$b = r \cos \theta \quad (5)$$

donde:

a , b representan las coordenadas del objeto en forma circular.

θ es el ángulo de rotación del objeto, el cual va desde 0° hasta 359° , con lo cual el objeto es reconstruido en los 360° .

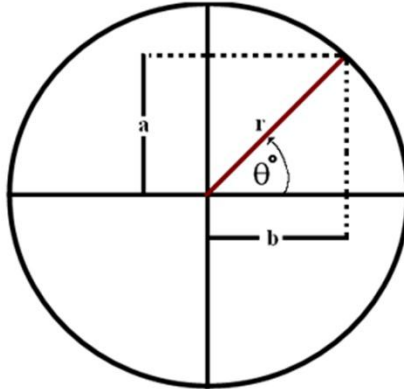


Figura 4.3. Círculo con centro en el origen.

Aplicando esta transformación de coordenadas se pasa de una superficie de elevación a una superficie en el espacio, obteniendo de esta manera la representación tridimensional del volumen del objeto.

4.2 ADQUISICIÓN DE IMAGENES

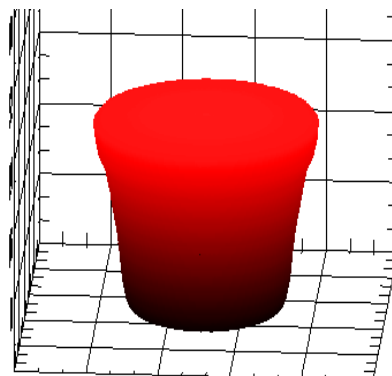
Para realizar esta tarea se utilizó el software LabVIEW 8.6, al cual se le agregó el Vision Toolkit, que contiene las funciones IMAQ Vision para la adquisición de imágenes.

En el programa se trabajó con la función sequence, se capturaron 360 imágenes, con una velocidad de 30 cuadros por segundo, las imágenes son capturadas en un tiempo de 12 segundos.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados Cualitativos

Se digitalizaron objetos fabricados en barro y delrin, los resultados son los siguientes:



a) b)
Figura 5.1. Pieza de barro. a) Real. b) Digitalizada

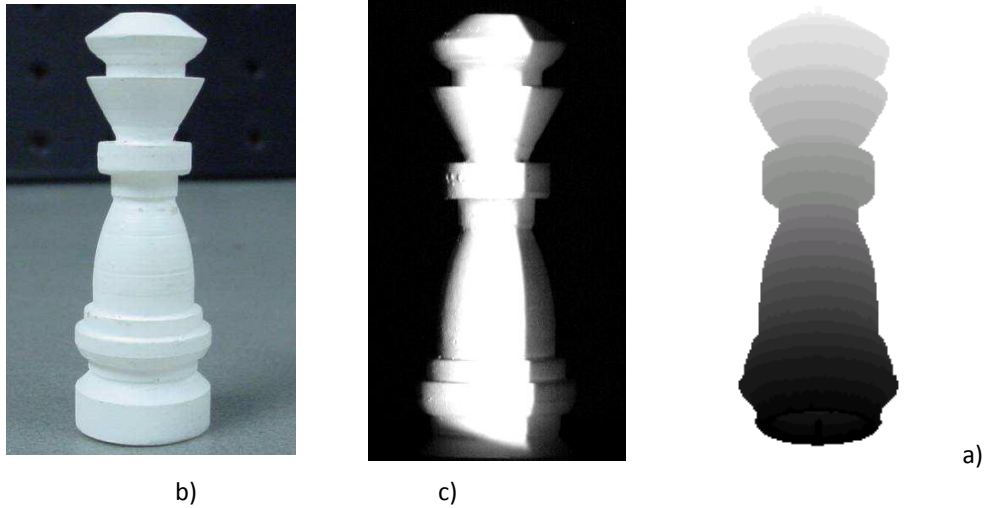


Figura 5.2 Pieza fabricada en delrin. a) Objeto Real. b) Proyección del borde de luz
c) Reconstrucción Digital.

Al aplicar un poco de textura e iluminación a las reconstrucciones se aprecian mejor los objetos.

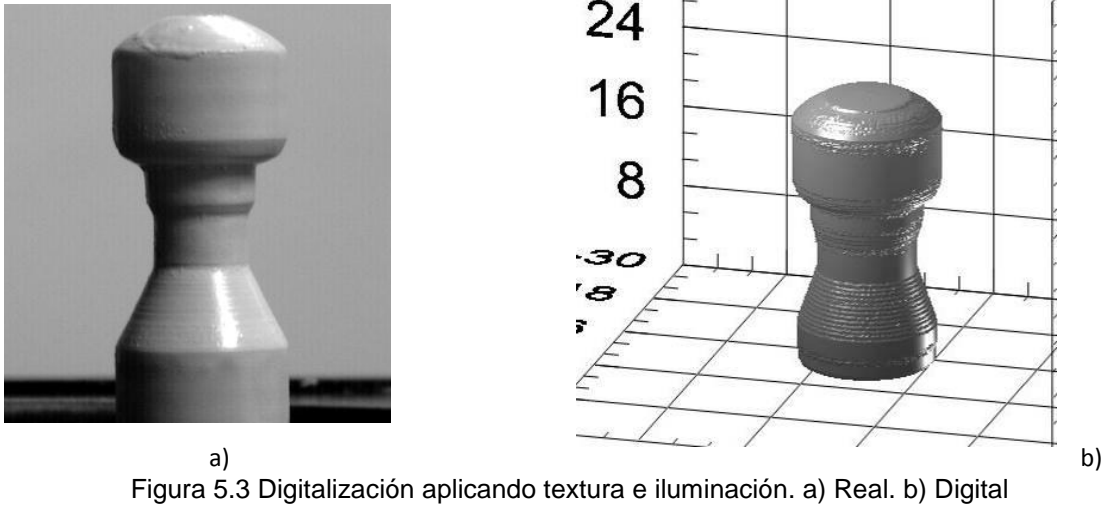


Figura 5.3 Digitalización aplicando textura e iluminación. a) Real. b) Digital

Los datos que representan la forma tridimensional del objeto se guardan en forma de tres arreglos matriciales, uno para cada una de las coordenadas (x,y,z) en un archivo con formato compatible con Excel, lo cual permite reconstruir objetos previamente digitalizados.

La reconstrucción de los objetos en la gráfica tridimensional se realiza en milímetros, es decir, se representan en unidades reales.

5. 2 Resultados Cuantitativos

El escáner desarrollado digitaliza un objeto en 17 segundos, de los cuales toma 12 segundos la captura de imágenes y 5 segundos el procesamiento. Debido al diámetro del haz de luz colimado, el tamaño máximo de las piezas que se pueden digitalizar es de 5 cm de altura.

La cámara CCD con lente formadora de imagen tiene un costo aproximado de \$ 780.00 dólares, la montura rotacional motorizada tiene un costo aproximado de \$ 13.00 dólares, el controlador para la montura motorizada tiene un costo aproximado de \$ 20.00 dólares y el costo del sistema de proyección de borde es de aproximadamente \$ 26.50 dólares.

Por lo tanto el costo total aproximado de este prototipo es de \$ 840.00 dólares.

6. Conclusiones

Se demostró la factibilidad de utilizar la proyección de bordes como una técnica eficiente para la perfilometría tridimensional al digitalizar diversos objetos de manera satisfactoria.

El tiempo de escaneo sólo 17 segundos por pieza. Esto fue posible gracias a que se utilizó la captura de una secuencia de video para procesar luego cada uno de los 360 cuadros capturados en 12 segundos a una razón de 30 cuadros por segundo.

El sistema desarrollado está limitado a reconstruir objetos no mayores a 5cm, esto es debido al diámetro del haz colimado con el cual se genera la sombra del borde, para poder digitalizar objetos de mayor tamaño sólo se requiere aumentar el diámetro del haz colimado sustituyendo la lente colimadora por otra con el diámetro y la longitud focal adecuadas. La resolución del sistema depende de la amplificación de la cámara, del número de imágenes capturadas, del ángulo de proyección del borde y del algoritmo de reconstrucción. La cámara y montura deben estar muy bien alineadas para realizar una reconstrucción de la pieza de forma adecuada.

Las digitalizaciones son de mejor calidad cuando los objetos no tienen mucho brillo. Las piezas que se digitalizaron fueron principalmente de barro y delrin, aunque también se hicieron pruebas con objetos de madera y plástico. Fue necesario pintar de color blanco mate las piezas fabricadas en delrin y plástico, para tener una buena reconstrucción. El escáner tridimensional desarrollado es repetible.

REFERENCIAS

- [1] Blanco Barrera O. V., “*Sistema de Digitalización y Reconstrucción Tridimensional Láser de Objetos Sólidos en Rotación*”, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería en Electrónica, Instituto Tecnológico de Chihuahua, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Chihuahua, Chihuahua (2006).
- [2] Chen F., Brown G. M. y Song, M., “Overview of Three-Dimensional Shape Measurement Using Optical Methods”, *Optical Engineering*, Vol. 39, 10 (2000).
- [3] Soancatl-Aguilar V., “*Recuperación de Información Tridimensional Usando Luz Estructurada*”, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, en la especialidad de Ciencias Computacionales, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Tonantzintla, Puebla, (Julio del 2006).
- [4] León Miguel Ángel, “*Digitalización 3D*”, Plásticos Universales, Interempresas.net
Disponible en:
<http://www.plastunivers.com/Tecnica/Hemeroteca/ArticuloCompleto.asp?ID=6743>
- [5] Rocchini C., Cignoni P., Montani C., Pingi P. and Scopigno R., “*A low cost 3D scanner based on structured light*”, Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione (ISTI), Consiglio Nazionale delle Ricerche, C.N.R., Pisa, Italy, EUROGRAPHICS 2001 / A. Chalmers and T.-M. Rhyne (Guest Editors), *Volume 20 (2001), Number 3*.
- [6] García-Almirall P., Marambio A., “*Escáner láser: modelo 3D y orto imágenes arquitectónicas de la Iglesia de Santa María del Mar en Barcelona*”, ACE Vol.1, núm. 2, octubre 2006 (Architecture, City and Environment/ Ciudad, Arquitectura y Entorno).
- [7] Acuña-Priano C. A., López-Carmona R., “*La Oclusión Computarizada. Oclusión Asistida por Computadora (CAO). Facilitando la excelencia para una Rehabilitación Oral correcta*”, Artículo de Revisión. 1ª Parte. Colegio Oficial de Dentistas de Málaga.
Disponible en:
http://www.coema.org/area_cientifica/Dr_Lopez_Carmona/soce_oclusion_1.htm
- [8] “*Herramientas y Tecnologías para el Diseño en 3 Dimensiones: CAD, Ingeniería Inversa y Prototipado Rápido*”, Instituto Tecnológico de Aragón. Disponible en:
http://www.ita.es/ita/imagen.asp?t=binarios_noticias&id=231
- [9] Cock Ramírez Juan Diego, “*Triangulación aplicada en un escáner láser, para objetos tridimensionales*”, Revista Universidad EAFIT | Octubre. Noviembre. Diciembre | 2000, Págs. 25-31.
- [10] Digitalización.
Disponible en:
<http://plutarco.disca.upv.es/~jcperez/doctorado/SV2D3DPI/trabajos/Calzado/digitalizacion.html>
- [11] Moreno-Oliva V. I., Robledo-Sánchez C. I., Cordero-Dávila A. y Nanco- Hernández P., “*Reconstrucción 3D de la Sagita de una Superficie en Rotación*”, Revista Mexicana de Física, ISSN 0035-001X, Vol. 51, No. 6, 2005, Págs. 636-640.
- [12] Patiño A., Miranda D., Meneses J., “*Scanner 3D de Objetos a 360° de Observación*”, Revista Colombiana de Física, Vol. 35, no.1. 2003. [13] Bouguet J. Y., “*Visual Methods for Three-Dimensional Modeling*”, Tesis Doctoral, California Institute of Technology Pasadena, California, 1999.

[13] Miao H., Tay C.J., Wu X.P., Fu Y., Quan C., "*Optical edge projection for surface contouring*" Optics communications , ISSN 0030-4018, Vol. 256, N^o.1, 2005, pags.16-23.

[14] Technical Datasheet DS56

[15] Technology an Applications of LEDs, LEDs Magazine Disponible en:
<http://www.ledsmagazine.com/news/4/3/28>

[16] Rafael González, Richard Woods, Digital Image Processing., Representación dgital de imágenes, Addison-Wesley Iberoamericana, S.A., Wimington, Delaware, E.U.A., 1996., pags 1-7.

SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE BASADO EN UN SISTEMA EMBEBIDO MULTIPROCESADOR ORIENTADO EN UNA RED EN UN CHIP

¹José Benito Góngora Kú, ¹Elieel Isaí Chan Dzib, ¹Julián Raúl Trejo Avila, ^{1,2}Alejandro Castillo Atoche, ¹Jorge Carlos Canto Esquivel, ¹Jesús Sandoval Gío

¹Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Mérida
Mérida, Yucatán, México

²Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán
Mérida, Yucatán, México

{beni789, eliel_chan1}@hotmail.com

julian.trejo.avila@gmail.com

Resumen

En este trabajo se propone la conceptualización, el diseño y la implementación de un sistema multiprocesador en un chip para el control eficiente de un sistema de riego inteligente. Este sistema estará monitoreado por una red de sensores inalámbricos que retroalimentarán el control embebido en una plataforma reconfigurable como son los Arreglos Lógicos Programables en el Campo (FPGA, por sus siglas en inglés). Adicionalmente, la arquitectura multiprocesadora será estructurada mediante una Red en un Chip (NoC) que proporcionará el sentido de eficiencia en el sistema de riego dividido en sectores. Particularmente, un caso de estudio con tres procesadores embebidos interconectados en una topología de red en anillo con protocolo de comunicación específico es desarrollado para el sistema de riego. Finalmente, se demostrarán las ventajas de esta propuesta de diseño en cuanto a su desempeño, escalabilidad, modularidad y eficiencia.

Áreas Técnicas: Automatización, Sistemas en un Chip (SoC), Redes en un Chip (NoC), FPGAs.

Abstract

In this paper, the conceptualization, design and implementation of a novel multiprocessor system on a chip for the efficient control of an irrigation system is presented. The control and monitoring irrigation system is employed using a wireless sensor network (WSN) in aggregation with the multiprocessor embedded architecture in a reconfigurable Field programmable Gate Array (FPGA) platform. Additionally, the proposed architecture is structured in a Network on a Chip (NoC) fashion that generates the intelligent sense to the irrigation system previously divided by sectors. Particularly, a test case study of three embedded processors interconnected in a ring topology with a specific communication protocol is developed for the irrigation system. Finally, it is demonstrated the high performance, scalability, modularity and efficiency of this proposition.

Keywords: Automation, System on a Chip (SoC), Network on a Chip (NoC), FPGAs.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de riego inteligente es un nuevo campo de desarrollo e investigación que ha generado grandes expectativas [8]. Desafortunadamente los sistemas son muy costosos y varían mucho dependiendo de la aplicación que se requiera, por ejemplo, riego en áreas verdes, cultivos específicos o inclusive invernaderos. En estos sistemas, el tiempo y la cantidad de riego son vitales, además de otras variables que deben ser consideradas, como son la humedad y la temperatura. Aunado a este problema, deben aplicarse los nutrientes respectivos de cada cultivo, y deben tomarse en cuenta otras variables que generan incertidumbre en el sistema, como la contaminación, el sombreado parcial sobre el cultivo, etc. Una posible solución a este problema es el desarrollo de sistemas de riego inteligente basados en arquitecturas reconfigurables del tipo sistema programable en un chip (PSoC) [1]. Aplicaciones basadas en estos sistemas específicos ofrecen un alto desempeño en su procesamiento. Adicionalmente, si se agrega a estas características que el sistema sea embebido y que pueda comunicarse inalámbricamente para controlar y monitorear una red de sensores y de actuadores, el sistema sería más robusto y adaptable para cualquier escenario [2]. El desarrollo de estos sistemas reconfigurables basado en FPGAs permite la implementación de sistemas de señales e imágenes embebidos multiprocesador en un chip para su procesamiento.

Tradicionalmente, los sistemas de riego están basados en arquitecturas con dispositivos lógicos programables (PLCs) o con dispositivos microcontroladores, que proporcionan un típico funcionamiento de temporización y/o de activación ON/OFF [6]. Otras implementaciones más específicas utilizan la tecnología GSM para referenciar los diferentes sectores de riego de manera independiente [5]. Sin embargo, en este tipo de aplicaciones no se alcanza el sentido de inteligencia para generar esquemas de riego adaptables para diferentes escenarios.

Por lo tanto, para lograr este enfoque de inteligencia se propone desarrollar un sistemas de riego basado en una arquitectura multiprocesadora en un chip (MPSoC) con una estructura de interconexión en red, que proporcionará las ventajas de tener un sistema reconfigurable, al igual de poder dotar de inteligencia al sistema al tener como objetivo la optimización del consumo de agua, así como el obtener un control total de los sectores de irrigación considerando distintos esquemas de incertidumbre. Para el desarrollo de la red en un chip (NoC), se define una topología de interconexión entre los componentes procesadores y un protocolo de comunicación que generan un alto desempeño, alta escalabilidad, modularidad y eficiencia.

El reto científico de esta propuesta es doble: primero, se propone el desarrollo del controlador digital en una estructura heterogénea multi-procesadora en un Chip (MPSoC, por sus siglas en inglés) basada en una plataforma reconfigurable FPGA. Segundo, cada procesador embebido tendrá comunicación inalámbrica punto-multipunto para tener una retroalimentación de todo el arreglo de sensores inalámbricos. La sincronización de los elementos procesadores interconectados con una topología y un protocolo de comunicación específico es otra de las principales contribuciones.

Particularmente, este sistema de riego basado en tres procesadores embebidos interconectados en red, podrá monitorear y gestionar eficientemente el riego de una superficie con sectores previamente definidos. Así, se podrá conceptualizar un modelo de riego en la cual, cada procesador asociado a la sección correspondiente de la superficie de trabajo, podrá gestionar inteligentemente el tiempo de riego, considerando otras variables inclusive de sectores diferentes (mayor información a priori). En comparación con los sistemas embebidos convencionales mono-procesador, los autores de este estudio consideran que el diseño de este sistema MPSoC basándose en una estructura NoC representa la principal contribución de este trabajo.

Finalmente, en este artículo se presentarán los resultados que avalan las ventajas de utilizar estas técnicas de diseño digital para la implementación de nuevos sistemas embebidos para la automatización de procesos industriales, que específicamente para este estudio, será el ahorro del consumo de agua en el sistema de riego.

2. PROPUESTA DEL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE MULTIPROCESADOR EN TIEMPO REAL

En esta sección se describe la arquitectura propuesta para el sistema de riego inteligente el cual es capaz de utilizar el multiprocesamiento y el paradigma de NoC para optimizar el procesamiento de la red de sensores y de actuadores inalámbricos. Como se puede observar en la Figura 1, el sistema de riego inteligente se compone de innovadoras técnicas de comunicación y de multiprocesamiento orientado en redes en un chip. La conjunción de dichas técnicas de diseño y de tecnologías inalámbricas se combinan para desarrollar una arquitectura embebida en un circuito reconfigurable como el FPGA, que proporcionará la inteligencia al sistema de riego.

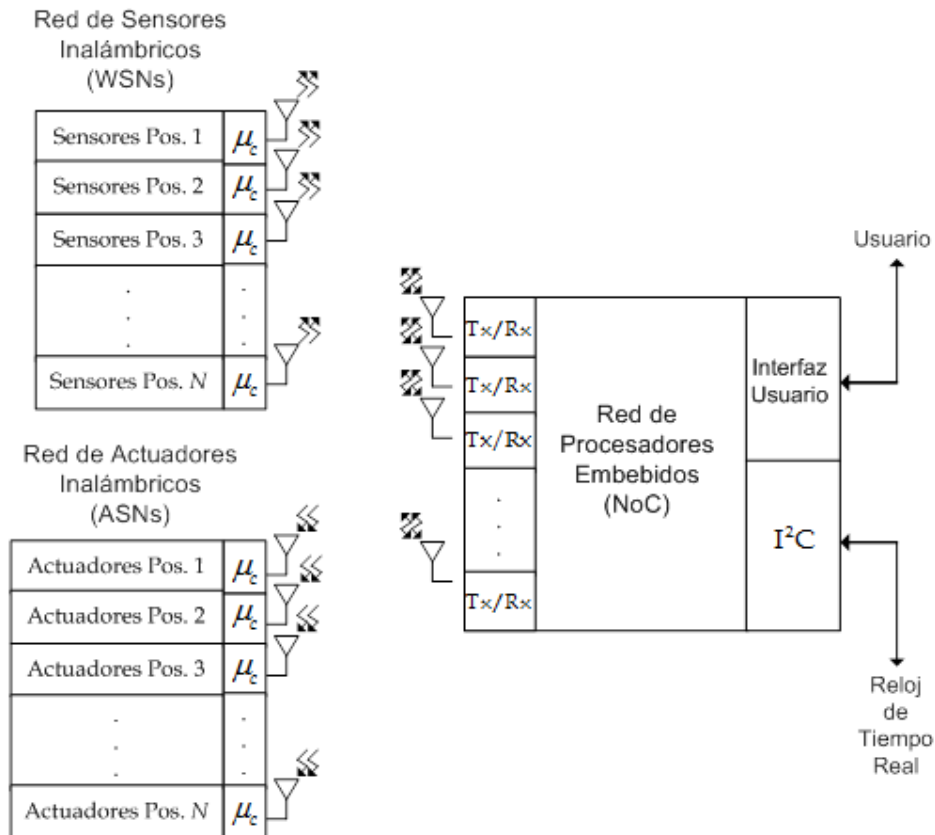


Figura 1. Arquitectura propuesta para el Sistema de Riego.

Analizando la Figura 1, se puede deducir que el sistema embebido es flexible, parametrizable y modular. Por lo tanto, esta consideración permitirá que la señal de reloj en tiempo real y la interfaz de usuario puedan ser interconectadas a cualquier procesador embebido interno y dicha información podrá ser visible por los demás. Esto es, para el sistema de riego, a cada procesador se les asigna una determinada área de riego para su control. Así, las variables de la red de sensores inalámbricos (sensores de humedad, temperatura, irradiancia, etc.) son adquiridas, acondicionadas y transmitidas para su procesamiento en la red de procesadores embebidos. Finalmente, el resultado del procesamiento es transmitido nuevamente a su correspondiente red de actuadores.

El protocolo de comunicación definido para la NoC es el UART, configurado para las siguientes características de comunicación: un bit de inicio, 8 bits de datos, un bit de paro, sin bit de paridad, 9600bps. La estructura de la red diseñada es la de tipo 'anillo'. Con esta configuración se podrá crecer modularmente la NoC manteniendo independencia en cada uno de los elementos procesadores, esto es, si un procesador embebido o algún sensor inalámbrico está defectuoso el

sistema seguirá operando. En la Figura 2 se presenta la arquitectura del control embebido para el sistema de riego orientado en una NoC.

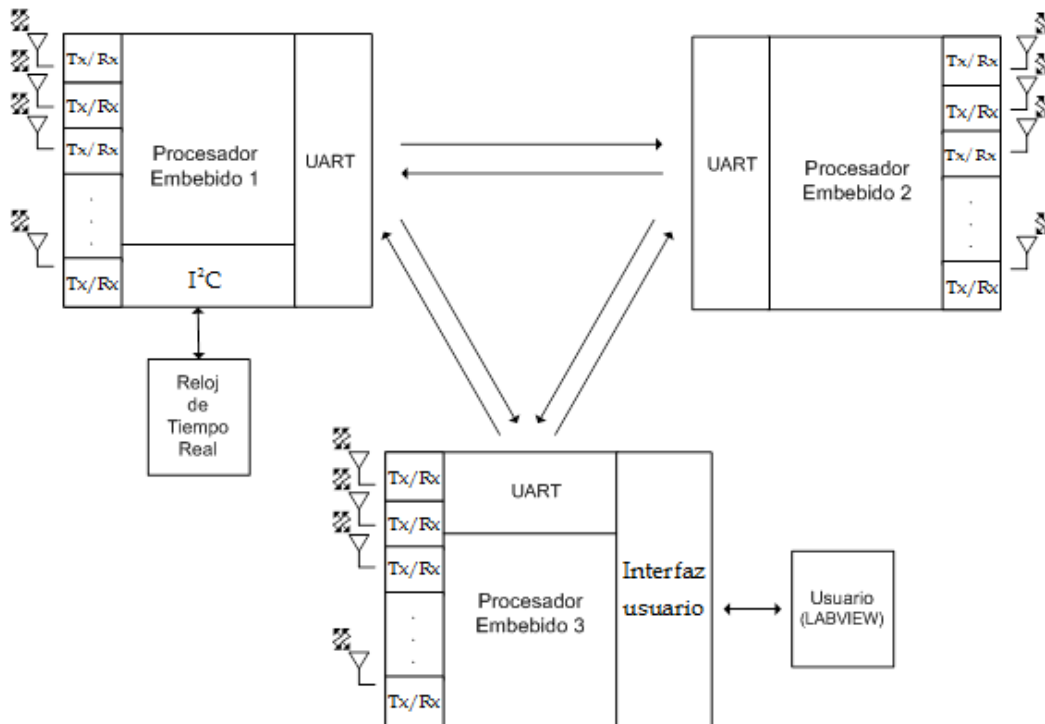


Figura 2. Red de Procesadores Embebidos en un Chip.

Analizando la Figura 2, se observa que cada procesador embebido contiene un módulo de recepción y transmisión de datos (protocolo Zigbee), mediante el cual es posible conocer los estados de cada uno de los sensores y actuadores asociados a cada sección de riego de forma inalámbrica. Además, la arquitectura embebida orientada en una NoC, cuenta con un módulo de transmisión de datos UART con el que es posible conocer los estados de los demás actuadores y sensores asociados a otras secciones de riego respectivos de cada procesador embebido.

Adicionalmente, se diseñó el controlador para una interfaz de usuario en el que se monitorean completamente los datos relacionado con los sensores y actuadores del sistema completo aprovechando las ventajas de multiprocesamiento y de NoC.

Ahora, en la siguiente Figura 3 se presenta un modelo que conceptualiza la arquitectura de cada procesador embebido en la plataforma reconfigurable FPGA.

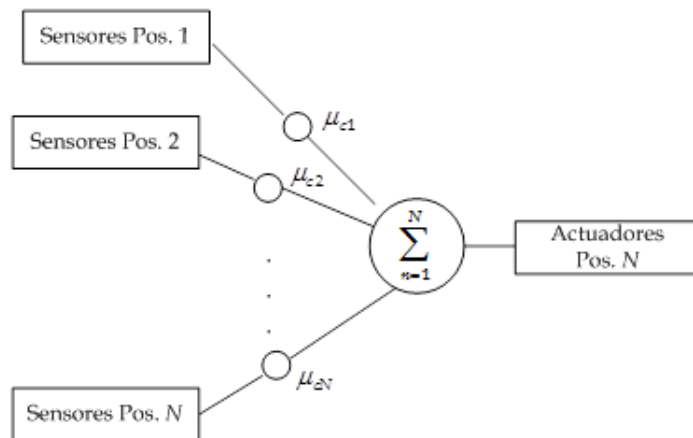


Figura 3: Modelado de cada Procesador Embebido en un Chip.

En esta Figura 3 es posible deducir que cada actuador reacciona ante las instrucciones determinadas por el procesamiento de la sumatoria de las señales de los sensores que provee el microcontrolador respectivo a cada sección del sistema de riego. Esta estructura emula a un sistema de red neuronal ya que es posible retroalimentar las señales de todos los sensores con el objetivo de tener mayor información a priori y así multiplicar estas señales con sus respectivos pesos.

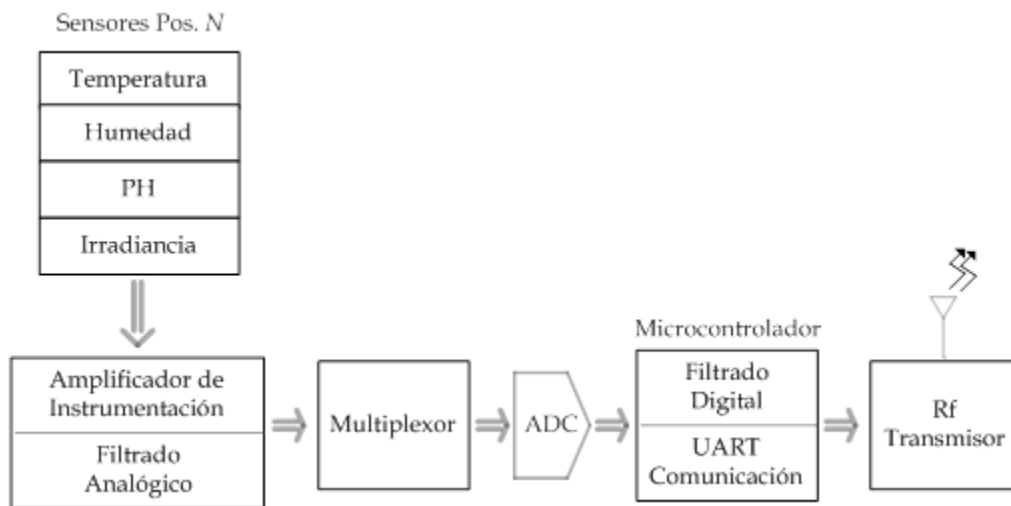


Figura 4. Arquitectura para la Red de Sensores Inalámbricos.

Ahora, en la Figura 4 se presenta la arquitectura propuesta del sistema en red de sensores inalámbricos (WSN). En esta figura se pueden observar los bloques para lograr la adquisición de los datos provenientes del grupo de sensores inalámbricos que después son enviados inalámbricamente a los procesadores embebidos. Por ejemplo, las señales de los sensores de temperatura, humedad, PH, etc. (asociados a una posición del sistema de riego) son eficientemente acondicionadas para su procesamiento. En una primera etapa los datos son amplificados y filtrados de manera analógica. Después, con un multiplexor se selecciona espacialmente la variable que se transmitirá a los procesadores embebidos. Un convertidor analógico a digital y un micro-controlador serán los encargados de finalizar el proceso de adquisición en tiempo real.

En la figura 5, se puede observar la arquitectura de cada uno de los actuadores inalámbricos presentes en las diferentes zonas de riego. La propuesta para este sistema de actuadores inalámbricos consiste en manipular la posición de riego mediante servo-motores y su tiempo de riego con electroválvulas. Esta combinación permitirá ejercer un riego muy específico dotando de inteligencia a este sistema de riego.

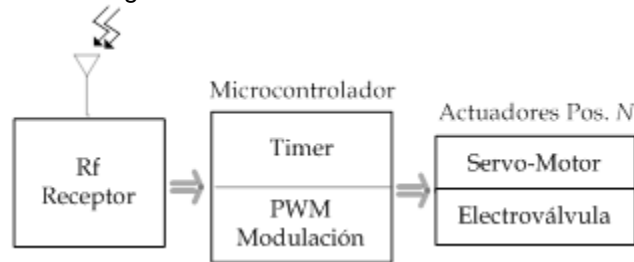


Figura 5. Arquitectura para la Red de Actuadores Inalámbricos.

La red de sensores y actuadores inalámbricos junto con la red de multiprocesadores en un chip hacen de éste un sistema de riego inteligente con capacidades de reconfiguración y escalamiento a un bajo coste para implementaciones de mayor dimensión.

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO: CASO DE ESTUDIO ESPECÍFICO

En esta sección se presenta un escenario específico como caso de estudio para comprobar el funcionamiento del sistema de riego inteligente. En la Figura 6, se pueden observar tres regiones de riego, de las cuales cada una contiene tres posiciones de redes de sensores inalámbricos y un actuador en la posición central.

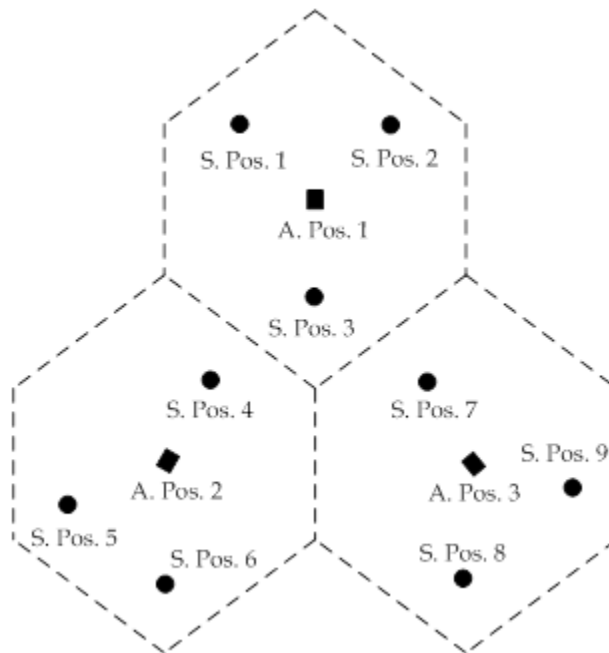


Figura 6. Caso de Estudio: Área Definida para el Sistema de Riego Inteligente.

Analizando la Figura 6, se puede concluir que a cada área de riego le corresponde un procesador embebido del sistema multiprocesador en red, el cual recibe los datos externos de los sensores. Sin embargo debido a la conectividad en red de los procesadores embebidos, éstos podrán tener mayor información sobre las regiones de riego adyacentes para obtener un plan muy específico de riego.

Los resultados de la implementación en hardware del sistema multiprocesador en el FPGA es el siguiente. En la figura 7 se puede observar la señal de reloj de 50MHz, la entrada en paralelo de datos relacionados con el estado de los sensores, dato_s relacionado con la activación de la transmisión serial, entrada de reset, y un buffer de los datos a enviar (solamente para conocer el estado de los sensores, la salida serial, en el componente receptor).

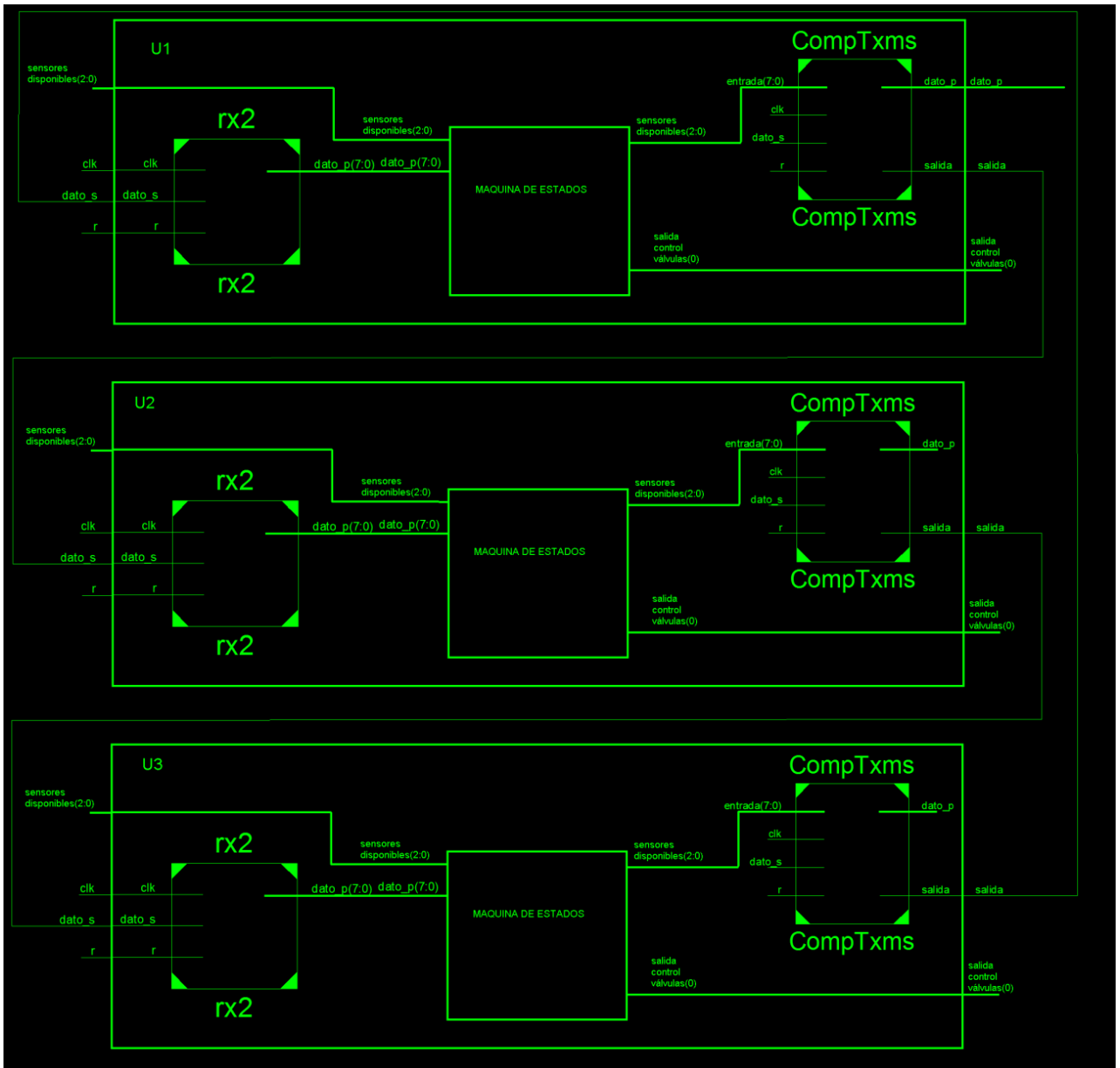


Figura 7. Síntesis del Arreglo de Procesadores Embebidos.

En las secciones anteriores se mencionó un sistema el cual consta de tres procesadores embebidos, en los que cada procesador controla un área predefinida de riego. De igual forma se puede inferir en las condiciones de los otros dos procesadores para ciertos eventos programados, ya que cada uno de los procesadores comparten la información de las condiciones en las que se encuentran sus sensores, un ejemplo de ello, es el fallo de uno de los sensores de algún procesador, la decisión de realizar la acción de aspersión del agua o la suspensión de la misma le corresponde al núcleo más cercano. Con el ejemplo antes mencionado se dice que el sistema es dotado de inteligencia, de esta forma se obtiene el sistema de riego eficiente.

Finalmente, se presenta el diseño de la máquina de estado finita de cada procesador embebido del sistema multi-núcleo (Ver figura 8), los cuales contienen todas las variables necesarias, este sistema de tres núcleos. Evidentemente, cada uno de los procesadores embebidos consta de nueve estados que serán adaptados para las necesidades de riego de cada región.

La siguiente figura describe el diagrama de estados de cada uno de los procesadores diseñados.

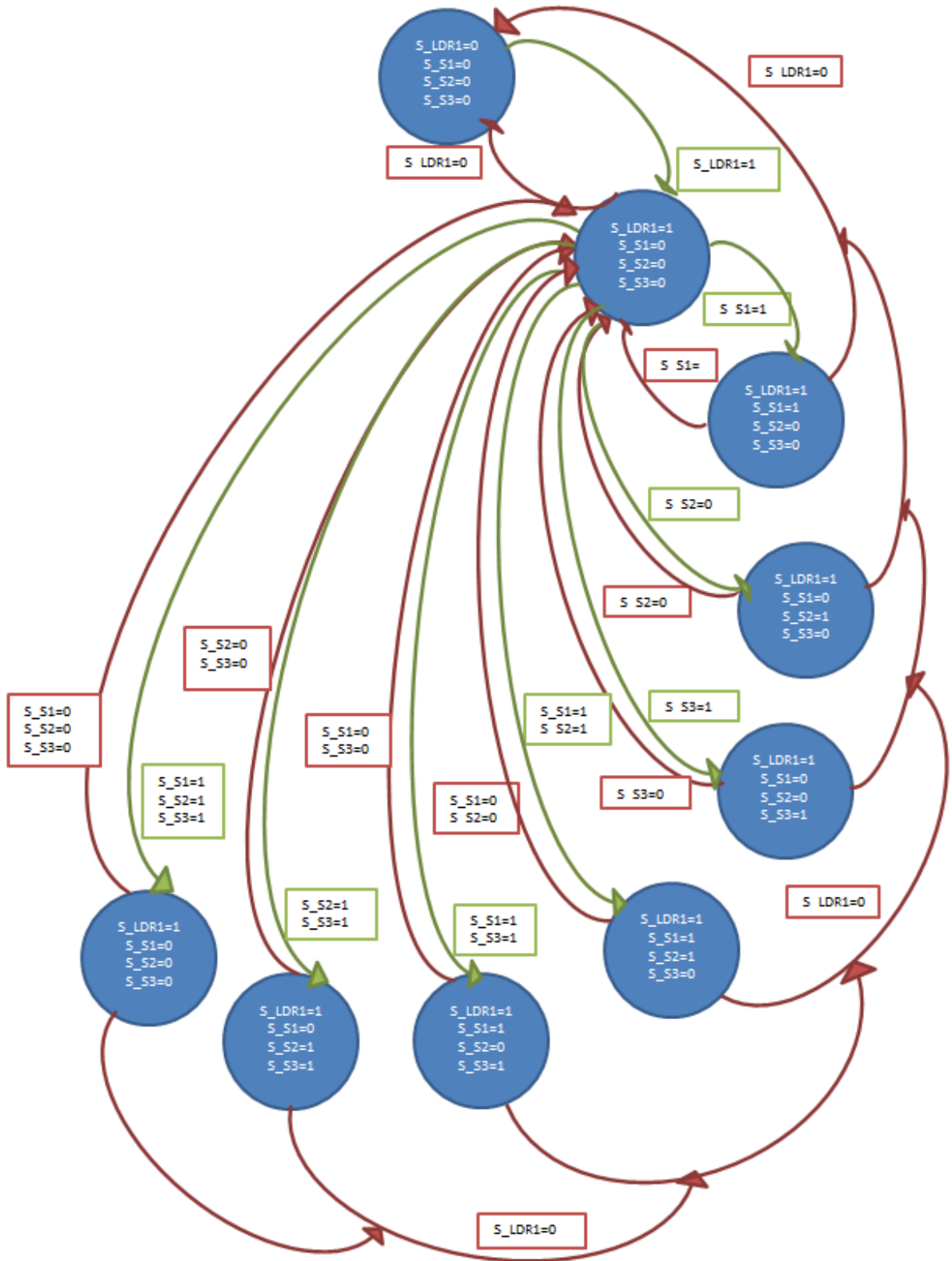


Figura 8. Diagrama de estados de la máquina desarrollada.

A continuación se presentarán los resultados de la síntesis de los procesadores embebidos en el FPGA la Tabla 1.

<i>Logic Utilization</i>	<i>Used</i>	<i>Available</i>	<i>Utilization</i>
<i>Number of Slice Flip Flops</i>	66	1920	3%
<i>Number of 4 input LUTs</i>	104	1920	5%
<i>Number of occupied Slices</i>	80	960	8%
<i>Number of Slices containing only related logic</i>	80	80	100%
<i>Number of Slices containing unrelated logic</i>	0	80	0%
<i>Total Number of 4 input LUTs</i>	142	1920	7%
<i>Number of bonded IOBs</i>	20	83	24%
<i>Number of BUFGMUXs</i>	1	24	4%

Tabla I: Resultado de la síntesis del SoC para un procesador en el FPGA.

Analizando los resultados de la Tabla 1, se puede determinar el hardware necesario para implementar el sistema de riego, así como se observó una mejora en la calidad del sistema de riego. Esto es, para cada una de las secciones en comparación con un sistema de riego convencional, se logró una reducción en el consumo innecesario de agua y por consiguiente una reducción en el consumo energético.

5. CONCLUSIONES

Los sistemas embebidos multiprocesadores reconfigurables basados en redes NoC presentan una gran ventaja en la optimización de sistemas en donde se requiera manejar grandes cantidades de datos. La optimización de hardware y los tiempos de respuesta son de gran importancia. Para el caso del trabajo antes presentado ofrece las ventajas de flexibilidad, a la incorporación de cualquier sistema de riego, así como poder dotar de cierta inteligencia al sistema.

Referencias.

1. Benzekri, A., & Refoufi, L. (2006). Design and Implementation of a Microprocessor-Based Interrupt-Driven Control for an Irrigation System. *IEEE*.
2. da Costa, J., da Rocha, A., de Menezes, L., Jacobi, R., Romariz, A., Soares, R., y otros. (2005). CMOS SoC for irrigation control. *IEEE*.
3. Galgalikar, M. (2010). Real-time automatization of agricultural environment for social modernization of Indian agricultural system. *IEEE*.
4. Nandakumar, R., Lalmohan, K., & Sreejeesh, S. (2010). Design of Trickle Irrigation Control Unit Using PSoC. *IEEE*.
5. Pacha Vicente, C. (2005). Unidad de Control de Riego con Sistemas de Comunicaciones GSM/GPRS. *Tecno ambiente: Revista profesional de tecnología y equipamiento de ingeniería ambiental*, 31-33.

6. Villela Varela, R., Reyes Rivas, C., & Sandoval Aréchiga, R. (2007). Automatización de un sistema de riego. *Revista Digital de la Universidad Autónoma de Zacatecas*.
7. Wang, X., & Zivras, S. (2007). Performance-Energy Tradeoffs for Matrix Multiplication on FPGA-Based Mixed-Mode Chip Multiprocessors. *IEEE*.
8. Mata García, M. G., Tortajada Agudo, E., & González Rivas, F. (2007). Universidad Complutense de Madrid. Recuperado el 1 de Marzo de 2012, de Universidad Complutense de Madrid: http://eprints.ucm.es/9119/1/Sistema_de_Riego_Inteligente_Borroso.pdf

SISTEMA DOMÓTICO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA PARA EL RIEGO DE PLANTAS.

Ricardo Antonio Ruiz Domínguez, Edrei Javier Bastar Sarao, Rogelio García Martínez, Juan Pech Subias, Itchelt Nallely Villanueva Ramírez, Omar Hernández González.

Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos.

richard_damy@hotmail.com

basae_01@hotmail.com

rogergmtz@gmail.com

juan.pech@live.com.mx

ivillanueva28@hotmail.com

hego_omarhg@hotmail.com

Resumen.-En este trabajo se presenta un sistema domótico de nombre REQUA, orientado a la reutilización de aguas grises y pluviales. Este sistema domótico se conforma por: el circuito de control, el sistema de información y el filtro. Su funcionamiento comienza con circuito de control que gestiona la comunicación a través del protocolo RS232 para enviar señales hacia el sistema de información que es el responsable de recoger, procesar y emitir órdenes en tiempo real de acuerdo al nivel de agua de las cisternas. Este proceso permite la ejecución de comandos manuales o automatizados que tienen la finalidad de ahorrar agua. Además se emplea un filtro natural para la limpieza del agua gris, teniendo como resultado calidad del agua para uso estético con un ahorro de hasta el 80% del consumo diario por persona; que puede ser empleado en actividades cotidianas como: descargas de mingitorios o lavado de exteriores.

Abstract.- This paper presents an automated system named REQUA, aimed at reusing gray water and rainwater. This automation system is made up of: the control circuit, the information system and filter. Operation begins with control circuit that manages communication via RS232 protocol to send signals to the information system that is responsible for collecting, processing and issue orders in real time according to the level of water tanks. This process allows the execution of manual or automated commands that are designed to save water. It also uses a natural filter to clean the gray water, resulting in water quality for aesthetic use with savings of up to 80% of the daily per person, which can be used in everyday activities such as urinals or washing downloads outdoors.

1. Introducción

De acuerdo con las últimas estimaciones, en nuestro planeta hay unos 1,400 millones de Km³ de agua y solo el 2.5% es propicio para consumo de los seres vivos. El cuerpo humano mismo que está compuesto en promedio por un 75% de agua [1].

Por otra parte la distribución del agua dulce no es homogénea en el planeta y esta situación la podemos destacar en nuestro País, ya que el agua para consumo humano que se obtiene proviene esencialmente de los acuíferos subterráneos, arroyos y ríos; los que son abastecidos durante la época de lluvia siendo los estados de Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco los que representan el 27.5% del territorio nacional y quienes sin embargo reciben casi el 50% de agua pluvial, mostrando un serio problema de disponibilidad de agua para el resto de los Estados [2].

Así como existen diferencias muy marcadas en la cantidad de lluvia que recibe cada una de las zonas del país, también la disponibilidad de agua muestra diferencias muy marcadas en nuestro territorio. En la región sur la disponibilidad media por habitante es muy alta: 25 mil m³ de agua al

año. En las zonas norte y centro donde se asienta 77% de la población tiene una disponibilidad de agua menor a 2 mil m³ por habitante al año, valor que se considera como “disponibilidad muy baja”. La cantidad de agua disponible por habitante en el año de 1910 era de 31 mil m³, mostrando para el 2025 un decremento estimado hasta 3,828 m³ denotando un serio problema para satisfacer las necesidades básicas de la población, como se observa en la Figura 1 [3].

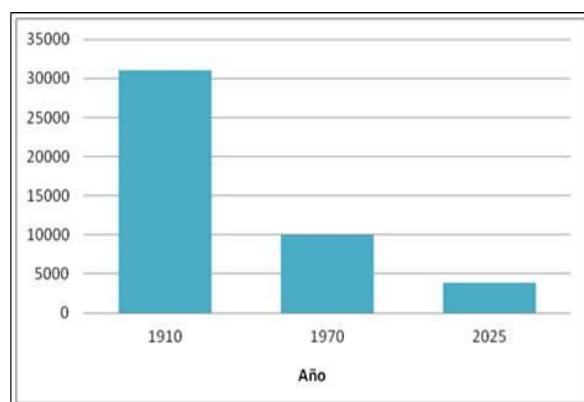


Figura 9. Disponibilidad de agua por habitante (m³/año)

Un factor importante que determina la forma de medir el impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos es la denominada huella hídrica; que resulta de sumar el agua que utiliza cada persona para sus diversas actividades y la que es necesaria para producir los bienes y servicios que se consumen. De acuerdo con este concepto, en México la huella hídrica es de 1,441 m³ de agua por persona al año; mientras que en los Estados Unidos de América, uno de los países con mayor huella hídrica, se utilizan 2,483 m³; y en China es de 702 m³, una de las huellas hídricas más pequeñas [2].

La Comisión Municipal de Agua y Saneamiento en Coatzacoalcos, Veracruz; ha detectado que la gente hace mal uso del agua, por ejemplo; las fugas de agua son reparadas días después de encontrarlas, desperdiciando grandes cantidades como en muchas otras actividades domésticas que necesitan del uso de este recurso, ante la eminente escasez del agua en algunas zonas del país, el reúso de este recurso se plantea como una alternativa de abastecimiento y prevención del deterioro ambiental.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Contribuir a la reutilización del agua de uso doméstico de actividades cotidianas y aprovechar las condiciones climáticas de nuestra región para captar las precipitaciones pluviales mediante un proceso inteligente integrado por un sistema de información y un circuito de control.

2.1.2 Objetivos específicos

Favorecer el cuidado del medio ambiente a través del reúso de aguas grises mediante un proceso factible y de desarrollo sustentable.

Aprovechar las condiciones climáticas de nuestra zona para la captación de precipitación pluvial.

Implementar un sistema de información que gestione (generar reportes estadísticos sobre el aprovechamiento, gasto y flujo del agua) el manejo adecuado del agua a reutilizar.

Automatizar un sistema de riego para un cultivo doméstico beneficiando la economía familiar cultivando hortalizas y frutos de la zona.

Reducir el gasto por consumo de agua potable al disminuir el despilfarro del recurso hídrico apoyado por las actividades del circuito de control.

Evitar la sobreexplotación de los mantos acuíferos al hacer un uso racional del agua y disminuir la huella hídrica de nuestro País.

3. Metodología.

El desarrollo del prototipo se basó en la identificación de los requerimientos, funciones y procedimientos a realizar en conjunto con el sistema de información y del circuito de control, teniendo como resultado una metodología aplicada al desarrollo de prototipos que consta de 5 fases (ver figura 2).



Figura 10. Metodología para el desarrollo del prototipo

3.1 Investigación Preliminar

Identificación de la magnitud del problema para recabar información que permita el estudio del arte, revisión literaria y la formulación del marco teórico; para determinar la factibilidad del prototipo.

3.2 Metodología de software

3.2.1 Programación extrema

El desarrollo de codificación del sistema de información e interfaz gráfica de REQUA se basó en programación extrema debido a su fácil adaptabilidad a cualquier cambio; se desarrolló considerando cada fase como se observa en la Figura 3.

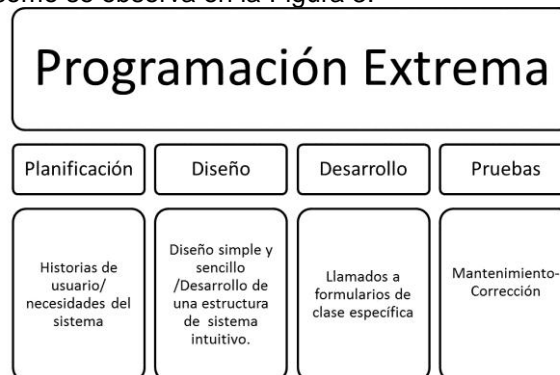


Figura 11. Fases de la programación extrema

3.3 Metodología del circuito de control

3.3.1 Desarrollo en fases

El circuito de control se basa en un sensor que emplea el microcontrolador ATMEGA16-16PU construido por fases y que opera en un entorno de monitoreo para al envío-recepción de señales que le permiten interactuar con el sistema de información (Figura 4).

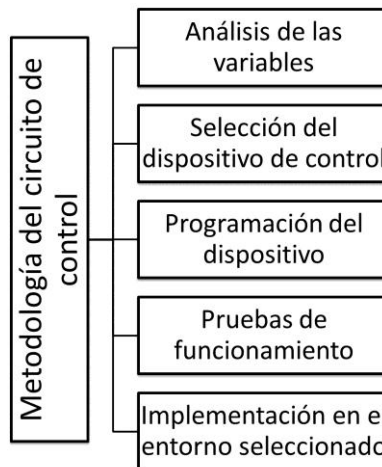


Figura 12. Metodología empleada en el desarrollo del circuito de control

3.4 Construcción de prototipo e implementación

3.4.1 Lenguaje de programación

Visual Basic .NET es el lenguaje elegido para desarrollar el sistema de información de REQUA, debido a su programación orientada a objetos facilitando el desarrollo de software de una manera dinámica, pero sobretodo su facilidad en la utilización de sus herramientas.

3.4.2 Operaciones del sistema de información

El sistema de información está constituido por un Loader como introducción al sistema seguido del formulario de configuración donde se solicita al usuario datos iniciales para generar la base de datos del sistema, con la finalidad de obtener un control real de la cantidad de uso de agua en relación con los habitantes de la casa. Cuenta con un menú principal con 3 submenús; riego, herramientas e informe; que a su vez se conforman por uno o más formularios dependiendo de la funcionalidad o acción (Figura 5).

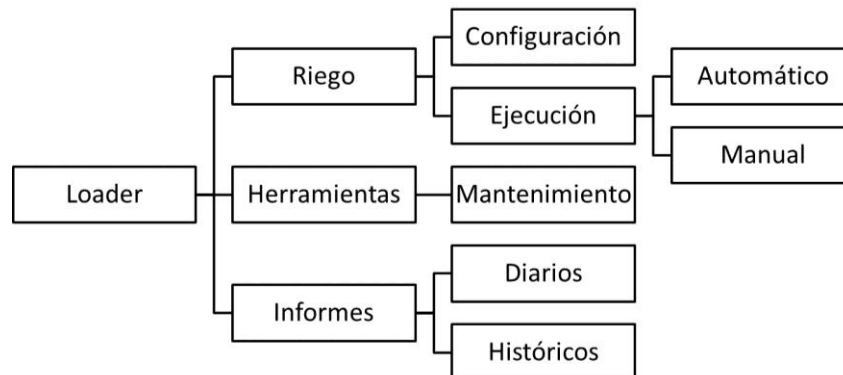


Figura 13. Menús que conforman el sistema de información de REQUA

Loader y datos iniciales: Esta pantalla aparecerá la primera vez que se inicie el sistema de información (observar Figura 6) e inmediatamente se solicitarán los datos iniciales con el fin de poder calcular por primera vez el promedio de consumo de la casa o lugar donde se halla instalado, la ventana que aparecerá se muestra en la Figura 7.



Figura 14 Loader del sistema

Figura 15. Entrada de datos iniciales

Riego: En el apartado riego el usuario tiene dos menús lo que es la programación del riego diario (Ver Figura 8) donde se configuran los valores para determinar el horario en que se efectuará el riego y su duración. El riego manual solo solicita el tiempo en minutos necesario y muestra la pantalla que se observa en la Figura 9.

Figura 16. Pantalla de riego diario



Figura 17. Pantalla de riego manual

Informes: Este menú muestra los resultados de consumo en dos opciones, informe diario o informe mensual.

Herramientas: consta de tres apartados los cuales sirven básicamente para la configuración del sistema y para mostrarnos el consumo que llevamos hasta el momento sin necesidad de imprimirlo. Teniendo las aplicaciones de: Actualización del número de habitantes (Figura 10), Selección de alarma (Figura 11) y Ver consumo actual (Figura 12).



Figura 18. Actualizar número de habitantes

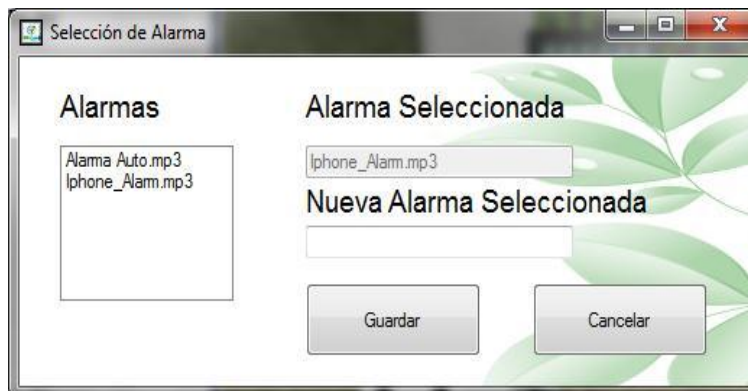


Figura 19. Seleccionar alarma



Figura 20. Ver consumo

3.4.3 Interfaz Hardware-Software

Para poder realizar la comunicación del circuito de control y la computadora es necesario identificar el tipo de interfaz de comunicación, en este sentido se eligió el puerto serial, manipulado con el protocolo RS232; debido a que posee una alta velocidad y tiene la ventaja de un menor cableado así como la posibilidad de un mayor apantallamiento.

El protocolo RS-232 define especificaciones mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimientos típicos de un protocolo orientado al enlace físico punto a punto. Funciona con comunicación asíncrona, es decir; que los datos pueden ser transmitidos en cualquier momento por lo que deben tomarse precauciones para sincronizar la transmisión y recepción. El prototipo del circuito de control trabaja con una sincronización de 2400 baudios [4].

Tabla I

REQUA	
Hardware	Software
Dispositivo electrónico que llevará los movimientos mecánicos es a través del puerto serial empleando el protocolo RS232	Aplicación programada en Visual Basic.NET en conjunto con un gestor de base de datos MySQL

Tabla I. Integración de Hardware- Software

3.4.4 Construcción del sensor medidor de nivel

El medidor de nivel es un práctico instrumento que consiste en un par de tubos conductores que arroja señales en faradios (0-18 μF) que están conectados al puente de resistencias tipo wheatstone cuya salida permitirá ofrecer un rango de voltaje comprendido entre 100 mv – 2.8 v.

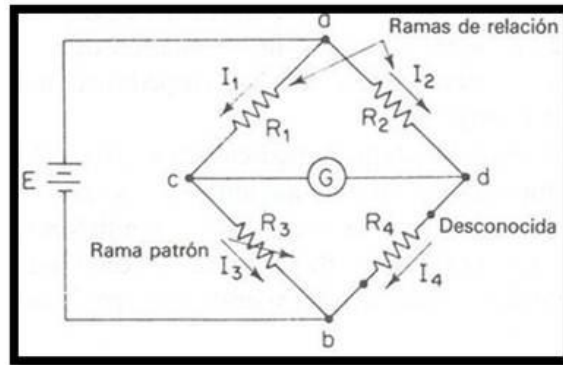


Figura 21. Convertidor de capacitancia a voltaje.

El voltaje de salida será llevado a un Conversor Analógico – Digital ADC0804 construido a base del Microprocesador, el cual fue programado en ensamblador. La señal arrojada por el convertidor A/D, es comparada con una señal de referencia digital, dando como resultado el porcentaje de cada cisterna [5].

3.4.5 Construcción del circuito controlador

El circuito de control (Figura 7) ha sido diseñado basado en principios de fácil construcción, detección de los niveles y robustez en condiciones ambientales para garantizar su duración.

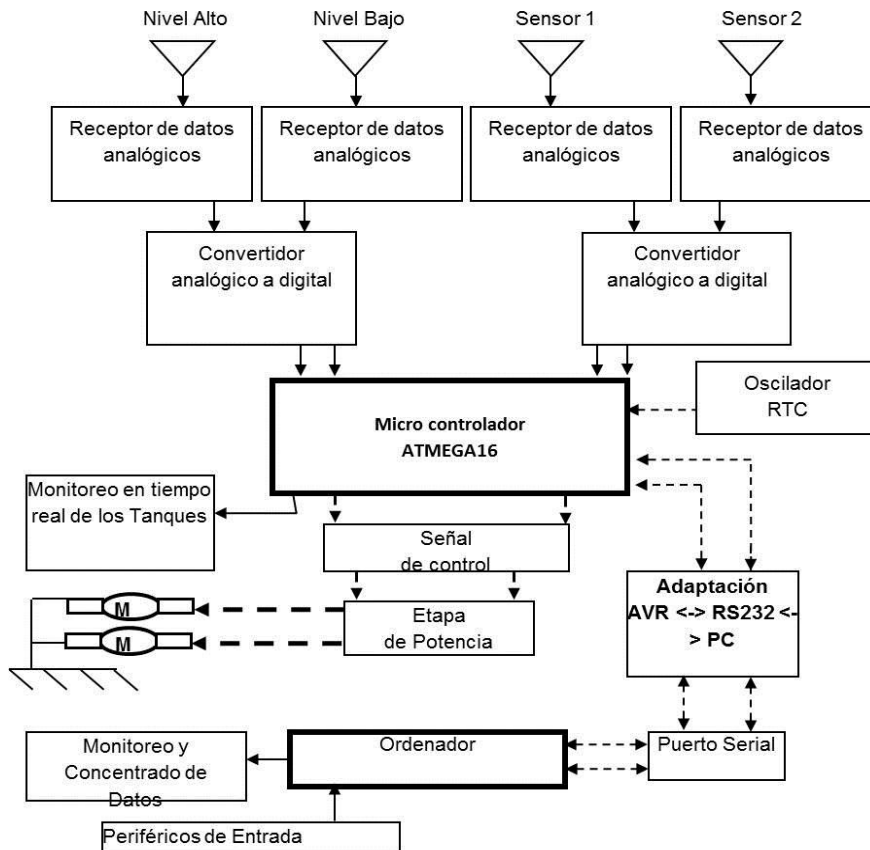


Figura 22. Circuito de control

3.4.6. Construcción del prototipo

La maqueta estará basada en un proyecto de casa habitación eco sustentable a nivel interés social con una superficie de 190.71 m² (11.7 m frente y 16.3 m de fondo) 82.52 m² de área permeable incluyendo patio de servicio, área de garaje y jardín interior para hidroponía doméstica. En interior deberá contar con una recamara principal y un área de closet baño completo y medio baño además de sala, comedor, cocina y antecomedor así como circulaciones mínimas de .90 m conforme al reglamento. El modelo de representación física se realizará escala 1:10 tomando en cuenta la escala real de los materiales.

4. Resultados

REQUA es un prototipo donde se utiliza una maqueta en la que se instalan los sensores para interactuar con un el circuito de control y con la aplicación como se muestra en la figura 8.

REQUA se encargará de automatizar los procesos de riego, lectura del control del nivel de agua de cada cisterna para determinar el valor de las variables y procesarlas en la toma de decisiones enfocadas a la reutilización del agua.

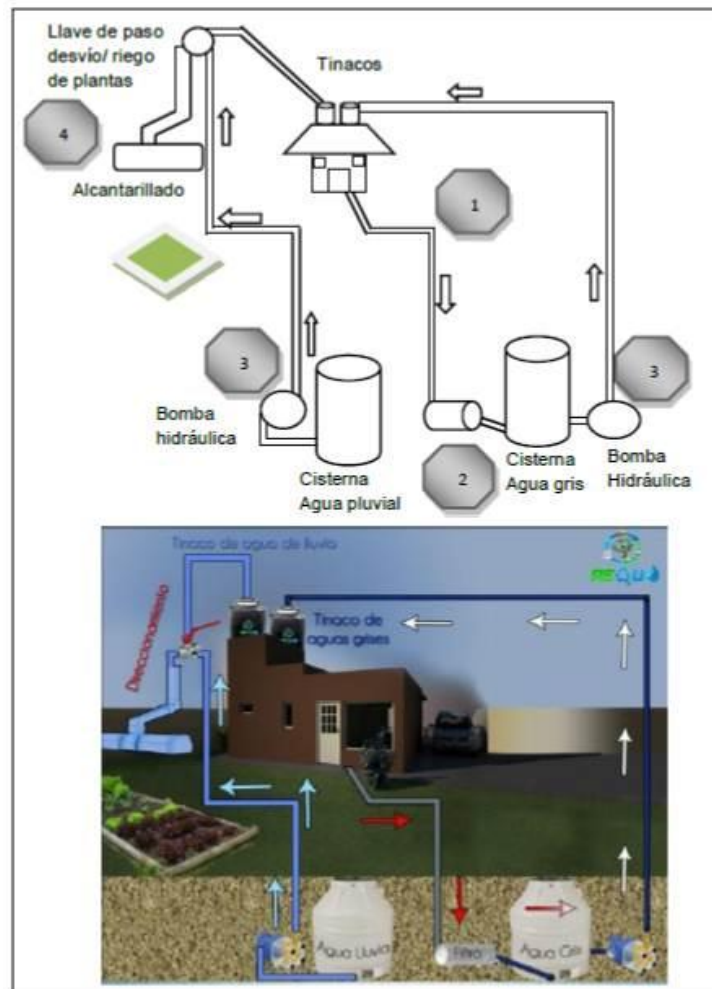


Figura 23. Funcionamiento del prototipo

Fase I. Captación del agua: El agua gris que se genera de las actividades cotidianas en nuestras casas provenientes de lugares como regaderas, lavamanos o lavadoras, será captado por un primer tinaco. Además que cuando las condiciones climatológicas sean favorables para la precipitación, también se captará empleando el recurso de canaletas que serán las encargadas de dirigir el agua a través de otro arreglo de tubos PVC, hacia el segundo contenedor.

Fase II. Clarificación del agua gris: Las agua grises generadas en nuestro hogar, serán llevadas a través de tubos hasta la parte de filtrado de residuos, esto se realiza con un filtro natural, que al terminar el agua es depositada en el primer contenedor de agua.

Fase III. Bombeo de agua: Las aguas contenidas en cada cisterna serán enviadas a través de la tubería PVC por medio del impulso de bombas hacia un contenedor de agua ubicado en la parte superior de la casa habitación, el bombeo será controlado por el sistema de información y la gravedad contribuirá a distribuir el agua para uso estético en actividades como: mingitorios, jardín o lavado de exteriores.

Fase IV. Riego automatizado: El riego automatizado tiene la función de proveer de agua reutilizada a las plantas que se encuentren en el jardín, de acuerdo a las condiciones de humedad que requiera el cultivo y que son parámetros especificados en el sistema. Aclarando que solo se empleará para el riego de plantas el agua disponible de origen pluvial y que se distribuye haciendo uso de un sistema de aspersores para riego en jardines de hidroponía.

Pantalla Principal del sistema: En la figura 11 se muestran los elementos que conforman la pantalla principal del sistema con un diseño intuitivo y de interfaz amigable para el usuario.



Figura 24. Pantalla principal del sistema de información

5. Conclusiones

El reúso del agua residual filtrada es actualmente un recurso valioso y su demanda aumentará en la medida en que decrezca la disponibilidad y se incremente la necesidad de agua de primer uso. El agua es uno de los principales recursos naturales con el que cuenta nuestro país, especialmente en la zona sur, sin embargo; un alto porcentaje de la población no tiene acceso a este vital líquido debido a factores de orden estructural y socioeconómico; además, en diferentes regiones de nuestro país la calidad del agua se ve afectada por malos hábitos de manejo para consumo humano y otros usos domésticos. Se considera que los hábitos inadecuados de higiene contribuyen de manera significativa a la contaminación del agua, lo cual está relacionado con las condiciones económicas y el bajo nivel educativo que existe en muchos hogares.

Por lo tanto REQUA representa un prototipo de un proyecto perfilado a la implementación en las casas de interés social de nuestra zona donde se pueda contribuir a solucionar el problema de escasez y falta de disponibilidad de este vital líquido. REQUA se basa en la reutilización más que en el reciclaje debido a que gran parte de la población no cuenta con la solvencia económica requerida al implementar un proceso de reciclado de agua ya que es necesario contemplar una variedad de procedimientos químicos y el uso de filtros anaeróbicos y aeróbicos que incrementa de manera gravosa y que además repercute en una costosa implementación en casa habitación de interés social y en conclusión no factible.

Por el contrario, REQUA hace uso de la reutilización del agua potable pasando las aguas grises por un filtro natural donde se efectúa el proceso de aclaración de agua dando como resultado agua uso estético con posibilidades de ser utilizada en el excusado así como para el lavado de ventanas, automóviles, patios, etcétera; de esta manera se logrará un ahorro en el consumo de agua de un 80%, visto desde el gasto promedio diario de consumo de una persona es alrededor de 250 litros; el ahorro se ve reflejado en un promedio de 200 a 210 litros de agua potencialmente reutilizable. El sistema domótico tiene como principio utilizar las tecnologías de información en conjunto con la automatización para generar una alianza en pro del desarrollo sustentable al contribuir con la conservación de nuestro medio ambiente quizás de una manera más eficiente que la podemos ejecutar en ausencia de estos elementos.

6. Futuras líneas de investigación

REQUA cumple con todos los requerimientos y objetivos identificados en el desarrollo del proyecto, aplicando una opción diferente para mejorar la autonomía personal en control y confort, estableciendo el mando desde un ordenador al configurar las funciones para su ejecución automática, esto permite la pauta para ser aplicado en una casa inteligente enfocándose al control del agua y riego de plantas donde se incorporan elementos como: sensores de nivel de agua, un sistema de información que le permite obtener un control central, para interactuar con el propietario de la vivienda. Debido a lo anterior REQUA cuenta con los principios para incursionar en una línea de investigación sobre la Domótica así como la construcción de viviendas ecológicas de interés social para aunar los esfuerzos hacia el desarrollo sustentable.

7. Referencias

- [1] UNESCO. Hechos y cifras: Usos del agua. World Water Assessment Programme People and the Planet. Paris: UNESCO. (2003).
- [2] SEMARNAT. Problemática del agua. Artículo publicable. México: SEMARNAT. (2008).
- [3] CONAGUA. Estadística de Agua en México. México: CONAGUA. (2011).
- [4] Forouzan, B., Coombs, C., Ching S. Data Communications and Networking. España: MACGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA. (2002).
- [5] Malvino, P. Principios de electrónica. México: MACGRAW-HILL. (1986).

TRANSPORTE AUTOMATIZADO PARA NIÑOS CON CAPACIDADES DIFERENTES

E. G. Manuel Tzul.

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Edo. México, México.

1. Resumen del Proyecto.

Discapacidad es un término que se emplea para referirse a las consecuencias de la enfermedad, se estima que afecta a un 7 % de la población general y a un 5 % de la población infantil. Mientras que en el adulto las causas más frecuentes se relacionan con la reducción de la mortalidad de las enfermedades crónicas no transmisibles, en el niño los factores genéticos inciden con mayor frecuencia en su producción, constituye un problema de salud por su impacto negativo sobre la calidad de vida del niño, la dinámica de la familia y la comunidad. A medida que la sociedad se desarrolla y el sistema de salud se perfecciona "CALIDAD DE LA DESCENDENCIA" y "REDUCCIÓN DE LA DISCAPACIDAD", se convierten en tareas prioritizadas en las que la atención primaria de salud está llamada a desempeñar un papel fundamental.

El término " Discapacidad " se emplea cada vez con mayor frecuencia en la literatura médica actual. Se considera como tal la restricción o ausencia, debida a una deficiencia de la capacidad, de realizar una actividad en la forma o dentro del margen normal para un ser humano de acuerdo con su grupo etéreo.

Representa, de forma general, una reducción de la capacidad funcional, ya sea temporal o permanente, y en mayor o menor medida compromete la integración social. El término hace referencia a las consecuencias de la enfermedad y puede surgir producto de deficiencias de diversa naturaleza, tales como: auditivas, visuales, viscerales, intelectuales, músculo esquelético, del lenguaje, intelectuales y otras.

La discapacidad que afecta a la población infantil constituye un problema de salud si se considera el impacto negativo que determina sobre el niño, la familia y la comunidad, y los enormes recursos que deben ser destinados para dar respuesta a las "Necesidades especiales" que surgen como consecuencia de la misma.

Móvil para niños minusválidos, está diseñado para poder ser operado desde el volante o dirección y de esta forma al oprimir un botón el Móvil se desplazara hacia adelante o hacia atrás. El móvil tiene unos sensores de proximidad que activan una luz indicadora y una alarma cuando se está a punto de topar con algún obstáculo ya sea por la parte frontal o posterior del mismo. Cuenta con un brazo mecatrónico que ayudara al niño a obtener y tomar cosas que se encuentren en su cercanía dependiendo de la proximidad del brazo y riel que lo sujeta.

2. OBJETIVO DEL PROYECTO.

El móvil para niños minusválidos tiene como objetivo que los niños puedan tener mayor libertad de movimiento a pesar de sus limitantes, ahora podrán dirigirse al lugar que ellos decidan y podrán realizar labores que antes eran muy difíciles para ellos.

Móvil para niños minusválidos, está diseñado para poder ser operado desde el volante o dirección y de esta forma al oprimir un botón el Móvil se desplazara hacia adelante o hacia atrás. El móvil tiene unos sensores de proximidad que activan una luz indicadora y una alarma cuando se está a punto de topar con algún obstáculo ya sea por la parte frontal o posterior del mismo

Cuenta con un brazo mecatrónico que ayudara al niño a obtener y tomar cosas que se encuentren en su cercanía dependiendo de la proximidad del brazo y riel que lo sujeta.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

De forma general se consideran las enfermedades crónicas no transmisibles las causas más frecuentes de discapacidad, y la población de más de 60 años la más afectada. Entre las causas que determinan discapacidad en la población infantil tenemos que algunas, como la poliomielitis, son disminuidas o erradicadas, mientras otras, como la Parálisis Cerebral Infantil, tiende a mantenerse o aumentar, posiblemente como consecuencia de la reducción de la mortalidad del bajo peso al nacer.

Consideramos que en lo referente a la producción de una discapacidad en el niño, debemos considerar tres factores: el factor causal, la capacidad de defensa del organismo y la calidad de la atención médica. El factor causal puede ser de diversa naturaleza; la capacidad de defenderse depende de factores del organismo, ya sean genéticos, nutricionales, inmunológicos; y el tercero está directamente relacionado con la calidad del sistema de salud, los recursos disponibles, y el nivel de desarrollo social y científico.

4. DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL PROYECTO.

Mucho se discute en la actualidad, entre los profesionales de la salud, sobre la relación entre el desarrollo social, la calidad del sistema de salud y el comportamiento de la discapacidad. Por otra parte, la reducción de la mortalidad infantil en niños con afecciones genéticas, o con muy bajo peso al nacer, y, en el adulto la reducción de la mortalidad en las enfermedades crónicas no transmisibles y el incremento de la expectativa de vida, tienden a incrementar la frecuencia de personas discapacitadas.

En aquellos países, en los que el desarrollo ha permitido resolver estos problemas, el tema "Calidad de Vida", "Calidad de la Descendencia", "Ausencia de Discapacidad", pasa a ocupar en la estrategia de salud un lugar especial. Conocer las características de la discapacidad como problema de salud, sus tendencias de comportamiento, sus causas, pasa a ser una tarea priorizada.

Para ayudar a que estos niños se integren socialmente y puedan tener mayor libertad de movimiento sin tener que depender de un adulto o acompañante que les supervise o vigile en la mayor parte del tiempo, se ha diseñado un móvil que permitirá un mayor desarrollo de confianza en el niño.

El móvil podrá ser activado por medio de dos botones que se encuentran en el volante de dirección, esto con el objetivo de pueda ser utilizado por niños que no puedan mover los pies o que carezcan de ellos. Uno de los botones hace que el móvil se desplacé hacia adelante, si se oprime el segundo botón se desplaza hacia atrás.

Si por alguna razón se activan los dos botones el carro solo avanzara hacia adelante para evitar que los motores se quemen y permitir que el usuario tenga un mejor control del móvil, también cuenta con un par de espejos laterales que permitirá al usuario tener un mejor control y visión cuando el móvil se desplace hacia atrás.

El móvil cuenta con sensores de proximidad que al detectar un obstáculo encenderá una lámpara indicadora y una alarma sonora para indicarle al usuario que se encuentra cerca de un mueble u objeto que puede tener situaciones de riesgo para su persona.

El móvil contara con lámparas que iluminaran su camino en la noche para poder ser utilizado también en estas circunstancias. Cuenta también con un brazo mecatrónico, que ayudara al

usuario a tomar, acercar o manipular otros dispositivos como son radio, televisión, computadora, etc. Con estas adaptaciones el móvil no solo cumple la función de transportar a su usuario si no que también puede aumentar su grado de libertad, movilidad y confianza del usuario.

5. PROGRAMA DE TRABAJO

Tabla I.

TRABAJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Diseño del móvil.	■												
Listado de materiales, herramienta y equipo		■											
Corte del PTR.			■										
Taladro del PTR				■									
Ensamble de la estructura					■								
Pintado de la estructura.						■							
Instalación de los circuitos eléctricos y electrónicos.							■						
Instalación del sistema de iluminación								■	■				
Instalación del brazo mecatrónico.										■	■		
Pruebas de calidad, uso y seguridad del dispositivo.												■	■

Tabla I. Cronograma de actividades del proyecto.

6. Circuito de control de movimiento del carro.

Diagrama 1.

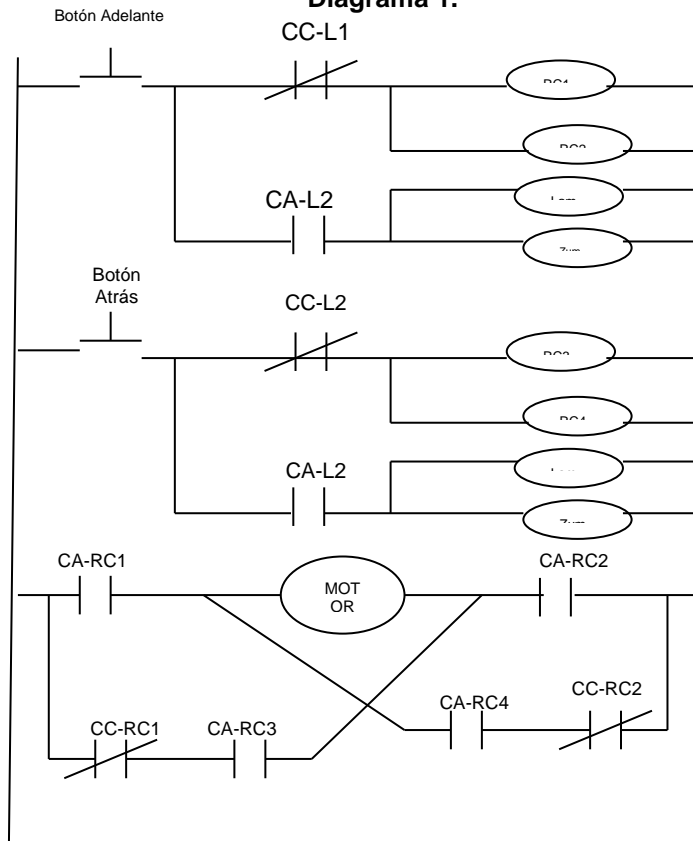


Diagrama 1: Circuito Eléctrico de control del Motor del móvil.

7. Secuencia de operación del circuito.

Cuando es oprimido el Botón de Adelante se activan los relevadores de control RC1 y RC2, al activarse de esta forma se activa el motor y el móvil avanza y puede dirigirse a donde quiera que fuera el destino. Cuando es oprimido el Botón de Atrás se activan los relevadores de control RC3 y RC4, al activarse de esta forma el motor y el móvil retrocede.

Si por alguna razón o motivo se oprimieran los dos botones al mismo tiempo el móvil solo avanzara hacia adelante como medida de prevención de accidentes y de mayor seguridad para el usuario.

8. Estructura del carro.

Una vez cortadas las piezas de metal se procede a perforar los barrenos en donde se van a colocar los tornillos y soldar las partes que se requieran fijas para de esta forma quede lista la estructura de metal.

Fotografía I.



Fotografía I. Base de la estructura de metal y Sistema de control.

Se termina de fijar la estructura del carro y soldar las partes que así lo requieran, se coloca el motor que permitirá el movimiento del carro, y se instalara el circuito de control del carro para que el usuario pueda utilizarlo por medio de un par de botones colocados en el volante.

Se instala los circuitos electrónicos y eléctricos de iluminación y de los sensores de proximidad del carro haciendo pruebas de funcionamiento para que estos estén bien calibrados y listos para su funcionamiento.

Iluminación. Se encargara de mantener iluminado el camino por las noches, este sistema se activara por medio de un apagador, que encenderá las dos lámparas tanto delantera y trasera. De esta forma el usuario podrá utilizar el móvil por las noches o en lugares oscuras.

Sensores de proximidad. Al detectar un obstáculo encenderá una lámpara indicadora y una alarma sonora para indicarle al usuario que se encuentra cerca de un mueble u objeto que puede tener situaciones de riesgo para el usuario y de esta forma pueda tomar medidas preventivas o pueda redirigir su camino.

Durante estos días se realizó el diseño, armado de la estructura del brazo, también se realizaron pruebas de funcionamiento a los motores que moverán el brazo y secuencias de operación y grados de libertad del mismo para un mejor funcionamiento.

Se instalaron los controles del brazo en el móvil para que sea controlado desde el lado lateral del asiento y pueda manipular los motores del brazo mecatrónico.

Fotografía II.



Fotografía II. Asiento y cinturón de seguridad del móvil.

Se realizaron pruebas de funcionamiento a todo el móvil en conjunto para revisar el comportamiento de cada dispositivo por separado y luego poder probarlo de manera conjunta y de esta forma realizar los ajustes necesarios para dar por terminado el proyecto.

Fotografía III.



Fotografía III. Estructura metálica completa.

Fotografía IV



Fotografía IV. Estructura metálica completa.

9. Requerimiento de material y equipo.

Tabla 2.

Sistemas	Material	Equipo
Carro	Lamina galvanizada. Tornillos Motor Tubo galvanizado Relevadores de control Botones de arranque Cable Ejes enlantados Dirección Silla especial Espejos retrovisores Batería Cargador	Planta de soldar Desarmadores Lija Taladro Brocas Pinzas de corte Máquina para doblar lámina.
Sistema de prevención de impacto.	Interruptores de limite Lámpara indicadora. Zumbador de alerta. Cable	Desarmadores Taladro Brocas Pinzas de corte
Sistema de	Lámparas de halógeno de 12 v.	Desarmadores

iluminación.	Base para lámparas. Interruptor switch. Cable	Taladro Brocas Pinzas de corte
Brazo Mecatrónico	Motores de 12 volts. Control Angulo de aluminio Pinzas mecánicas. Cable Batería de 6 volts.	Desarmadores Taladro Brocas Pinzas de corte

Tabla 2. Requerimiento de material y equipo.

10. COSTOS.

Tabla 3.

Sistemas	Material	Cantidad	Precio por unidad.	Subtotal
Carro	PTR	1 pza.	200	200
	Lamina galvanizada.	1 pza.	180	180
	Tornillos	15 pzas.	3	60
	Motor	1 pza.	500	500
	Tubo galvanizado	1 pza.	100	100
	Relevadores de control	4 pzas.	30	120
	Botones de arranque	2 pzas.	10	20
	Perfocel	1 pza.	20	20
	Cable	10 m.	5	50
	Ejes enlantados	2 pzas.	150	300
	Dirección	1 pza.	250	250
	Silla especial	1 pza.	250	250
	Soldadura	1 kg.	30	30
	Espejos retrovisores	2 pzas.	35	70
Batería	1 pza.	300	300	
Cargador	1 pza.	200	200	
Sistema de prevención de impacto.	Interruptores de limite	4 pzas.	30	120
	Lámpara indicadora.	1 pza.	35	35
	Zumbador de alerta.	1 pza.	25	25
	Cable	5 m.	5	25
Sistema de iluminación.	Lámparas de halógeno de 12 v.	4 pzas.	20	80
	Base para lámparas.	4 pzas.	35	140
	Interruptor switch.	2 pzas.	25	50
	Cable	5 m.	5	25
Brazo Mecatrónico	Motores de 12 volts.	5 pzas.	60	300
	Control	1 pza.	250	250
	Angulo de aluminio	1 m.	80	80
	Pinzas mecánicas.	1 pza.	300	300
	Cable	5 m	5	25
	Batería de 6 volts.	1 pza.	200	200

Tabla 3. Costos de material.

11. Viabilidad del proyecto.

Las sillas de ruedas automatizadas para personas con capacidades diferentes suelen ser muy útiles, pero cuando es usada por un niño, el simple hecho de sentarse y sentirse en una silla de ruedas, baja su autoestima y hace sentir al niño una repulsión por esta.

Con el carro móvil, el niño se sentirá en un ambiente más agradable, confortable y divertido, en cual podrá desarrollar sus habilidades con mayor facilidad. Esto le permitirá aumentar la confianza en si mismo y tener mayor libertad de movimiento al poderse desplazar al lugar que el decida.

Con el brazo mecatrónico el niño podrá alcanzar objetos que se encuentren en su cercanía del campo de acción del brazo y del móvil, con esto el usuario podrá desarrollar una habilidad de manipulación del mismo y fortalecer su autoestima.

12. Viabilidad Técnica.

Para ayudar a que estos niños se integren socialmente y puedan tener mayor libertad de movimiento sin tener que depender de un adulto o acompañante que les supervise o vigile en la mayor parte del tiempo, se ha diseñado un móvil que permitirá un mayor desarrollo de confianza en el niño.

El móvil podrá ser activado por medio de dos botones que se encuentran en el volante de dirección, esto con el objetivo de pueda ser utilizado por niños que no puedan mover los pies o que carezcan de ellos. Uno de los botones hace que el móvil se desplace hacia adelante, si se oprime el segundo botón se desplace hacia atrás.

Si por alguna razón se activan los dos botones el carro solo avanzara hacia adelante para evitar que los motores se quemen y permitir que el usuario tenga un mejor control del móvil, también cuenta con un par de espejos laterales que permitirá al usuario tener un mejor control y visión cuando el móvil se desplace hacia atrás.

El móvil cuenta con sensores de proximidad que al detectar un obstáculo encenderá una lámpara indicadora y una alarma sonora para indicarle al usuario que se encuentra cerca de un mueble u objeto que puede tener situaciones de riesgo para su persona.

El móvil contara con lámparas que iluminaran su camino en la noche para poder ser utilizado también en estas circunstancias.

Cuenta también con un brazo mecatrónico, que ayudara al usuario a tomar, acercar o manipular otros dispositivos como son radio, televisión, computadora, etc. Con estas adaptaciones el móvil no solo cumple la función de transportar a su usuario si no que también puede aumentar su grado de libertad, movilidad y confianza del usuario.

13. Viabilidad Financiera.

Los costos totales del proyecto se resumen a continuación para hacer un estudio más detallado de la viabilidad financiera.

A) Carro:	2650 Pesos
B) Sistema de prevención de impacto:	205 Pesos
C) Sistema de Iluminación:	295 Pesos
D) Sistema de brazo:	1155 Pesos

TOTAL DEL COSTO DE MATERIAL: 4305 Pesos

Como puede observarse la inversión mayor debe de hacerse en la estructura del carro y brazo, esto debido a que si se quiere que este tenga una vida útil de 5 años como está programado se debe de utilizar materiales resistentes.

14. Viabilidad Social.

Para ayudar a que estos niños se integren socialmente y puedan tener mayor libertad de movimiento sin tener que depender de un adulto o acompañante que les supervise o vigile en la mayor parte del tiempo, se ha diseñado un móvil que permitirá un mayor desarrollo de confianza en el niño.

Con el carro móvil, el niño se sentirá en un ambiente más agradable, confortable y divertido, en cual podrá desarrollar sus habilidades con mayor facilidad. Esto le permitirá aumentar la confianza en sí mismo y tener mayor libertad de movimiento al poderse desplazar al lugar que el decida.

Con el brazo mecatrónico el niño podrá alcanzar objetos que se encuentren en su cercanía del campo de acción del brazo y del móvil, con esto el usuario podrá desarrollar una habilidad de manipulación del mismo y fortalecer su autoestima.

15. Instructivo de Operación.

a) Operación del carro móvil.

Al oprimir el botón de avance el carro se desplaza hacia adelante y si se desea desplazarse hacia el carro hacia atrás solo se tiene que oprimir el segundo botón.

El carro cuenta con un sistema de seguridad contra impactos que se encuentran colocados en la parte trasera y delantera del vehiculo, al detectar que el carro esta cerca de un obstáculo se apagan los motores y se enciende una lámpara indicadora junto con una alarma sonora para indicar que hay que alejarse del obstáculo.

b) Operación del brazo mecatrónico.

El brazo mecatrónico es operado por 5 motores debido a que se mueve en 5 ejes de libertad, el control remoto se encuentra del lado derecho del usuario.

16. Instructivo de Mantenimiento.

El mantenimiento del carro es muy fácil solo hay que limpiarlo con un trapo húmedo. Y de esta forma se mantendrá el dispositivo en óptimas condiciones. El sistema electrónico del brazo necesita de un especialista para poder dar el mantenimiento y no es recomendable darle mantenimiento a este sistema de manera autónoma.

Currículo corto del autor.

Ing. Eduardo Gonzalo Manuel Tzul.

Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, del Instituto Politécnico Nacional. Profesor e Investigador, del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli.

Av. Nopaltepec s/n, Col. La Coyotera, Cuautitlán Izcalli, México. Tel: 5820 6211, 044 55 3522 4764

Email: tzulmxx@hotmail.com

BIOELECTRÓNICA

SISTEMA PROTOTIPO DE MONITOREO REMOTO DE CUADROS DE APNEA OBSTRUCTIVA DEL SUEÑO EMULADOS POR ADULTOS

Lidia H. Rascón Madrigal, Ernesto Sifuentes de la Hoya, Nelly Gordillo Castillo, Erika Meraz Tena, Arnulfo Castro Vásquez.

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación
Av. del Charro 450 Nte. Cd. Juárez, Chihuahua. México
(656)-688-48-41
(lrascón@uacj.mx, esifuent@uacj.mx)

RESUMEN

El trabajo presenta un prototipo para detectar la señal de respiración en forma no invasiva utilizando un sensor piezo-eléctrico, colocado bajo un colchón inflable, para efectos del prototipo se ha trabajado con adultos que se presume no padecen apnea obstructiva. La apnea es emulada por los adultos al dejar de respirar en forma voluntaria durante un lapso de tiempo. El prototipo está integrado por el sensor piezo-eléctrico, un circuito de acondicionamiento de señal, un programa en Labview para estimar la frecuencia respiratoria y los momentos en que ocurre la apnea obstructiva emulada y su duración. La información se almacena en un archivo y la señal de respiración se puede monitorizar en forma remota mediante otro programa diseñado para este fin. El prototipo fue capaz de detectar la señal de respiración e identificar cuando la persona pasa 10 s o más sin respirar, a nivel prototipo este puede ser mejorado, tanto en la técnica de sensado de la señal como en el algoritmo para identificar la apnea.

ABSTRACT

The paper presents a prototype to detect the signal of breathing noninvasively using a piezo-electric sensor placed under a mattress, for purposes of the prototype, has worked with adults who are presumed not obstructive apnea. Apnea is emulated by adults to stop breathing voluntarily during a period of time. The prototype is composed of piezo-electric sensor, a signal conditioning circuit, a Labview program to estimate the respiratory rate and the time when emulated apnea occurs and its duration. The information is stored in a file and the respiration signal can be monitored remotely by another program designed for this purpose. The prototype was able to detect the respiration signal and identify where the person spends 10 seconds or more without breathing, at this prototype can be improved, both in the art of sensing the signal as in the algorithm to identify apnea.

1. INTRODUCCIÓN

El término apnea significa ausencia de respiración espontánea. De manera ocasional se producen apneas durante el sueño normal, pero en las personas que tienen apnea del sueño se produce un aumento de la frecuencia y duración de las mismas, con episodios que duran 10 segundos o más y que aparecen de 300 a 500 veces por noche. Las apneas del sueño pueden estar producidas por obstrucción de las vías aéreas superiores, especialmente la faringe, o por alteración del impulso respiratorio del sistema nervioso central [3].

La Guía de práctica clínica define a la apnea obstructiva del sueño (AOS) como una alteración de la respiración durante el sueño, caracterizada por la obstrucción parcial continua de la vía aérea superior (hipopnea obstructiva) y/o obstrucción intermitente completa (apnea obstructiva) que altera

la ventilación normal durante el sueño, así como los patrones normales del sueño. Condiciona un aumento del trabajo respiratorio, anomalías en el intercambio gaseoso y fragmentación del sueño. Sin tratamiento puede producir graves complicaciones como son: retraso en el crecimiento, problemas de comportamiento y dificultades en el aprendizaje, alteraciones cardiovasculares, pulmonares, metabólicas así como disminución en la calidad de vida y depresión [7].

La apnea es un desorden del sueño caracterizado por breves pausas en la respiración mientras el paciente se encuentra dormido. Sus consecuencias pueden ir desde dolores de cabeza o simples malestares. La apnea obstructiva del sueño se caracteriza por presentar episodios repetidos de apnea o hipopnea que duran un mínimo de 10 s. Las apneas mixtas son episodios que combinan apnea central (cese del flujo y esfuerzo respiratorio, mayor a 10 seg. al relajarse la musculatura intercostal y diafragmática por inhibición del centro respiratorio) seguida de apnea obstructiva. La hipopnea se define como una caída del esfuerzo respiratorio de al menos el 30%, acompañada de una desaturación de oxígeno de 4% o más, con una duración de 10 s o más. No hay consenso definitivo en la definición, pues algunos centros requieren la presencia de despertares. La mayoría de las apneas e hipopneas tienen una duración entre 10 y 30 s, pero hay episodios que persisten hasta un minuto e incluso más. Con frecuencia, las apneas se acompañan de desaturación de oxígeno en la sangre arterial, que regresa a valores normales al terminar la apnea en coincidencia con un despertar de breve duración [1,4,6].

Para detectar la apnea del sueño se puede realizar un examen físico de la boca y garganta para detectar anomalías (por el otorrinolaringólogo). Otras pruebas realizadas por un neumólogo que incluyen: Estudios del sueño, ECG (electrocardiograma) para detectar posibles arritmias durante el sueño, Gasometrías para ver el nivel de oxígeno en sangre durante el sueño. Uno de los estudios del sueño más completos para detectar la apnea obstructiva es la polisomnografía. Es la técnica neurofisiológica que estudia el sueño mediante el registro de diversos parámetros fisiológicos durante el ciclo vigilia-sueño en donde se debe incluir el electroencefalograma (EEG), el electromiograma (EMG), el electrooculograma (EOG), la oximetría de pulso, el flujo aéreo nasal y bucal, los movimientos toracoabdominales, la saturación de oxígeno, el ronquido y el electrocardiograma (ECG) [3]. El polígrafo respiratorio monitoriza menos variables que la polisomnografía y es utilizado como método diagnóstico domiciliario y se considera dispositivo portátil. Apnea link es un dispositivo portátil que se utiliza para el diagnóstico de la apnea del sueño [5, 8, 9].

Este artículo presenta el diseño e implementación de un sistema prototipo para monitorizar en forma remota cuadros de apnea que han sido emulados (dejar de respirar en forma voluntaria por un lapso de tiempo) por personas mayores de 18 años. El prototipo es un monitor no invasivo, capaz de detectar los movimientos del paciente producidos por la respiración, utiliza un sensor piezoeléctrico ubicado bajo un colchón inflable (por cuestiones prácticas del prototipo y uso de laboratorio). El prototipo está integrado por dos estaciones: la estación base y la estación remota, la primera realiza el monitoreo directo al paciente y muestra en pantalla la señal de respiración e indica los episodios de apnea obstructiva, además dispone la información para que pueda ser monitorizada desde la estación remota. El trabajo se encuentra a nivel prototipo, monitoriza la apnea obstructiva e indica los episodios de apnea, tiene la limitante usar un colchón inflable, por cuestiones prácticas de prueba, y el algoritmo de identificación de apnea es simple, sin utilizar lógica difusa ni la transformada wavelet. Sin embargo, ha servido de base para iniciar la línea de investigación en el tema de apnea del sueño en la que actualmente se trabaja utilizando un acelerómetro y algoritmos difusos.

2. METODOLOGIA PARA DETECTAR LA RESPIRACIÓN

El prototipo está integrado por dos estaciones: la estación base y la estación remota como se ilustra en la figura 1. La estación base se compone de un sensor piezo-eléctrico que registra señal de respiración, un circuito de acondicionamiento de señal pasivo, una tarjeta de adquisición de datos (TAD) 6225 de National Instrument que cuenta con 12 bits de resolución y un programa realizado en Labview versión 8.5 para la monitorización y el registro de los episodios de apnea.

La interfaz de la estación remota es un programa realizado en Labview versión 8.5, que accede a los datos de la estación base mediante variables compartidas y permite que un médico pueda visualizar en forma remota en una misma pantalla, los episodios de apnea de 6 personas conectadas, cada una, a una estación base diferente. De esta forma en la estación remota, se puede visualizar el nombre, edad, número de estación, respiración por minuto, y el estado de las alertas: precaución y alerta por apnea. El médico puede hacer anotaciones en el campo de observaciones, además si lo requiere puede seleccionar una estación y monitorizar la señal de respiración vía remota y en tiempo real.

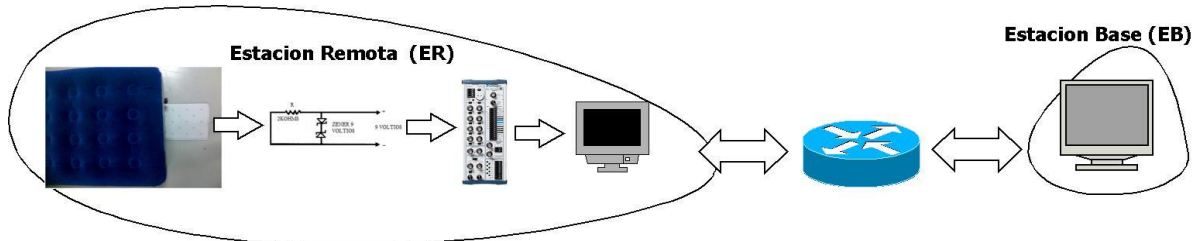


Figura 1. Prototipo de monitoreo remoto de cuadros de apnea emulados por adultos.

2.1 Estación de monitorización de la respiración

La estación remota está integrada por un sensor piezo-eléctrico, un circuito de acondicionamiento de señal, una tarjeta de adquisición de datos tipo USB 6225 de National Instrument, una computadora y un programa desarrollado en labview para monitorizar la señal de respiración.

En el prototipo propuesto el sensor se coloca bajo un colchón y no se realizará conexión alguna hacia el paciente. El sensor utilizado en la aplicación, es de la marca Nanny Monitor modelo BM-02 (figura 2) que muestra una respuesta proporcional a la presión ejercida. Siguiendo las reglas del efecto piezo-eléctrico, mientras más grande sea el nivel de la deformación mecánica, el voltaje aumenta de forma proporcional. El sensor está colocado en medio de dos placas plásticas que permiten sensar el movimiento desde cualquier punto de la placa como se muestra en la figura 3.



Figura 2. Sensor piezoeléctrico.

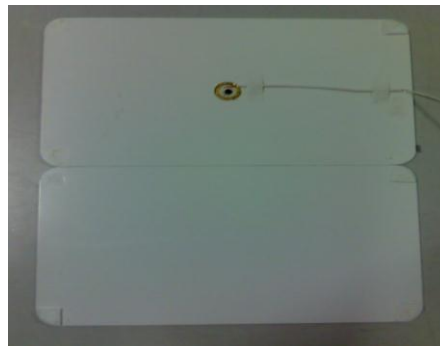


Figura 3. Sensor piezo-eléctrico dentro de las placas.

La figura 4, muestra el sensor dentro de las placas de acrílico, ubicado bajo el colchón, orientado hacia la parte superior central del mismo, más o menos a la altura del pecho.



Figura 4. Vista de posición lateral y superior del sensor ubicado bajo el colchón.

El voltaje generado por el sensor piezo-eléctrico producido por el movimiento de las personas al subir y bajar del colchón presenta valores en el rango de -10V a 70V. La tarjeta de adquisición de datos NI6225 utilizada se configuró en forma bipolar de -10 V a 10 V, para ajustar los niveles de voltaje se diseñó un circuito de acondicionamiento de señal en el rango de -10 a 10V. Se realizó un programa en labview para adquirir la señal, durante las primeras pruebas, la señal presentaba ruido, para atenuar el ruido se utilizó un cable coaxial, un filtro digital Butterworth pasa bajas de quinto orden con frecuencia de corte de 50 Hz y un filtro suavizador (smoothing) de promedio dinámico y un amplificador con ganancia 30. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 5.

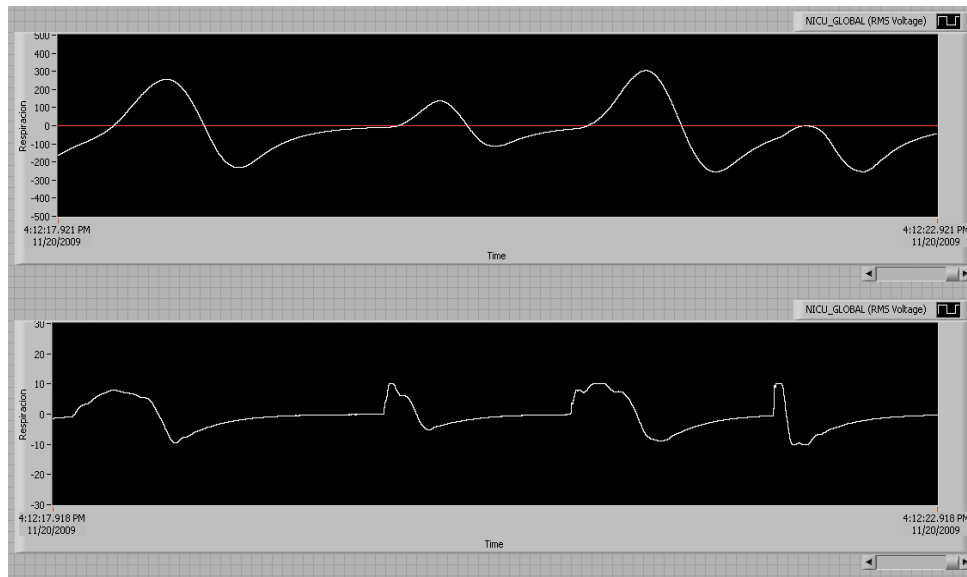


Figura 5. Señal de movimiento (parte baja), y señal filtrada (parte superior).

El diseño del programa ha sido desarrollado sobre la arquitectura de máquina de estados basado en el diagrama de estados [2] que se muestra en la figura 6. El programa se mantiene en un ciclo, hasta que el usuario detenga la prueba o si ocurre un error en alguno de los estados: Inicio, Adquisición, Analiza, Actualiza, Almacena, Comunicación y Tiempo.

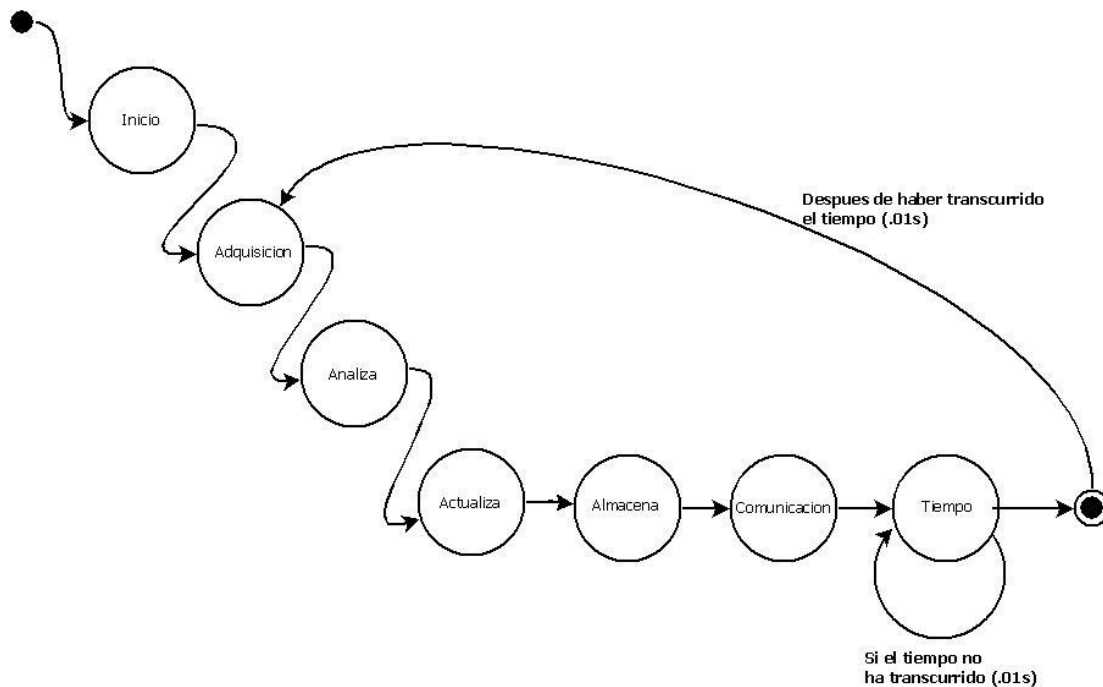


Figura 6. Diagrama de estados de estación remota para monitorización de la señal de respiración.

El estado inicio. Inicializa los archivos necesarios para almacenar la información, solicita al usuario los datos del paciente a monitorizar como nombre, edad y peso. El estado adquisición adquiere los datos de la variable de respiración por el canal 0 de la tarjeta de adquisición de datos NI6225, obtiene 500 muestras cada 0.01 s y las grafica. El estado analiza es el encargado de ajustar la señal de respiración a línea basal, esto es necesario debido a que la señal esta montada en una componente continua que varía dependiendo del peso de la persona. En el estado analizar, se analiza la señal mediante otra máquina de estados, los estados son: inhalación, exhalación, activo (la persona se mueve en forma brusca y los valores de voltaje obtenidos son mayores a los de respiración) o paro (la persona mantiene su respiración en uno de los estados inhalación o exhalación durante 5 s o más, entonces se activa alerta amarilla, cuando el tiempo es de 10 s o más se activa la alerta roja que indica apnea), de tal forma que se implemento un algoritmo para analizar la información por segmentos e identificar en que estado se encuentra la señal y mediante el numero de muestras y la información del periodo de muestreo con que fueron obtenidas, calcular el tiempo que la señal permanece en cada estado.

El estado actualiza es el encargado de determinar el tiempo en segundos que dura la señal en el estado de inhalación o exhalación, el algoritmo se implemento mediante una máquina de estados, cuando el tiempo es mayor a 10 s, se activa una alerta roja de apnea obstructiva y el evento se envía al estado almacenar para ser registrado en el archivo; cuando el tiempo es mayor a 5s y menor a 10 s se activa una alerta amarilla y el evento se almacena en un archivo. Esta operación se realiza en el estado almacenar. El mensaje se escribe en el archivo incluyendo el tiempo de apnea, la fecha, hora, el estado en que se produjo. El estado comunicación, utiliza el servicio de la SVE (Shared Variable Engine) en la aplicación. Las variables compartidas son actualizadas directamente desde la parte del código donde se generan. La señal de respiración es escrita en la variable compartida en el estado de adquisición. La alertas son escritas en el estado de actualiza, así la información esta disponible es las computadoras que tienen acceso a las variables compartidas. El estado tiempo, es el encargado de supervisar el tiempo (utilizando la estructura Elapsed time) en que se ejecuta cada ciclo de la máquina de estados, es el único estado en que se puede salir de la máquina de estados, en cuyo caso, cierra

los archivos, cierra la conexión con la tarjeta de adquisición de datos, libera las variables compartidas y sale de la aplicación.

2.2 Estación Base

El prototipo está integrado por la estación base (EB) y estación remota (ER). Como su nombre lo indica, la primera funciona como el punto principal a donde todas las otras estaciones se comunican y la segunda es la estación donde se monitoriza el paciente. En la EB es posible observar los datos generales de los pacientes y el estado actual de las alarmas. Si es requerida una observación particular, es posible mostrar la señal de respiración producida por el sensor de cada estación de monitoreo en tiempo real, también es posible acceder a los comentarios anotados por el médico y a los archivos con la información de las alertas de apnea.

3. RESULTADOS

La estación base permite realizar la monitorización de seis estaciones remotas al mismo tiempo, muestra información de cada estación remota indicando nombre del paciente, edad, número de estación, frecuencia respiratoria, y los indicadores visuales de las alertas como se muestra en la figura 7. Cuando el usuario requiere visualizar la señal que se está adquiriendo en una estación en particular, puede seleccionarla y entonces aparecerá, una pantalla igual a la de la estación remota seleccionada (figura 8) para visualizar en tiempo real, incluidos la señal de respiración, las alertas, la ventana de eventos y observaciones y los datos personales.

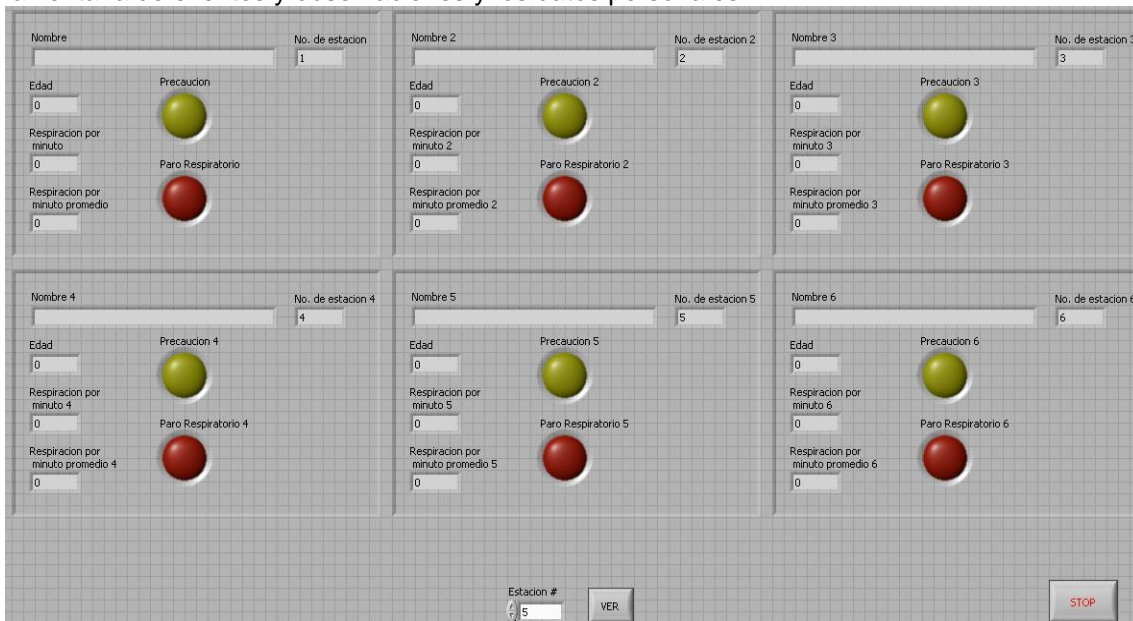


Figura 7. Pantalla principal de la estación base, monitoriza seis estaciones remotas.

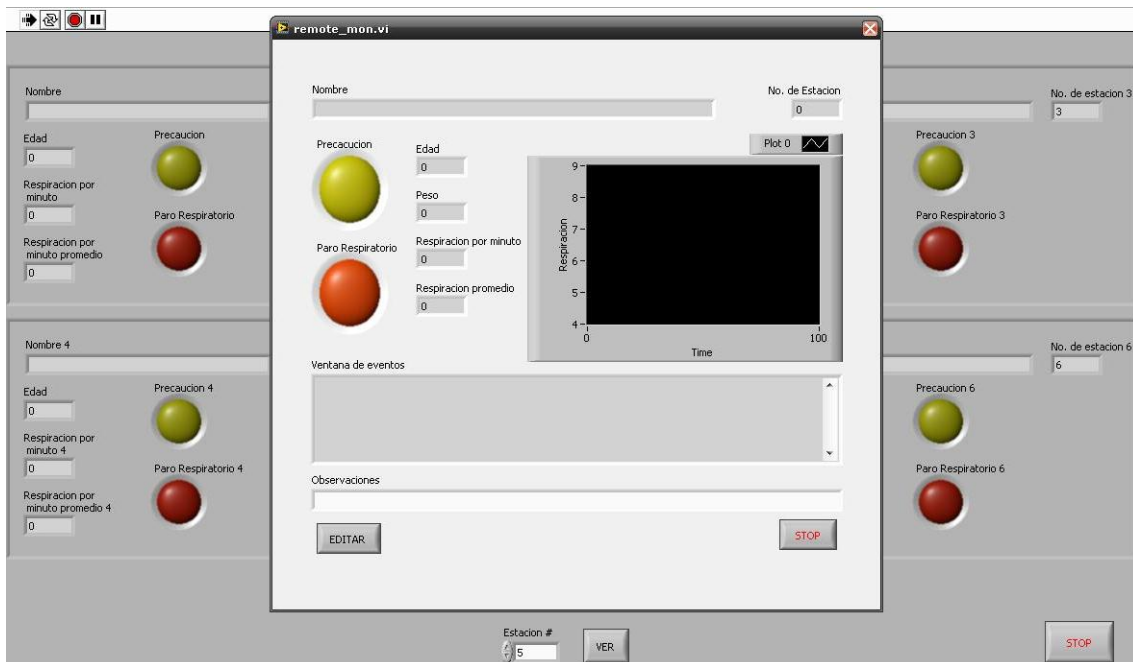


Figura 8 Pantalla de monitoreo remoto vista desde la estación base. La alarma roja (paro respiratorio) se refiere a episodio de apnea.

Las pruebas realizadas demostraron que el sistema es capaz de medir la respiración y muestra claramente los instantes en que la persona deja de respirar en forma voluntaria. Las pruebas se realizaron bajo condiciones específicas que consisten en pedirle al paciente que se acueste sobre el colchón con la postura que normalmente toma al dormir, que respire de manera normal y evite realizar movimientos bruscos pues se busca que sea lo más parecido al sueño (aunque si pueden moverse), después de adquirir la señal de respiración normal, se le pide al paciente que deje de respirar por cierto tiempo (emular un episodio de apnea del sueño obstructiva). Durante la prueba se verifica de forma visual que la información de la aplicación sea congruente con la actividad del paciente.

A continuación se muestra una de las pruebas realizadas a la Srita. Elda Pérez (22 años), compleción delgada, estatura media baja, la figura 9 muestra a Elda y la figura 10, la señal de respiración obtenida durante la prueba, el intervalo entre a y b muestra la señal de apnea emulada.

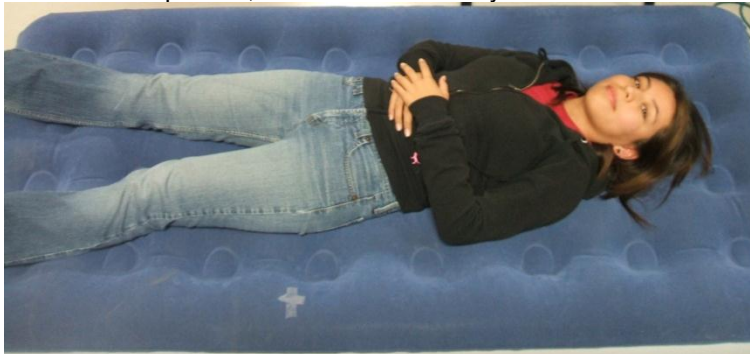


Figura 9. Prueba de respiración a la Srita. Elda Pérez colocada sobre el colchón.

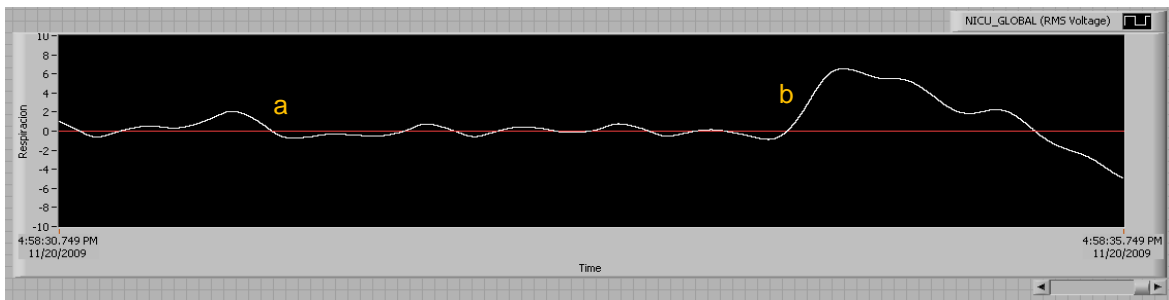


Figura 10. Señal de respiración de Eida Betsabe Pérez. Apnea obstructiva emulada (a-b), Respiración.

CONCLUSIONES

El sistema prototipo propuesto es capaz de detectar la respiración del paciente utilizando un sensor piezo-eléctrico, cuando el sensor se coloca bajo de un colchón inflable. Se realizaron pruebas con jóvenes de 18 a 25 años. El sistema muestra en pantalla la señal de respiración adquirida y se observa claramente los momentos de inhalación y exhalación, así como los episodios de apnea emulados al dejar de respirar en forma voluntaria. Por lo anterior, se concluye que el sistema detecta periodos de apnea emulada, es no invasivo y registra la información en un archivo de texto para que pueda ser interpretada posteriormente. Este prototipo es el primero en la línea de investigación de aplicaciones biomédicas del equipo de trabajo, y ha dado la pauta para trabajar con un sensor acelerómetro de tres ejes para detectar la apnea obstructiva del sueño y el uso de algoritmos estadísticos y difusos para estimar el tiempo de los periodos de apnea emulados.

REFERENCIAS

- [1] Matthew N. Levy y otros, Berne y Levy FISILOGIA, CUARTA EDICION, Elsevier España S.A., Madrid España, (2006).
- [2] Bitter R., Mohiuddin T., Nawrocki M., Advanced Programming Techniques, SECOND EDITION, CRC press Taylor & Francis Group, USA (2007).
- [3] Guyton Artur, Hall John. Tratado de fisiología medica. 11ª edición. Elsevier, p223-224, 2006.
- [4] Ahmed, Murtuza; Patel Nirav P.; Rosen Ilene. Portable monitor in the Diagnosis of obstructive sleep apnea. Chest 132; 1672-1677; 2007.
- [5] Ayas Najib; Pittman Stephen, MacDonald Mary, White David. Assessment of a wrist-worn device in the detection of obstructive sleep apnea. Sleep Medicine Vol 4, 435-442, 2003.
- [6] Polkey M., Farré R. Dinh-Xuan A.T. Series "Respiratory monitoring: Revisiting classical physiological principles with new tools" European Respiratory Journal V24, 1052-1060, 2004.
- [7] Prevención, diagnóstico y tratamiento oportuno de la apnea obstructiva del sueño en pediatría en primer y segundo niveles de atención. Evidencias y recomendaciones. Catalogo maestro de guías de práctica clínica SSA-117-08. 2008
- [8] Nigro Carlos, Serrano Fernando, Aimaretti, Gonzalez Sergio, Codinardo Carlos, Rhodius Edgardo. Utility of apnealink for the diagnosis of sleep apnea-hypopnea syndrome. Medicina 69, 53-59 Buenos Aires 2009.
- [9] Grupo Español del sueño (GES), Consenso nacional sobre el síndrome de apneas-hipoapneas del sueño. Archivos de bronconeumología. vol 41-4, 2005.

ADECUACIÓN DE UN RADAR MARINO PARA EL MONITOREO EN BAJO VUELO DEL TRIATOMA DIMIDIATA

Tomás de Jesús Santiago Nuñez, Dr. Francisco José Heredia López, Dr. Eric Dumonteil
Facultad de Matemáticas UADY ,Centro de investigaciones regionales Dr. Hideyo Noguchi

Email: tomas.santiago.rm@gmail.com, hlopez@uady.mx, oliver@uady.mx.

El uso del radar para el monitoreo de insectos tiene aproximadamente 40 años, a demostrado ser una tecnología útil para los entomólogos y biólogos que requieren hacer estudios sobre los insectos. En Yucatán, la enfermedad de Chagas ha sido causa de muchas muertes en el interior del estado, se sabe que la enfermedad la causa el parásito *Trypanosoma Cruzi* que es transmitido por la chinche hematófaga *Triatoma Dimidiata*, conocido como “pic” en la región, siendo está el vector de la enfermedad. La enfermedad es crónica, sistémica, y de mayor afectación en condiciones sociales marginadas, donde la atención médica es limitada, además de ser una enfermedad endémica por lo que conocer el comportamiento de la población del vector es importante para tomar mejores medidas de prevención, razón por la cual se requiere desarrollar un sistema de monitoreo que permita hacer más estudios sobre la enfermedad. Este trabajo trata sobre el diseño del sistema para posteriormente realizar la construcción.

Abstract: The use of radar to track insects has about 40 years; this technology is useful to entomologists and biologists that require studying to insects. In Yucatán, Chagas disease has caused many deaths in upstate, known that the *Trypanosome Cruzi* causes the disease, the parasite is transmitted by blood-sucking bug *Triatoma Dimidiata*, called “pic” in the region, this insect is disease vector. The disease is chronic, systemic, and involvement in marginal status, where exists limited medical attention, also is a endemic disease for this reasons is important know population behavior of vector for take prevention measure, need to develop a track system for study about disease. This work is about system design to building in the future.

1. ENFERMEDAD DE CHAGAS

La enfermedad de Chagas (*Trypanomiasis Americana*) fue nombrada en honor a su descubridor el médico brasileño Carlos Chagas, es una afección parasitaria, sistémica, crónica, transmitida por vectores y causada por el protozoario *Trypanosoma cruzi*, con una firme vinculación con aspectos socio-económico-culturales deficitarios, considerándosela una enfermedad desatendida. Es una patología endémica en 21 países de las Américas, aunque las migraciones de personas infectadas pueden llevarla a países no endémicos de América y el Mundo. El principal mecanismo de transmisión es vectorial, por hemípteros (chinchas), de la Subfamilia *Triatominae* (con alimentación hematófaga). Infectan personas expuestas a su picadura, al depositar sus heces infectadas en heridas de la piel o sobre mucosas. Otras modalidades de transmisión son transfusional, congénita, trasplantes de órganos u oral. Se estima que en la Región, cerca de 100 millones de personas están en riesgo de infectarse, unos 8 millones infectadas, con 56.000 nuevos casos anuales por todas las formas de transmisión, motivando 12 .000 muertes anuales [1].

1.1. *Triatoma dimidiata*

El triatoma dimidiata o “pic” es una chinche del orden Hemiptera y de la familia Ruviiidae, es un insecto de aproximadamente 1.6 cm a 2.5 cm de largo, es selvático e invade viviendas durante la noche alimentándose de la sangre de mamíferos incluido el hombre mientras estos duermen. El peso de la chinche es entre 200 y 300mg en ayunas, y duplicándose al alimentarse. Son de color café a negro y marcadas con un color rojizo o naranja. La cabeza es alargada, un tanto cónica, el protórax se hace angosto hacia el frente, las alas se cruzan en forma plana sobre el dorso y tienen

de dos a tres celdas en la membrana. La orilla del abdomen parecen placas planas a los lados de las alas; estas placas están marcadas con barras de color rojo o anaranjado. En Yucatán, el insecto suele encontrarse al norte de la península, sin embargo es propenso a estar en otras zonas del estado, incluyendo a la capital Mérida, por los estudios realizados por Dumonteil et al, se sabe que hay baja colonización pero una alta infestación, y que hay mayores cantidades en los meses calurosos entre abril y junio[2].



1. Triatoma Dimidiata.

1.2. Enfermedad en Yucatán

La enfermedad en el estado fue detectada en los años 40 del siglo anterior, pero empezó a ser estudiada en los años 70, en estudios en Bokobá, Teya y Sudzal, se encontró que cerca del 5% de la población está infectada, existen más casos en el Estado, por lo que conocer el comportamiento de la población de la chinche es importante para tomar mejores medidas de prevención.

2. RADAR ENTOMOLÓGICO

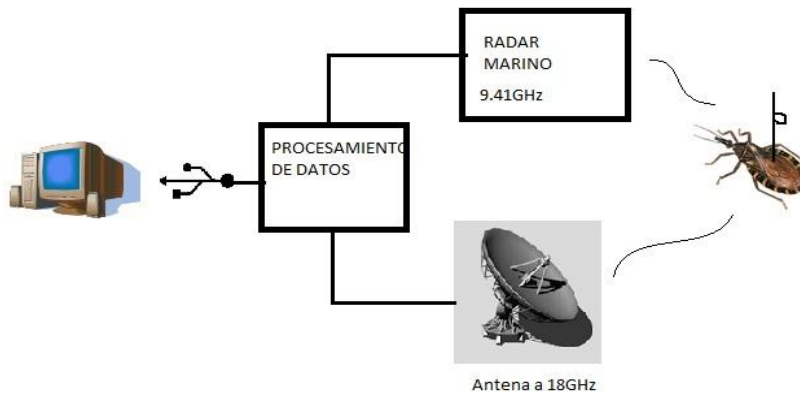
La idea del radar entomológico empezó en los años 70, y desde entonces se ha mejorado y adaptado el sistema para los distintos insectos a estudiar. En otros lados del mundo ha demostrado ser eficaz en el estudio de poblaciones de insectos que afectan al hombre ya sea en las cosechas, control de enfermedades, etc. Sin embargo, en México aún no se han hecho este tipo de estudios, debido a que la chinche transmite una enfermedad endémica, es necesario realizar dicho radar para conocer mejor al insecto. Para el triatoma el uso del radar es la mejor opción, debido a que otro tipo de tecnología como por ejemplo un sistema de visión computacional requiere demasiadas cámaras para obtener los mismos resultados, además de que el insecto es nocturno por lo que las cámaras no serían precisas, el radar funcionaría igual tanto de día como de noche, otra ventaja es que ofrece mejor ubicación geométrica y geográfica de los insectos [3].

2.1. Técnicas de radares entomológicos

Hay dos técnicas en radares entomológicos que son usados actualmente el “vertical-looking radar” (VLR) y el “Harmonic radar”, el primero se enfoca a estudiar los insectos por su altitud, y en alto vuelo, el segundo utiliza un circuito rectificador y un tanque resonante sobre los insectos, que responde al doble de la frecuencia recibida [4]. La principal ventaja del radar armónico es que el circuito sobre el insecto es pasivo por lo que no requiere de una batería. Este último es el que será utilizado en este trabajo.

3. COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema de radar armónico propuesto en este trabajo cuenta con 5 bloques: Radar Marino, Transponder, Receiver, Procesamiento de datos e Interfaz con el usuario. La diferencia del sistema propuesto con respecto a otros, radica en el procesamiento de datos y la interfaz con el usuario donde generalmente usaban un display PPI (Plan Position Indicator). Estos bloques se describirán detalladamente en las siguientes secciones.



2. Sistema de radar entomológico

3.1. Radar marino

El uso de un radar marino se debe a que produce una onda corta discreta y de alta potencia, por lo que puede tener gran alcance, este tipo de radares son producidos comercialmente en gran volumen, por lo que son más baratos con respecto a otros radares, y se adaptan mejor a las condiciones de la aplicación. El radar comercial con el que se cuenta es de 4kW de potencia de salida, y 9.41 GHz de frecuencia del pulso electromagnético. Se usará la transmisión del radar como pulso dirigido a las etiquetas (transponder) de los insectos, y se diseñará un sistema de recepción aparte para recibir la respuesta de las etiquetas. Este radar se adaptará al sistema por lo que se necesita empotrar la antena receptora en él, de esta manera las antenas girarán al mismo tiempo, esto servirá para poder obtener el giro de la antena y con ello la posición angular en todo momento, y al detectar las etiquetas se tome la posición angular de la antena y con esta estimar la posición de los insectos.

3.1.1. Ecuación del radar

$$R = \sqrt{\frac{\lambda_h}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t \sigma_h G_t G_r}{P_r 4\pi}}}$$
 Una de las metas del sistema es que tenga un alcance de al menos 100m de radio, esto puede determinarse mediante la ecuación del radar armónico [5] que proporciona el rango:

El radar marino adquirido no provee la ganancia de la antena transmisora, al ser comercial es de arquitectura cerrada y no otorgan ese tipo de información. Sin embargo, por tener características similares a otros radares comerciales se estima que la ganancia este entre los 20 y 40dB. Con respecto a la ecuación: λ_h es la longitud de onda en el espacio libre determinado por la frecuencia de transmisión, P_t es la potencia de la antena transmisora, σ_h es la sección transversal armónica del objetivo entre 10 y 40 mm², G_t y G_r son la ganancia de la antena transmisora y receptora, respectivamente, finalmente P_r es la potencia de entrada de la antena receptora. Sabiendo esto los

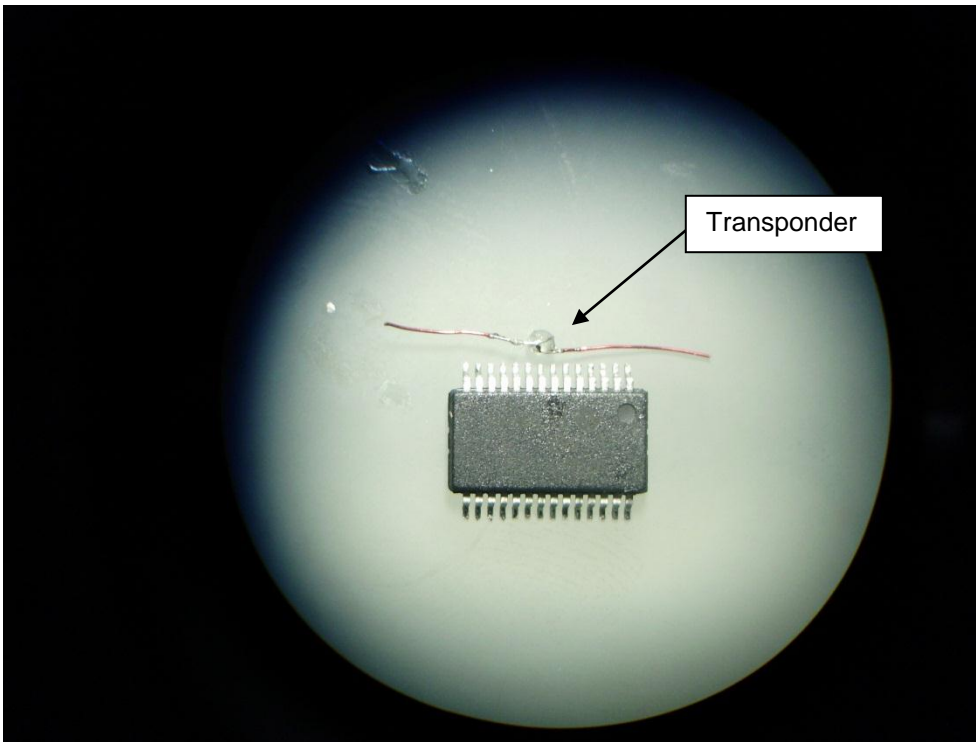
parámetros de la antena receptora se pueden adaptar para poder tener control sobre el rango de operación. Se necesitarán hacer pruebas para poder determinar el rango del radar con el cual se cuenta, pero al tener condiciones similares a las reportadas por la literatura, se estima que el rango este en los 100m o mas de operación.

3.2. Transponder

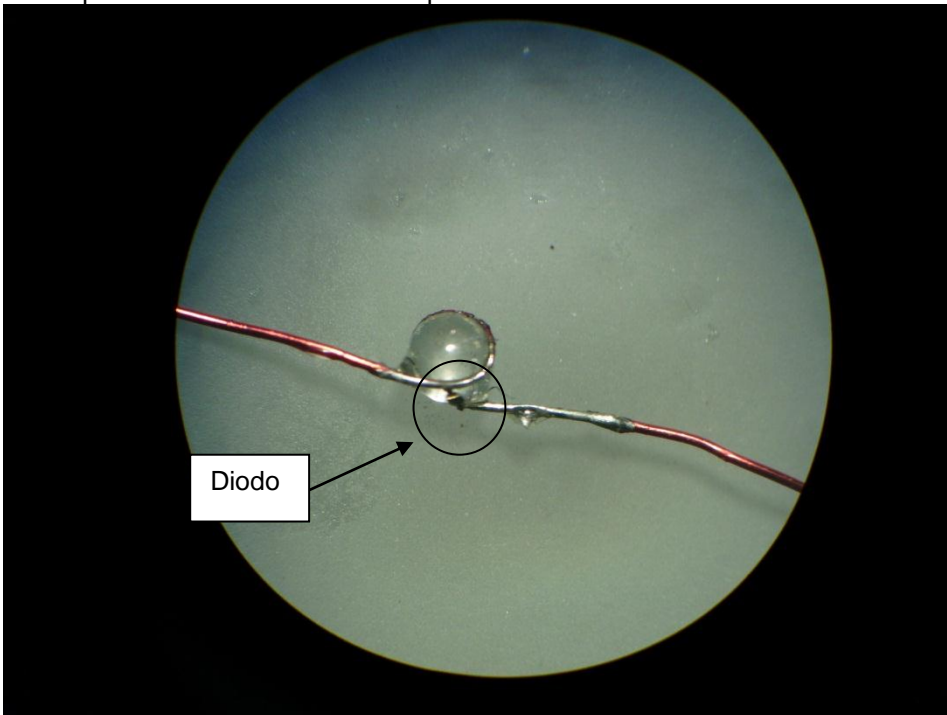
La “etiqueta electrónica” o transponder irá sobre los insectos para que responda al pulso electromagnético generado por el radar marino. Estos transponder funcionan mediante auto inductancia y responden al doble de la frecuencia recibida, consisten de un inductor y un diodo Schottky de RF en paralelo [6], el transponder es un simple circuito rectificador que nos generará el doble de frecuencia recibida. El inductor es un alambre de cobre de calibre AWG #34, el alambre funcionará como un dipolo. Tiene un largo de 8 mm en cada extremo, en medio una vuelta de 1mm de diámetro. El diodo Schottky es el HSCH-5340 este opera entre 1 a 26 GHz, por lo que se encuentra en el rango de operación del radar, es de 0.71 mm de largo, no se encuentra encapsulado, y es de bajo peso, por lo que resulta adecuado para el sistema propuesto.

3.2.1. Fabricación del transponder

Para elaborar las etiquetas electrónicas primero se midió 1mm para hacer la vuelta del alambre usando, y 8 mm en cada extremo, a continuación se procedió a estañar el alambre en el centro del lazo y en los extremos del mismo, bajo el microscopio se fijo el alambre con unas pinzas para poder maniobrar el diodo, debido al tamaño pequeño de este se uso una aguja de punta fina con un poco de pasta soldadora para tomar el diodo y colocarlo en el lazo del alambre. Después de colocar el diodo en posición, con un cautín y mediante capilaridad se soldó cada patita del diodo, este procedimiento debe realizarse con mucho cuidado, y en el tiempo en que se pega el cautín al alambre no debe exceder los 3 segundos, pues al ser microscópico el diodo el calor producido por el cautín puede romper las patitas. Se notó que una fuerza pequeña puede romper el diodo, factor que puede influir pues al colocárselo a los insectos, si chocan pueden romper el diodo y con esto dejar inutilizable el transponder. Para solucionar esto se “encapsuló” el diodo en una gota de resina epóxica para obtener rigidez mecánica. En la siguiente imagen se presenta un transponder fabricado, y su comparación en cuanto a tamaño con respecto a un integrado de encapsulado SOIC-28.



2.Comparación de tamaño del transponder.



3. Transponder

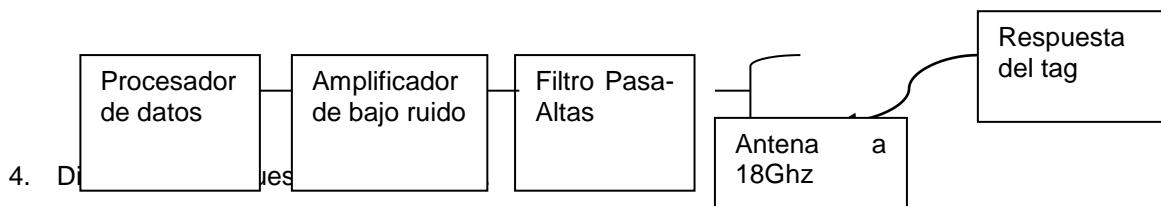
El peso promedio del transponder es de 5.7mg, tomando en cuenta el peso del insecto se cumplen las condiciones para que la chinche se mueva con libertad.

3.3. Receiver

El receiver contará de una antena que opere a más de 18GHz, debe ser de bajo peso para que el motor del radar marino pueda moverla, la antena debe estar seguida por un filtro pasa altas de 18Ghz de frecuencia de corte, y seguido de un amplificador de bajo ruido (LNA), de esta forma podrá determinar la distancia de cada etiqueta mediante la amplitud de la señal detectada por el amplificador. Será necesario realizar pruebas experimentales para determinar de manera cuantitativa la relación entre las amplitudes de las señales detectadas y la distancia a la cual se encuentra la etiqueta.

3.4. Obtención de datos

Seguido del LNA se pasará la información al convertidos A/D de un microcontrolador, cuando se registre la llegada de una señal de respuesta de alguna etiqueta se registra su radio, y se captura la posición angular a la que se encuentra la antena, así como el tiempo en el que se registro de esta manera se tendrá los datos r , θ , t (radio, ángulo, tiempo), se enviará la información mediante USB a una laptop que mostrará los datos en la pantalla.



3.5. Interfaz con el usuario

En la laptop, se planea hacer un programa en lenguaje gráfico que registre las posiciones de cada etiqueta en un gráfico circular representando con puntos a los insectos en movimiento, cabe aclarar que no interesa identificar a los individuos, pues el sistema solo tiene interés en la población en general y no sobre cada individuo, toda esta información se irá guardando en un archivo de texto, para tener la información en todo momento.

4. RESULTADOS

Como se muestra en las figuras 2 y 3 ya se tienen fabricadas etiquetas para marcar a las chinches. Estas etiquetas cumplen con las restricciones de tamaño y peso para poderse fijar a los insectos a monitorear sin interferir en su vuelo.

5. CONCLUSIONES

Actualmente el sistema se encuentra en la etapa de obtención de la posición angular de la antena, se conecto una extensión al sensor del radar marino que obtiene la posición de la antena. Se continuará con el diseño formal del receptor y la obtención del radio de cada antena. Teniendo el sistema finalizado se usará para observar el comportamiento de los insectos, hacer modelos matemáticos de su comportamiento y con ello poner en marcha mejores medidas de prevención contra la enfermedad.

6. REFERENCIAS

1. World Health Organization. http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=3591&Itemid=3921&lang=es.(Último Acceso Marzo 26 2012).
2. E. Dumonteil, S. Gourbiere, M. Barrera-Pérez, E. Rodríguez-Félix, H. Ruiz-Piña, O. Baños-López, *et al.* Am J Trop Med Hyg, **67**,176-183,(2002).
3. J.R. Riley , A.D. Smith ,in Computers and Electronics in Agriculture. Amsterdam, The Netherlands: Else-vier, **35**, 151–169, (2002).
- 4 . J. Chapman, V. Drake,D. Reynolds. Rev. Entomol. **56**, 337–356, (2011).
- 5 .G. Boiteau, B. Colpitts. International journal of pest managment, **50**, 3, 233–242,(2004).
6. G. Boiteau, B. Colpitts. IEEE transaction on antennas and propagation, **52**, 11 , 2825-2832. (2004).

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTROENCEFALÓGRAFO AMBULATORIO INALÁMBRICO CON MEMORIA

José Daniel Pinzón Vivas, Francisco José Heredia López, Humberto Salgado Burgos, Gloria Arankowsky Sandoval
Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi
daniel.pinzon@live.com.mx, hlopez@uady.mx, humberto.salgado@uady.mx, asandov@uady.mx

RESUMEN

La electroencefalografía (EEG) es una herramienta que ayuda en el diagnóstico de enfermedades como la epilepsia. En algunos casos se debe ubicar el foco epiléptico para tratar correctamente esta enfermedad, pero en algunas ocasiones el EEG post-crisis no presenta esta información. En estos casos, se intenta inducir una nueva crisis, sin embargo, no se puede mantener al paciente en observación indeterminadamente y no se sabe cuándo ocurrirá el nuevo episodio. Se propone elaborar un prototipo de electroencefalógrafo ambulatorio inalámbrico con memoria, donde se guardará la información de la próxima crisis epiléptica para su posterior estudio. El sistema debe de cumplir con las especificaciones mínimas de diseño y seguridad para EEG, ser ligero, con electrodos superficiales de larga duración o de fácil intercambio, con tal de que el equipo pueda ser usado diariamente perjudicando en lo más mínimo las actividades normales del usuario.

ABSTRACT

The electroencephalography (EEG) is a helpful tool in the diagnosis of diseases such as epilepsy. In some cases the epileptic focus must be located to properly treat this disease, but in occasions the post-crisis EEG do not present this information. In these cases, a new crisis is attempted to induce, however, the patient cannot be maintained in observation indefinitely and is not known when the new episode will occur. The elaboration of a wireless ambulatory electroencephalograph prototype with memory is proposed here, were the next seizure information will be saved for further studies. The system must meet the minimum EEG specifications of design and security, be lightweight, with long term or easy exchange surface electrodes, in order to the equipment could be used daily with the minimum prejudice of the user's normal activities.

1 INTRODUCCIÓN

La electroencefalografía (EEG) es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral, y está indicada en el diagnóstico de enfermedades de origen cerebral como la epilepsia, encefalopatías, trastornos del sueño, coma, muerte cerebral, entre otros [1].

La epilepsia es una enfermedad crónica caracterizada por uno o varios trastornos neurológicos que dejan una predisposición en el cerebro para generar convulsiones. Una convulsión o crisis epiléptica es un evento súbito caracterizado por una anormal y excesiva actividad neuronal [2].

Existen distintos tipos de epilepsia, y esta puede ser originada por gran variedad de factores: genética, infecciones, trastornos metabólicos, traumatismos, tumores o ser idiopática (causa desconocida). En algunos casos, para tener un mejor diagnóstico de la epilepsia e indicar el tratamiento adecuado se debe ubicar el origen de la actividad cerebral anormal (foco epiléptico), lo cual se hace mayormente por medio de la electroencefalografía.

Un electroencefalógrafo tradicional cuenta con un módulo para la adquisición de datos y otro para plasmar la información en papel, lo que generalmente resulta en una máquina grande y pesada (figura 1), que debe de ser operada por un técnico capacitado.



Figura 1. Ejemplo de un electroencefalógrafo tradicional.

Con la introducción de la electroencefalografía digital los tamaños se redujeron drásticamente, sustituyendo la impresión en papel por la visualización a través de una pantalla (figura 2), incluyendo software de procesamiento cada vez más avanzado.



Figura 2. Ejemplo de un electroencefalógrafo digital.

Para obtener un EGG el paciente debe acudir a una clínica o laboratorio para que se le realice el estudio bajo la supervisión de un operador. En algunas ocasiones, el EEG tomado después de la última crisis epiléptica no presenta información relevante. En estos casos, se mantiene al paciente en observación y se intentan reproducir las causas probables de la crisis para provocar una nueva y obtener su EEG. Sin embargo, el nuevo episodio epiléptico puede tardar desde unos cuantos días hasta varios meses en ocurrir, y no se puede mantener al paciente en observación indeterminadamente, ya que debe de seguir con sus actividades normales.

El presente trabajo se enfocará en el desarrollo de un electroencefalógrafo ambulatorio inalámbrico con memoria, que pueda ser utilizado de manera cotidiana, lo cual permitirá guardar la información de la próxima crisis del paciente sin que este tenga que permanecer en observación.

Trabajos previos han desarrollado electroencefalógrafos portátiles [3] [4] [5] [6] [7], los cuales puedan ser operados sin la necesidad de acudir a un hospital. Sin embargo, algunos de estos diseños trabajan de manera conjunta con una PC, y otros no cumplen con los requerimientos mínimos de diseño y/o seguridad (omitiendo muchas veces esto último). Los dispositivos ambulatorios más completos se encuentran en el ramo comercial [8] (figura 3), pero las señales aún se transmiten de manera cableada.



**Figura 3. Dispositivo ambulatorio Trea.
Distribuidos por la empresa GRASS TECHNOLOGIES.**

2 ANTECEDENTES

Para desarrollar un electroencefalógrafo que cumpla con los criterios mínimos de diseño y seguridad para EEG hay que entender los conceptos básicos de electroencefalografía y de seguridad eléctrica.

2.1 Seguridad Eléctrica

2.1.1 Conceptos Básicos

Un equipo médico es aquel aparato electrónico utilizado para tratamiento, diagnóstico o monitoreo del paciente mediante una parte aplicable (que entra en contacto con el paciente), por lo que transfiere o detecta energía hacia o desde el paciente. Dado que los equipos son alimentados eléctricamente, no se puede asegurar un riesgo nulo en su uso. Un accidente eléctrico sucede cuando hay dos contactos provistos por el cuerpo y una diferencia de potencial entre ellos. Entre los riesgos eléctricos están el macroshock y el microshock.

Un macroshock es el efecto que produce una corriente eléctrica que entra y sale del cuerpo por la superficie de la piel. Un microshock es el efecto que produce la corriente en el corazón cuando uno de los contactos es la piel y el otro es un punto cercano al corazón.

Los efectos que tiene una corriente en el cuerpo dependen de la intensidad de esta y el tiempo que actúe. De 10 a 500 μA la persona comienza a sentir el paso de la corriente, de 1 a 25 mA el cuerpo se empieza a engarrotar hasta perder el control motriz. Al aumentar gradualmente hasta 100 mA los efectos van desde parálisis muscular, problemas respiratorios y riesgo de fibrilación ventricular. Para corrientes a partir de 200 mA hasta 1 A se produce fibrilación ventricular, quemaduras y paro cardiaco. De 1 a 6 A se producen daños y quemaduras severas [9].

Debido a los efectos que puede producir la corriente sobre el cuerpo es importante que todo equipo médico cumpla con los parámetros de seguridad eléctrica para mantenerse dentro del rango de corrientes seguro.

2.1.2 Clasificación de equipos

Los equipos médicos se clasifican según el tipo o el nivel de protección que ofrecen. Según el tipo de protección, los equipos pueden ser de Clase I si ofrecen aislamiento básico y conexión de las partes conductoras a tierra de protección, de Clase II si tienen doble aislamiento sin conexión a tierra de protección, y de Clase III si son alimentados a tensiones muy bajas. La figura 4 muestra el diagrama para equipos de Clase I y II.

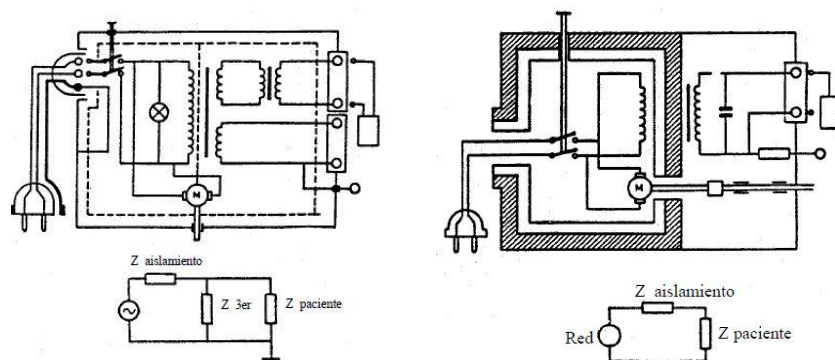


Figura 4. Diagramas para equipos de clase I y II respectivamente.

Según el nivel de protección ofrecida, los equipos pueden ser de tipo B si ofrecen adecuado grado de protección contra corrientes de fuga y fiabilidad de la conexión a tierra, de tipo BF si son equipos de tipo B con la parte aplicada al paciente mediante circuitos flotantes, y CF si tienen alto grado de protección contra corrientes de fuga y parte aplicable flotante, este nivel es requerido para circuitos con aplicación cardíaca directa. Los equipos de tipo H son aquellos que proveen de protección contra descargas eléctricas comparables a las producidas por electrodomésticos.

2.1.3 Consideraciones de seguridad

Los equipos deben de tener una cubierta protectora adecuada para evitar cualquier contacto accidental con las partes conductoras. Los equipos que puedan entrar en contacto con el paciente, ya sea mediante una parte aplicable o por contacto externo, no deben de tener una diferencia de potencial mayor a 40 mV. Todas las partes conductoras deberán estar puestas a tierra. Las partes aplicadas al paciente deben de estar aisladas de las sometidas a tensión, se debe evitar que se cierre cualquier lazo de corriente en el paciente [10].

Para cumplir con el último criterio se utilizan amplificadores de aislamiento. Estos presentan una alta impedancia de la barrera de aislamiento ($> 10 \text{ M}\Omega$), alto voltaje de aislamiento ($> 1000 \text{ V}$) y alto rechazo en modo común (CMRR). Existen tres tipos de amplificadores de aislamiento: por transformador, óptico y capacitivo.

A pesar de todas las precauciones siempre pueden producirse corrientes de fuga. Estas pueden ser de distintos tipos: la que se mide en la puesta a tierra de la red, la que fluye del chasis a tierra sin pasar por el conductor de protección, la que fluye del equipo a través del paciente a tierra o a un equipo flotante, la que fluye a través del paciente necesaria para el funcionamiento normal del equipo (corriente auxiliar) y la que fluye a través del paciente para producir un efecto fisiológico (corriente funcional).

Las corrientes de fuga en los equipos no deben de rebasar los límites de seguridad establecidos, los cuales varían según el tipo de equipo y el origen de la corriente (ver tabla I).

Tabla I

Camino de la Corriente (en mA)	TIPO B		TIPO BF		TIPO CF	
	FN	Fallo	FN	Fallo	FN	Fallo
Fugas a tierra	0.5	1	0.5	1	0.5	1
Fugas del Chasis	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05
Fugas del paciente con la red, en la entrada y salida de señal	--	5	--	--	--	--
Fugas del paciente con la red, en una parte aplicada al paciente	--	--	--	5	--	0.05
Corriente Auxiliar	0.01	--	0.01	--	--	--

Corriente del Paciente	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05
------------------------	-----	-----	-----	-----	------	------

Tabla I. Corrientes de fuga en funcionamiento normal (FN) y de primer fallo.

2.2 Electroencefalografía

2.2.1 Anatomía del cerebro

El sistema nervioso central se divide en tres partes principales. El tallo central se encarga de la respiración, el ritmo cardiaco y los reflejos. El cerebelo se ocupa del equilibrio y de movimientos voluntarios. El cerebro es el encargado de las funciones conscientes.

La corteza cerebral es una capa de 3 mm de espesor que se encarga de la interpretación de la información sensorial, la conciencia, la memoria, el aprendizaje y los movimientos planificados. Se divide en lóbulos delimitados por surcos (figura 5).

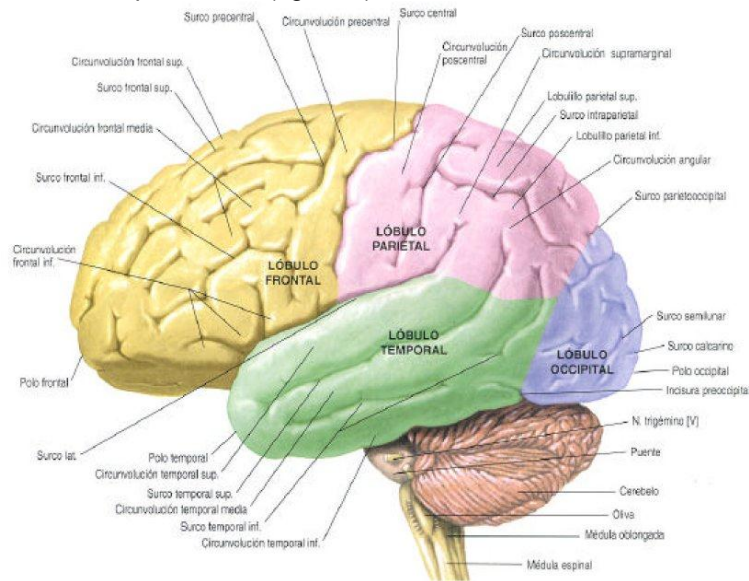


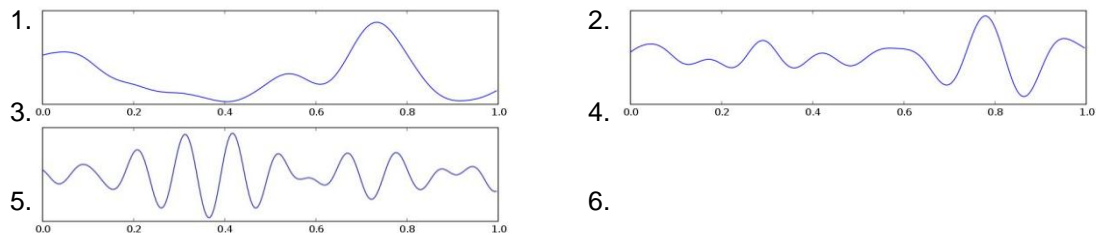
Figura 5. Sistema nervioso central con división de la corteza cerebral.

Los lóbulos cumplen con distintas funciones. El prefrontal se relaciona con la personalidad y el pensamiento, el frontal esta asociado al movimiento complejo, en el parietal se hace la interpretación general de los sentidos, en el temporal se hace la asociación de la audición y en el occipital la asociación visual [11].

El sistema nervioso está compuesto por neuronas, las cuales son un tipo de célula especial caracterizada por recibir y transmitir impulsos nerviosos en forma de potenciales de acción. La comunicación entre neuronas se hace por medio de la sinapsis, que es la unión especializada entre dos neuronas.

2.2.2 Señales del cerebro

El cerebro produce distintos tipos de señales rítmicas que se dividen según su ancho de banda. Pueden ser de tipo alfa, beta, gamma, delta, theta y mu (figura 6). Cada tipo de onda esta asociada a cierto tipo de actividad cerebral, y también a ciertos tipos de patologías (ver tabla II).



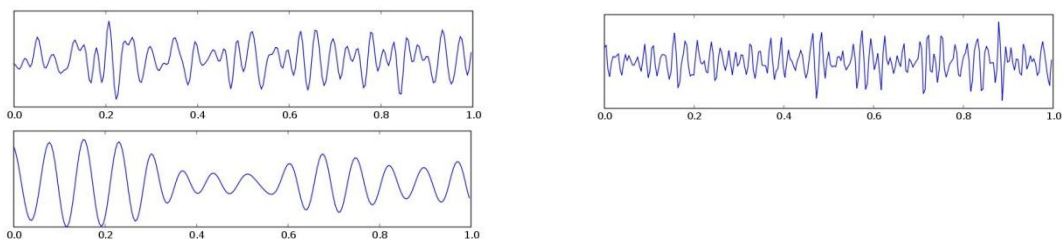


Figura 6. Ondas Delta (1), Theta (2), Alfa (3), Beta (4), Gamma (5) y Mu (6).

Tabla II

Onda	Frecuencia (Hz)	Amplitud (uV)	Localización	Asociación	Patologías
Delta	0.5 - 4	100	Frontal	Sueño	Lesiones difusas
Theta	4 - 8	>20	Parietal - Temporal	Meditación	Lesiones focales
Alfa	8 - 12	20 - 200	Occipital	Ojos cerrados	Coma
Beta	12 - 30	5 - 30	Parietal - Frontal	Alerta	Presencia de benzos
Gamma	30 - 100+		Corteza Somatosensorial		Deterioro Cognitivo
Mu	8 - 13		Corteza Sensoriomorora		Autismo

Tabla II. Tipos de ondas cerebrales.

2.2.3 Configuración de los electrodos

La lectura de la actividad eléctrica de la corteza cerebral se realiza por medio de electrodos. Estos deben de ser colocados en el cuero cabelludo siguiendo la configuración estándar del sistema internacional 10-20 [12] (figura 7).

El sistema 10-20 asegura que los electrodos estén en regiones similares sin importar el tamaño del cráneo. Se inicia midiendo la distancia longitudinal entre el nasión y inión. El nasión se identifica como el área deprimida entre los ojos, justo sobre el tabique nasal. El inión es la proyección más prominente del hueso occipital en la parte posterior inferior del cráneo. Se localiza el polo frontal (Fp) y el occipital (O) a 10% de la distancia total entre nasión y el inión respectivamente. De ahí se colocan los electrodos Fz, Cz y Pz a distancias de 20%. De la misma forma se mide la distancia entre las aurículas pasando por Cz, y se colocan electrodos T3, C3, C4 y T4 a distancias de 10% y 20%. Se hace lo mismo midiendo la distancia entre Fp y O pasando por T3 o T4 (lados izquierdo y derecho), y se colocan Fp1, F7, T5 y O1. (lado izquierdo) y Fp2, F8, T6 y O2 (lado derecho). Finalmente se colocan los electrodos F3 y F4 a la mitad de la distancia de Fz entre F7 y F8 respectivamente, y de igual manera se colocan P3 y P4 entre Pz, T5 y T6.

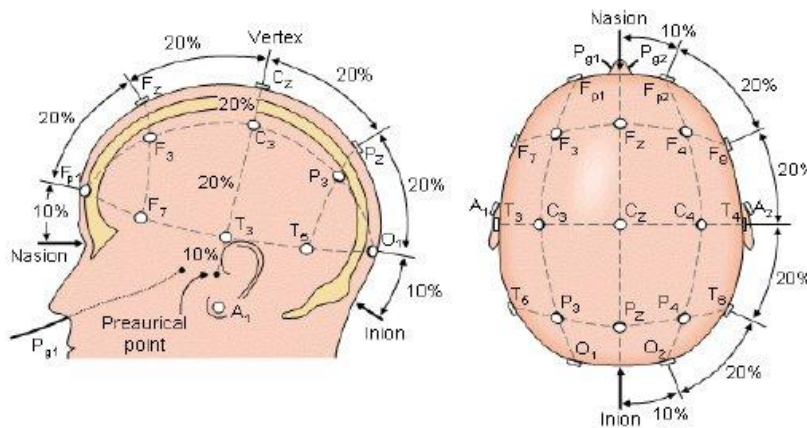


Figura 7. Sistema internacional 10-20 de colocación de electrodos.

La nomenclatura de los electrodos esta dada según el área anatómica en la que se encuentren: Occipital (O), Parietal (P), Central (C), Frontal (F), Frontal polar (Fp), Temporal (T) y Auricular (A). Los electrodos izquierdos se numeran impar, los derechos par y los del centro con z (zero). Se debe de colocar un electrodo de tierra en la región central de la frente. Los electrodos de referencia se colocaran en los lóbulos de las orejas o en el mentón.

El registro de la actividad eléctrica puede ser monopolar (referencial) o bipolar. En el registro monopolar se mide la diferencia de potencial entre un electrodo activo y el electrodo de referencia. El referencial de Wilson es una variante en donde la referencia esta dada por el voltaje medio de todos los electrodos. Para evitar cortocircuito se utilizan resistencias.

El registro bipolar mide la diferencia de potencial entre dos electrodos. Debido al número de electrodos, la cantidad de combinaciones de pares de electrodos es muy grande, y no todas las combinaciones proporcionan información relevante. Debido a lo anterior, la federación internacional de electroencefalografía proporciona combinaciones de electrodos (montajes) que deben de realizarse durante un estudio de EEG (tabla III). Estos montajes reciben el nombre de longitudinal y transversal (figura 8), dependiendo de la orientación de los pares de electrodos.

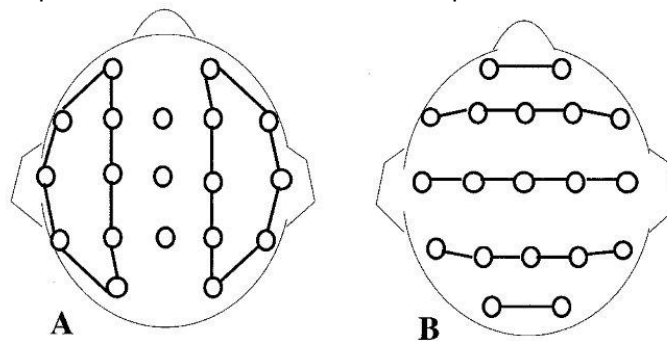


Figura 8. Montaje longitudinal (A) y transversal (B).

Tabla III

Canales	LB	TB	R
1	FP1-F3	FP1-FP2	FP1-A1
2	F3-C3	F7-F3	FP2-A2
3	C1-P3	F3-Fz	F3-A1
4	P3-O1	Fz-F4	F4-A2

5	FP2-F4	F4-F8	C3-A1
6	F4-C4	A1-T3	C4-A2
7	C4-P4	T3-C3	P3-A1
8	P4-O2	C3-Cz	P4-A2
9	FP1-F7	Cz-C4	O1-A1
10	F7-T3	C4-T4	O2-A2
11	T3-T5	T4-A2	F7-A1
12	T5-O1	T5-P3	F8-A2
13	FP2-F8	P3-Fz	T3-A1
14	F8-T4	Pz-P4	T4-A2
15	T4-T6	P4-T6	T5-A1
16	T4-O2	O1-O2	T6-A1

Tabla III. Montajes recomendados por la federación internacional de EEG. Longitudinal (LB), Transversal (TB) y Referencial (R).

2.2.4 Diseño

Para diseñar un electroencefalógrafo se necesita conocer cuáles son las partes de este y como se relacionan entre si. Para ello se utiliza normalmente un diagrama como el que se presenta a continuación (figura 9).

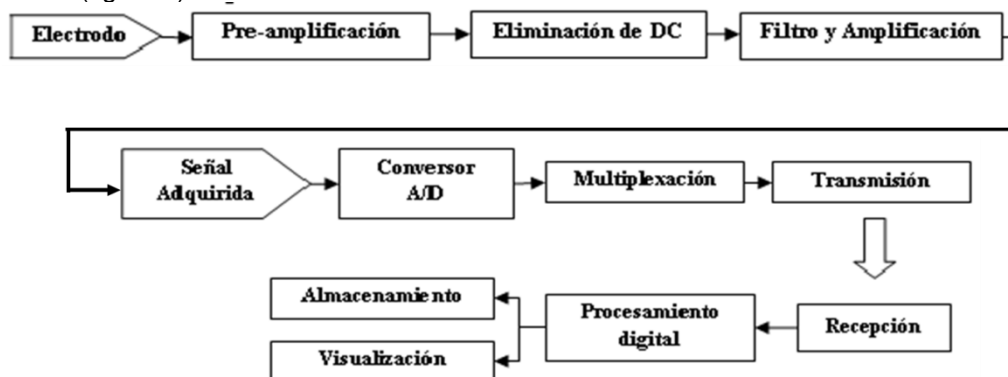


Figura 9. Diagrama de un electroencefalógrafo.

2.2.5 Requerimientos mínimos

Los requerimientos mínimos para el EEG se crearon para establecer un estándar de electroencefalografía, sin embargo trabajar solo con los requerimientos mínimos no garantiza un estudio satisfactorio, por lo que deben procurarse valores superiores a estos.

2.2.5.1 Electroodos

Los electrodos deben de estar libres de ruido y no atenuar las señales entre 0.5 y 70 Hz, se recomiendan electrodos de plata, cloruro de plata o con disco de oro. Para mejores resultados los electrodos se deben de mantener limpios. Se debe usar siempre el sistema 10-20 y los montajes recomendados por la IFCN. La impedancia inter-electrodos no debe ser mayor a 5 kΩ. Siempre se debe usar el electrodo de tierra. Todo el equipo debe de estar a la misma tierra.

La sociedad americana de neurofisiología clínica (ACNS) sugiere en su guía número 5 [13] una modificación del sistema 10-20 por el sistema 10-10 (figura 10), el cual permite más electrodos.

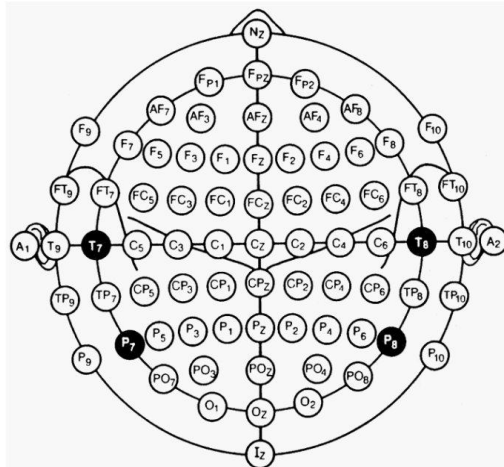


Figura 10. Configuración 10-10 sugerida por la ACNS

2.2.5.2 Registro

Se deben de grabar 16 canales mínimo, se recomiendan 24 (preferentemente 32). La interferencia entre canales debe de ser menor al 1% (-40 dB). Ruido menor a 2 μ V pico a pico a cualquier frecuencia. Impedancia de entrada de al menos 10 M Ω (se espera que la impedancia del preamplificador sea mayor a 100 M Ω). Rechazo en modo común (CMRR) mayor a 110 dB y rango dinámico de al menos 40 dB.

2.2.5.3 Filtrado

El filtro de baja frecuencia no debe de ser mayor a 1 Hz y el de alta frecuencia no ser menor a 70 Hz, con atenuación de 12 dB/Octava. Otras frecuencias de filtrado deben de estar disponibles (0.16, 0.5, 1.6, 5, 10, 15, 30, 50, 100). Se debe incluir un filtro de ranura de 60 Hz. Se debe de usar una frecuencia de muestreo 3 veces mayor al filtro de alta frecuencia y utilizar múltiplos de 50 y 64 (mínimo 200 muestras/s).

2.2.5.4 Registro Digital

La sensibilidad del equipo debe de ser de 7 μ V/mm. La digitalización debe de tener una resolución vertical mínima 12 bits. El registro en papel estándar utiliza una escala horizontal de 3 cm/s y una vertical de 100 μ V/cm. El registro digital debe tener una resolución horizontal mínima de 100 puntos/s (mostrar 10 segundo por página), y una vertical con 4 pixeles por mm (mínimo). Otras escalas deben de estar disponibles escalando el estándar por un factor de 2. La escala utilizada debe de estar indicada para que sea fácilmente identificable.

3 HIPÓTESIS

Un electroencefalógrafo ambulatorio inalámbrico con memoria ayudaría en el diagnóstico de la epilepsia (y otros padecimientos cerebrales) al proveer información sobre la actividad cerebral en todo momento, eliminando la limitación de mantener al paciente en observación y siendo su uso más cómodo al eliminar los cables.

4 OBJETIVO (S)

Desarrollar un electroencefalógrafo ambulatorio inalámbrico con memoria que cumpla con los requerimientos de diseño y seguridad para EEG y que sea de dimensiones mínimas.

5 METODOLOGÍA

5.1 Diseño

Se analizará el diseño de un electroencefalógrafo actual, así como otros diseños realizados en trabajos previos. Partiendo de estos diseños se propondrá uno nuevo haciendo uso del ADS1298

[14] de Texas Instruments (figura 11), el cual es un front-end analógico de 24 bits para mediciones de biopotencial que cuenta con 8 canales y es de bajo consumo (0.75 mW/canal).



Figura 11. ADS1298 de montaje superficial.

El ADS1298 cumple con la mayoría de los requerimientos mínimos de diseño para un electroencefalógrafo, pero no cumple con el ruido máximo permitido, siendo entonces necesario agregar un amplificador de instrumentación a la entrada.

Un amplificador de instrumentación es un dispositivo creado a partir de amplificadores operacionales. Está diseñado para tener una alta impedancia de entrada y alto rechazo en modo común (CMRR).

El amplificador de instrumentación se puede construir a base de componentes discretos o se puede encontrar encapsulado. Por motivos de espacio se prefiere utilizar algún encapsulado, sin embargo, estos no siempre cumplen con las necesidades del sistema en el que serán utilizados. En una discusión entre Analog Devices y CareFusion [15] se llega a un diseño de un amplificador de instrumentación del estado del arte que no ocupa mucho espacio (poco costo espacial). El diseño se presenta a continuación (figura 12).

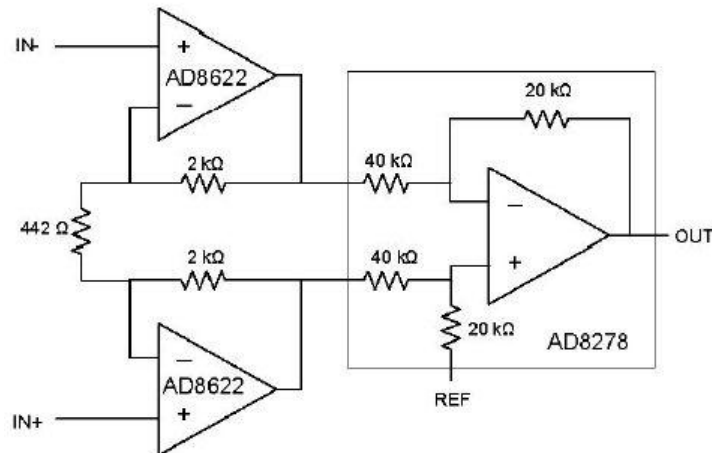


Figura 12. Amplificador de instrumentación propuesto por CareFusion.

Presumiblemente, este amplificador tendría un buen manejo de ruido. Sin embargo, trabaja con fuente bipolar, lo cual no es conveniente para un sistema ambulatorio alimentado por baterías, por lo que será necesario ajustar el diseño para que funcione de manera unipolar. También será necesario agregar un sistema de eliminación de offset (desplazamiento de la señal debido a una componente de DC).

Al circuito de EEG final se le deberá agregar el circuito de protección, cumpliendo con los requerimientos mencionados en la parte de seguridad.

Una vez diseñado el EEG, será necesario diseñar también un sistema de almacenamiento para los datos de las señales eléctricas en un formato ligero que pueda ser leído en cualquier máquina. La transmisión de datos del EEG a la memoria será de manera inalámbrica para evitar el cableado desde el cuero cabelludo hasta la cintura (o donde se ajuste el sistema de almacenamiento). Esta transmisión se hará ajustando un sistema de telemetría [16], previamente desarrollado, a las necesidades del proyecto.

5.2 Dimensiones

El ADS1298 viene en empaquetado de 8x8 milímetros. Tomando en cuenta que el front-end es de 8 canales y los requerimientos mínimos especifican que 16 canales son requeridos, será necesario utilizar 2 integrados (4 para 32 canales). El sistema de telemetría tiene unas dimensiones actuales de 2.0 x 2.5 x 2.4 cm. El almacenamiento de datos podrá ser por medio de una tarjeta digital, las cuales actualmente tienen capacidad de varios gigabytes con dimensiones en el rango de los milímetros.

5.3 Pruebas

Una vez cumplidas las especificaciones de diseño y seguridad, se procederá a la realizar pruebas con cada modulo (EEG, transmisión y almacenamiento de datos) de manera individual, para finalmente llegar a elaboración de un prototipo completo. En la última etapa se probará el prototipo con distintos tipos de electrodos para encontrar los adecuados para su uso diario, se procederá a desarrollar una malla de electrodos que tenga incluido es sistema de telemetría y también se desarrollará el empaquetado final del sistema de almacenamiento.

6 METAS

- Diseñar un EEG de dimensiones mínimas utilizando el ADS1298.
- Cumplir con las especificaciones mínimas de diseño y seguridad para electroencefalografía.
- Ajustar un sistema de telemetría a las necesidades del proyecto.
- Diseñar un sistema de escritura de datos en memoria en formato reconocible.
- Construir un prototipo funcional con los 3 sistemas (EEG, telemetría y memoria).
- Probar el prototipo con distintos electrodos.
- Desarrollar una malla de electrodos acorde a las necesidades del proyecto.
- Desarrollar un empaquetado para el circuito.

7 AVANCES

Después de una revisión bibliográfica, el proyecto se encuentra actualmente en fase de diseño. Las herramientas a utilizar son el ORCAD y el PROTEL.

BIBLIOGRAFÍA

1. F. Ramos, G. Morales, S. Egozcue, R. Pabón y M. Alonso, *Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas*, An. Sist. Sanit. Navar. **32**, 3, 69-82, (2009).
2. Medline Plus. *Crisis Epilépticas*. Actualizado 1/4/2011
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003200.htm>
3. L. Badillo, *Diseño e Implementación de un Sistema Multicanal Portátil para el Registro y Procesamiento de Señales Biológicas*, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Culhuacan, IPN, (México), (2004).
4. J. Delgado, J. Escorcía y J. Manco, *Diseño y Construcción de un Electroencefalógrafo de 32 Canales*, Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. (Honduras, Tegucigalpa), (2008).
5. Z. Huertas, E. Mardonas y P. Niño, *Diseño e implementación de un prototipo de sistema de EEG portátil PEP8*. Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, (Habana), (2001).
6. M. Horikawa y H. Harada, *Development of a portable multipurpose recorder using a 24-hour ambulatory recorder: application to polysomnography*, Med. Biol. Eng. Comput. **35**, 757-759, (1997).
7. P. Tiihonen, E. Mervaala y T. Hukkanen, *Design, construction and evaluation of an ambulatory device for screening of sleep apnea*, Med. Biol. Eng. Comput. **47**, 59-66, (2009).
8. <http://www.grasstechnologies.com/products/clinsystems/trea1.html>
9. R. Barea, *Instrumentación Biomédica*, "Tema 2: Seguridad Eléctrica", Universidad de Alcalá, Departamento de Electrónica, Ingeniería en Electrónica.
10. IEC 60601, "Medical equipment | medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance", (1977).
11. R. Barea, *Instrumentación Biomédica*, "Tema 5: Electroencefalografía", Universidad de Alcalá, Departamento de Electrónica, Ingeniería en Electrónica.
12. International Federation of Clinical Neurophysiology, *Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the IFCN*, EEG Suppl. **52**, Chapters 1.1, 1.2, 1.3 & 1.5. (1999).
13. American Clinical Neurophysiology Society, Guidelines 1, 5, 6, 8 & 12. (2006).
14. Texas Instruments, *ADS1298 Low-Power, 8 Channel, 24-Bit Analog Front-End for Biopotential Measurements*. (2010).
15. Analog Devices, *Discussion Between CareFusion and Analog Devices: Optimizing Performance and Lowering Power in an EEG Amplifier*, (2011)
16. F. Heredia, *Un sistema telemétrico para la captura de potenciales de acción extracelulares, reposicionamiento de los microelectrodos y captura de la actividad motora en ratas*, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, (México), (2009).

LOS ISÓMEROS DEL ÍNDIGO Y SU EMPLEO COMO OPERADORES LÓGICOS MOLECULARES

Pamela Mollinedo Rosado, Cecilia Juárez Gordiano, Antonio Quiroz Gutiérrez

Universidad Autónoma del Carmen. Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, Col. Benito Juárez, C.P. 24180 Cd. del Carmen, Campeche.

pmollinedo@gmail.com, jjuares@pampano.unacar.mx

RESUMEN

El índigo es una molécula cuya estructura lo caracteriza como un cromóforo estable. Bajo condiciones ácidas, básicas o de óxido-reducción se pueden generar formas isoméricas del mismo. La transformación molecular de un isómero del índigo a otro es reversible, y según el isómero (determinado por el entorno químico) se genera emisión radiación con una longitud de onda característica y exclusiva de esa estructura en el rango del visible, hechos que hacen candidata a la familia para diseñar operadores lógicos moleculares. En este trabajo computamos algunas propiedades fisicoquímicas para estas estructuras, como la energía del estado basal, la distribución de carga dentro de las moléculas y el gap HOMO-LUMO, para determinar las condiciones específicas en la que cada estructura puede fungir como operador lógico molecular. De los resultados fisicoquímicos se diseñaron las compuertas lógicas: AND, OR y NOT, y algunas de sus posibles combinaciones.

ABSTRACT

Indigo is a molecule whose structure is characterized as a stable chromophore. Under acidic, basic or oxidation-reduction can be generated isomeric forms of indigo. Molecular transformation of an isomer of indigo to another is reversible and according to isomer (determined by the chemical environment) is generated with a radiation emission wavelength characteristic and unique to that structure in the visible range, events that make it a candidate to family to design molecular logic operators. In this paper we compute some physicochemical properties for these structures, as the ground state energy, the charge distribution in molecules and the HOMO-LUMO gap to determine the specific conditions under which each structure can act as molecular logical. Physicochemical results logic gates were designed: AND, OR and NOT, and some of the possible combinations

I. INTRODUCCIÓN

Las operaciones lógicas son la base de los circuitos electrónicos, y nos permiten identificar y tomar decisiones sobre acciones para las cuales está programado un circuito determinado. Los operadores lógicos primarios son AND, OR y NOT. A partir de esos se hacen combinaciones que nos permiten aumentar la complejidad de los circuitos. Estos operadores lógicos se activan o reaccionan mediante la emisión-recepción de pulsos electromagnéticos (radiación y/o electrones). En esta era del auge de la nanotecnología, es consecuencia inmediata el tratar de disminuir el tamaño de los operadores lógicos enfocándose hacia moléculas que, bajo ciertas condiciones emitan luz o electrones, para ser usadas como compuertas lógicas [1].

Las propiedades químicas que rigen el que una molécula pueda ser empleado como circuito lógico son: reacciones ácido-base, cambios conformacionales, transferencia electrónica fotoinducida, isomerizaciones fotoquímicas, procesos de óxido-reducción y procesos supramoleculares. Las moléculas del colorante índigo presentan estas características, de ahí nuestro interés de trabajar con estos compuestos.

El índigo (también conocido como indigotina) es uno de los colorantes orgánicos más estables y único en términos de su tonalidad, ya que puede variar desde el color azul intenso hasta el azul grisáceo, de acuerdo al ambiente químico en que se encuentre [2],

Estas características se deben a la naturaleza de su estructura química. El índigo es un compuesto heterociclo aromático, formado por dos anillos de indoxilo unidos a través de un doble enlace central. Además, presenta dobles enlaces múltiples conjugados, característicos de un grupo cromóforo que se encuentran entre el grupo amino (NH) y un grupo carbonilo (C=O). La molécula representativa de la familia del índigo (porque pigmenta en la tonalidad que asociamos con este color) corresponde al isómero trans que cuenta con 30 átomos y es el más estable porque los grupos funcionales carbonilo y amino forman un puente de hidrógeno intermolecular, (figura 1.a). Por fotoionización, el doble enlace del grupo cromóforo se rompe y permite el giro libre de la molécula, dando lugar a diferentes conformaciones, hasta alcanzar posiciones de mínima energía potencial, que permiten la regeneración del doble enlace produciendo así la estructura cis, (figura 1.b), que pigmenta amarillo claro [3].

El trans-índigo puede sufrir tanto reducción como oxidación, y en ambos casos genera nuevas estructuras:

- 1) En el proceso de reducción (ganancia de electrones), si el medio lo permite los grupos carbonilos (C=O) se hidrogenan y se transforma en un alcohol, (figura 1.c). Esta estructura de 32 átomos, recibe el nombre de leucoíndigo, es incolora y soluble en compuestos polares.
- 2) En cambio, si se oxida (perdida de electrones), automáticamente libera los hidrógenos del grupo amino (figura 1.d). Esta estructura de 28 átomos, es conocida como deshidroíndigo, tiene una tonalidad blanco-grisacea y es insoluble en compuestos polares.

Estas cuatro estructuras, leucoíndigo, deshidroíndigo, índigo y cis-índigo se les conoce como la familia de isómeros del colorante índigo [4, 5].

Las moléculas que pigmentan, como la familia de isómeros del índigo, presentan un cromóforo. Un cromóforo es un conjunto de grupos funcionales químicos que permiten el desplazamiento de electrones a través de enlaces moleculares pi, facilitando la formación de estados excitados y los átomos que propician esta actividad electrónica son aquéllos que inicialmente contaban con pares de electrones libres y en estado de hibridación sp^2 .

La transferencia electrónica en las moléculas del índigo es tal, que inclusive genera cambios

conformacionales aunque reversibles de acuerdo al ambiente químico en el que se encuentre el

colorante, es decir un medio ácido o básico o un medio reductor u oxidante, según el resultado

que se desee obtener.

La fácil detección macroscópica (vía pigmentación o ausencia de la misma) de los cambios conformacionales moleculares del trans-índigo, hacen de esta familia, candidatos ideales para diseñar operadores lógicos, como los operadores YES, NOT y AND.

II. METODOLOGÍA

Para caracterizar las estructuras de la familia del índigo, empleamos la Teoría de las Funciones de la Densidad, en su versión Kohn-Sham. Esta aproximación considera que los electrones dentro de la molécula ven un potencial efectivo generado por la distribución espacial nuclear, los demás electrones y las interacciones entre núcleos y electrones. De existir un campo externo, sus efectos estarían descritos dentro del potencial efectivo también.

Para computar las propiedades de las moléculas partimos de los siguientes parámetros atómicos: una base DZVP (Double-Zeta Valence and Polarization) [6], los funcionales de intercambio y correlación Becke-88 [7] y LYP [8]. El software empleado fue NWChem 5.0 [9].

Partimos de las estructuras del trans y cis-índigo reportadas cristalográficamente en el NIST, mientras que el leucoíndigo y el deshidroíndigo fueron dibujados con el Viewlab. Las cuatro estructuras fueron optimizadas para obtener la conformación geométrica del estado basal en cada caso, procedimos con el cálculo del espectro infrarrojo y el gap HOMO-LUMO.

III. RESULTADOS

a. Caracterización geométrica.

En el proceso de caracterización geométrica (ver estructuras en la Figura 1), para garantizar la descripción del estado basal, realizamos el cómputo de los espectros infrarrojos, ya que al tratarse de un estado excitado no podríamos computar el espectro, aunque para el caso de moléculas isoméricas las diferencias entre las longitudes de onda de las bandas no son significativas. En las figuras 2a-c presentamos dichos espectros, donde se aprecia la similitud de bandas por ser todas moléculas de la misma familia. El espectro del deshidroíndigo no pudo ser computado, ya que el isómero plano (escogido en este trabajo) resultó ser un estado excitado y por esto mismo, lo excluimos en la descripción físico-química aunque sí lo proponemos como componente de un operador.

Figura 1.

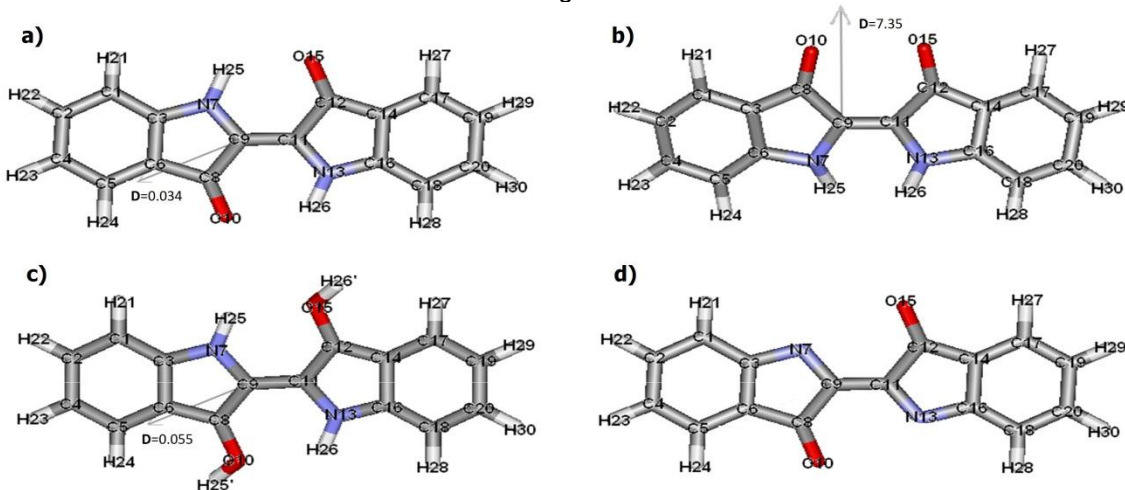


Figura 1. Conformaciones estructurales de la familia de isómeros del índigo: a) trans-índigo, b) cis-índigo, c) leucoíndigo y, d) deshdroíndigo.

En la Tabla I presentamos las longitudes de enlace de las estructuras de la familia de isómeros del índigo, y en la Tabla II los ángulos de enlace. Podemos apreciar, al comparar los valores del cis y del trans, que difieren muy poco aún cuando el grupo funcional carbonilo C=O está impedido estéricamente en el isómero cis. Es decir, que los grupos carbonilos en el cis-índigo se encuentran uno frente al otro, deformando la nube electrónica en esa región y por lo tanto, se merma la reactiva química del sitio. Por lo mismo, las variaciones angulares significativas entre el cis y el trans se dan en esta región. Las distancias entre los grupos funcionales del cromóforo, para el cis, son: O-O =2.99 Å y N-N=2.84 Å. Mientras que en el trans, la longitud del puente de hidrógeno intermolecular del cromóforo mide 2.29 Å. Esta distribución geométrica también afecta al grupo cromóforo, lo que provoca que el cis-índigo emita en amarillo en lugar de azul a como lo hace el trans. Ver figuras 1.a y 1.b.

Las diferencias entre los valores del trans y el leucoíndigo, en las Tablas I y II, se dan en los núcleos enlazados a los oxígenos y los vecinos de estos, ya que el grupo carbonilo del trans pasa de su forma ceto (>C=O) a enol (C-O-H) en el leucoíndigo. La diferencia desde un punto de vista electrónico entre el trans y el leucoíndigo, es que la forma ceto en posición C8 y C12 genera una

transferencia de electrones hacia la posición C9 y C11 rompiendo al enlace pi y al grupo cromóforo, lo que provoca que el luecoíndigo sea incoloro por la ruptura del doble enlace central.

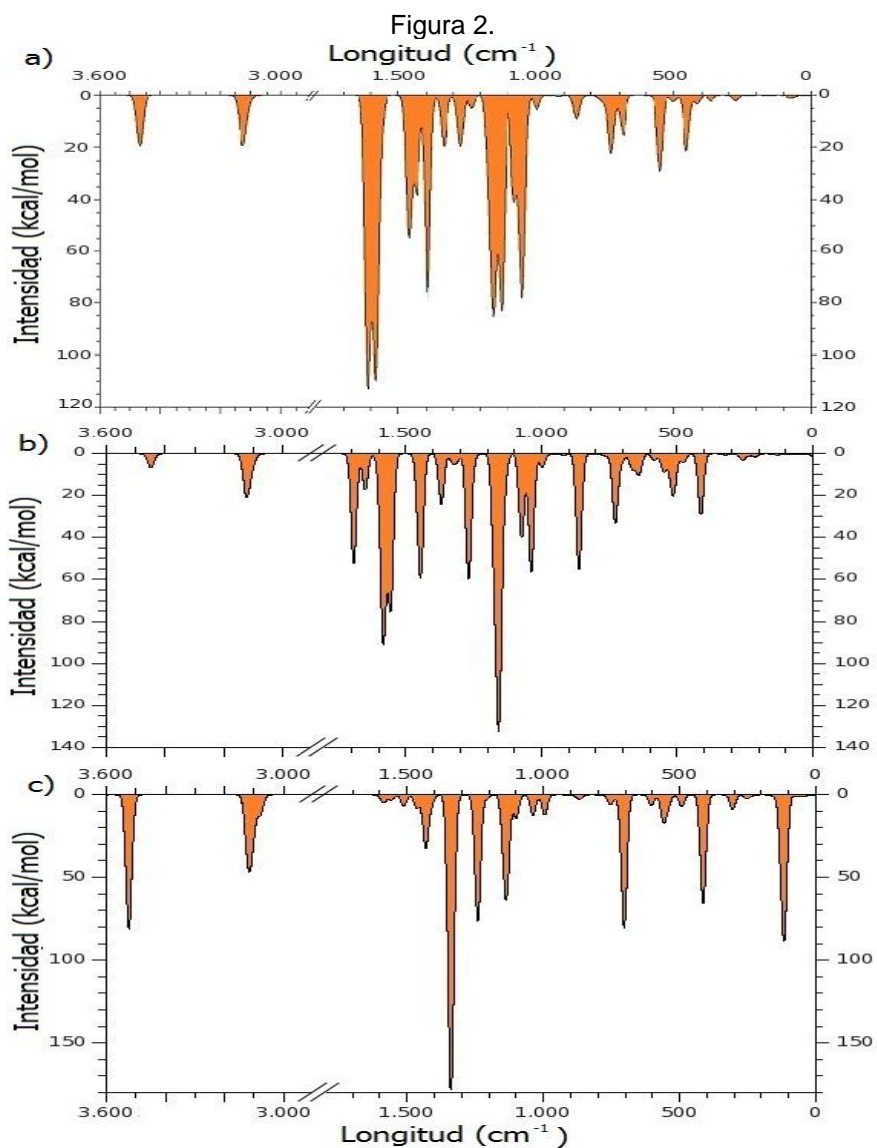


Figura 2. Espectros de emisión Infrarroja de: a) trans-índigo, b) cis-índigo y, c) luecoíndigo.

Tabla I

Enlace	Trans-índigo	Cis-índigo	Leucoíndigo
C1-C2	1.411	1.409	1.407
C1-C3	1.407	1.407	1.409
C2-C4	1.419	1.418	1.424
C2-H22	1.095	1.094	1.095
C1-H21	1.095	1.094	1.096

C3-C6	1.430	1.415	1.444
C6-C8	1.478	(C3-C8) 1.491	1.437
C4-H23	1.094	1.095	1.095
C4-C5	1.407	1.413	1.404
C5-H24	1.094	1.095	1.906
C5-C6	1.409	1.405	1.420
C3-N7	1.405	(C6-N7) 1.422	1.388
N7-H25	1.024	1.024	1.020
N7 -C9	1.392	1.419	1.409
C8-010	1.254	1.237	1.400
C8-C9	1.503	1.525	1.401
C9-C11	1.380	1.379	1.441
C11-C12	1.503	1.525	1.401
C11-N13	1.392	1.420	1.409
C12-O15	1.254	1.237	1.401
C12-C14	1.478	1.492	1.437
N13-H26	1.024	1.024	1.020
N13-C16	1.405	1.422	1.388
C14-C16	1.430	1.415	1.444
C14-C17	1.409	1.407	1.421
C16-C18	1.407	1.405	1.409
C17-H27	1.094	1.095	1.097
C17-C19	1.407	1.409	1.403
C19-H29	1.094	1.094	1.095
C19-C20	1.419	1.418	1.424
C18-C20	1.411	1.412	1.407
C18-H28	1.095	1.095	1.095
C20-H30	1.095	1.095	1.094

Tabla I. Las unidades están en Å.

Tabla II

Ángulo	Trans-índigo	Cís-índigo	Leucoíndigo
C2-C1-C3	117.5	118.5	117.9
C2-C1-H21	121.0	121.6	121.0
C3-C1-H21	121.6	119.8	121.1
C1-C2-C4	121.9	120.3	121.2
C1-C2-H22	118.9	120.2	119.3
C4-C2-H22	119.2	119.6	119.5
C1-C3-C6	121.2	120.7	121.7
C1-C3-N7	129.2	--	130.5

C6-C3-N7	109.5	--	107.8
C2-C4-C5	120.2	121.6	121.1
C2-C4-H23	119.6	119.4	119.4
C5-C4-H23	120.2	119.0	119.5
C4-C5-C6	118.7	117.3	118.9
C4-C5-H24	121.3	120.9	119.9
C6-C5-H24	119.9	121.8	121.2
C3-C6-C5	120.4	121.6	119.3
C3-C6-N7	--	109.8	--
C5-C6-N7	--	128.6	--
C3-C6-C8	107.7	--	106.0
C5-C6-C8	131.8	--	134.7
C3-N7-C9	109.9	(C3-C8-C9) 104.0	109.8
C3-N7-H25	128.3	(C6-N7-H25) 118.9	127.4
C6-N7-C9	--	109.4	--
C9-N7-H25	121.9	118.3	112.8
C6-C8-O10	130.8	(C3-C8- O10) 127.8	128.5
C9-C8-O10	124.8	128.2	122.7
N7-C9-C8	108.5	107.7	107.5
N7-C9-C11	125.3	121.0	122.2
C8-C9-C11	126.2	131.2	130.2
C9-C11-C12	126.1	131.1	130.1
C9-C11-N13	125.3	121.0	122.3
C12-C11-N13	108.5	107.7	107.5
C3-N7-H25	128.3	C6-N7-H25 118.9	127.4
C8-O10-H25	--	--	108.1
C11-C12-C14	104.4	104.0	108.8
C11-C12-O15	124.8	128.2	122.7
C14-C12-O15	130.8	127.7	128.4
C11-N13-C16	109.9	109.4	109.7
C11-N13-H26	121.9	118.3	122.9
C16-N13-H26	128.2	118.9	127.3
C12-C14-C16	107.7	108.7	106.0
C12-C14-C17	131.8	130.6	134.7
C16-C14-C17	120.4	120.6	119.3
N13-C16-C14	109.5	109.8	107.9
N13-C16-C18	129.2	128.6	130.5
C14-C16-C18	121.2	121.6	121.6
C14-C17-C19	118.7	118.5	118.9

C14-C17-H27	119.9	119.8	121.2
C19-C17-H27	121.3	121.7	120.0
C12-O15-H26	--	--	108.2
C16-C18-C20	117.5	117.3	117.9
C16-C18-H28	121.6	121.8	121.2
C20-C18-H28	121.0	121.0	120.9
C17-C19-C20	120.2	120.3	121.0
C17-C19-H29	120.2	120.1	119.7
C20-C19-H29	119.6	119.6	119.3
C18-C20-C19	121.9	121.6	121.3
C18-C20-H30	118.9	119.0	119.3
C19-C20-H30	119.2	119.4	119.4

Tabla II. Las unidades están en grados.

b. Energías.

Las energías de formación molecular, electrónica y de punto cero, de la familia de isómeros del índigo puede leerse en la Tabla 3. Los valores coinciden con lo esperado según la literatura: el trans es más estable que el cis-índigo. Dada la diferencia entre el número de núcleos, no se puede establecer a través de los valores de la energía si el leucoíndigo es más estable que el trans. Sin embargo se puede decir que la energía necesaria para pasar del trans al leucoíndigo, en un medio prótico como el agua, es de 716.940 kcal/mol. Por otro lado, el proceso de paso del cis al trans libera 16.104 kcal/mol, este cambio conformacional generalmente se alcanza a través de un proceso de fotoionización. Cabe mencionar que la diferencia de energías entre el trans-índigo y el isómero plano del deshidroíndigo mostrado en la Figura 1.d es 786.325 kcal/mol.

Tabla III

Estructura	E_f	E_e	E_{zpe}
Trans-índigo	-335,185.103	-549,215.134	136.047
Cis-índigo	-335,168.737	-549,198.769	135.786
Leucoíndigo	-336,537.244	-549,945.248	149.220

Tabla III. Energías de formación molecular E_f , electrónica E_e y de punto cero E_{zpe} . Las unidades están en kcal/mol.

c. Distribución electrónica.

En la Tabla IV presentamos las poblaciones de carga sobre los núcleos de cada estructura. Los núcleos de mayor interés son los correspondientes al grupo cromóforo. En el caso de los oxígenos, los del cis presentan menos carga concentrada en comparación al trans, pero esto se debe a la deformación de la nube electrónica derivada del impedimento estérico. Para el leucoíndigo, la densidad de carga sobre los oxígenos proviene de haber desprotegido los hidrógenos del grupo enol y de la ruptura del doble enlace central. Los nitrógenos no presentan variación ya que los orbitales moleculares son equivalentes en las tres moléculas. En lo que se refiere a los carbonos centrales, la densidad de carga es similar en los tres casos ya que cada carbono conserva el equivalente de un estado atómico de hibridación sp^2 , esto es, un enlace sigma y uno pi moleculares.

Tabla IV

Núcleo	Trans-índigo	Cis-índigo	Leucoíndigo
C1	0.36	0.33	0.36
C2	0.18	0.22	0.21

C3	-0.23	-0.18	-0.19
C4	0.23	0.19	0.23
C5	0.32	0.35	0.36
C6	-0.15	-0.2	-0.19
N7	0.44	0.49	0.44
C8	-0.14	-0.12	-0.04
C9	-0.1	-0.12	-0.12
O10	0.36	0.27	0.53
C11	-0.1	-0.12	-0.12
C12	-0.14	-0.12	-0.04
N13	0.44	0.49	0.44
C14	-0.15	-0.18	-0.19
O15	0.36	0.27	0.53
C16	-0.23	-0.20	-0.19
C17	0.32	0.33	0.36
C18	0.36	0.35	0.36
C19	0.23	0.22	0.23
C20	0.18	0.19	0.21
H21	-0.22	-0.25	-0.21
H22	-0.21	-0.22	-0.20
H23	-0.21	-0.21	-0.20
H24	-0.24	-0.22	-0.19
H25	-0.37	-0.33	-0.36
H26	-0.37	-0.33	-0.36
H25	---	---	-0.42
H26	---	---	-0.42
H27	-0.24	-0.25	-0.19
H28	-0.22	-0.22	-0.21
H29	-0.21	-0.22	-0.20
H30	-0.21	-0.21	-0.20

Tabla IV. Poblaciones de carga q_i ; Análisis de Mulliken. Las unidades son múltiplos de la carga atómica. Los números han sido obtenidos restando la carga nuclear a la densidad electrónica calculada sobre el núcleo, esto es, números positivos indican sitios ricos en electrones.

d. Funciones de Fukui.

Los valores de las funciones de Fukui presentadas en la Tabla V, nos dan información de la estabilidad esperada de estas moléculas ya que por contar con anillos aromáticos tienen la capacidad de distribuir homogéneamente la densidad electrónica a través de toda la estructura sin generar sitios de mayor o menor acumulación de carga cuando la molécula se ioniza.

Tabla V

Núcleo	Ataques nucleofílicos			Ataques electrofílicos			Ataques vía radicales libres		
	Trans-índigo	Cís-índigo	Leucoíndigo	Trans-índigo	Cís-índigo	Leucoíndigo	Trans-índigo	Cís-índigo	Leucoíndigo

C1	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.035	0.040	0.040
C2	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.025	0.020	0.030
C3	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.015	0.010	0.015
C4	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.020	0.025	0.015
C5	0.04	0.02	0.06	0.04	0.02	0.05	0.040	0.025	0.055
C6	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.010	0.015	0.010
N7	-0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.015	0.015	0.005
C8	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.050	0.045	0.050
C9	0.05	0.06	0.03	0.04	0.06	0.04	0.045	0.055	0.035
O10	0.08	0.07	0.02	0.06	0.07	0.13	0.070	0.075	0.075
C11	0.05	0.06	0.03	0.04	0.06	0.04	0.045	0.050	0.035
C12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.050	0.045	0.050
N13	-0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.015	0.015	0.000
C14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.010	0.010	0.010
O15	0.08	0.07	0.02	0.06	0.07	0.05	0.070	0.075	0.035
C16	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.015	0.015	0.015
C17	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	0.05	0.040	0.050	0.055
C18	0.03	0.02	0.05	0.04	0.02	0.03	0.035	0.025	0.040
C19	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.020	0.020	0.015
C20	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.025	0.025	0.035
H21	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.035	0.030	0.035
H22	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.040	0.040	0.045
H23	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.045	0.040	0.040
H24	0.02	0.04	0.04	0.01	0.04	0.03	0.015	0.035	0.035
H25	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.030	0.030	0.025
H25	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.000	0.000	0.030
H26	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	-0.08	0.000	0.000	-0.025
H27	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.025	0.030	0.030
H28	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.035	0.035	0.035
H29	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.045	0.040	0.040
H30	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.040	0.040	0.045

Tabla V. Valores de las funciones de Fukui condensadas para los casos de susceptibilidad a ataques nucleofílicos, electrofílicos y vía radicales libres de la familia de isómeros del índigo.

e. Momento dipolar.

Las magnitudes de los dipolos eléctricos (cuánticamente computados) son, para el cis 7.35 D, para trans 0.034 D y para el leucoíndigo 0.055 D. El impedimento estérico en el cis, polariza la nube electrónica provocando el dipolo intenso que hemos medido. En el caso del leucoíndigo, aún con la ruptura del doble enlace central, la simetría estructural prevalece tal como en el trans, provocando dipolos casi nulos. Ver figura 1.

f. HOMO-LUMO.

En la Tabla VI presentamos los valores energéticos de los orbitales HOMO (orbital ocupado más de energía más alta) y LUMO (orbital desocupado de energía más baja) de los isómeros de la familia del índigo, de donde podemos deducir por el valor del GAP (diferencia) que las estructuras discutidas son muy estables, y el costo energético para alcanzar estados excitados es relativamente alto.

Tabla VI

	Trans-índigo	Cis-índigo	Leucoíndigo
HOMO	-130.30	-138.08	-110.57
LUMO	-83.61	-80.55	-31.79
GAP	46.69	57.53	78.78

Tabla VI. Energías de los orbitales HOMO (orbital ocupado más de energía más alta) y LUMO (orbital desocupado de energía más baja) de los isómeros de la familia del índigo. Las unidades son Kcal/mol.

IV. DISEÑO DE OPERADORES LÓGICOS MOLECULARES

a. **Operador YES** funciona de una manera muy sencilla, en presencia del estímulo ocurre una acción, sin el estímulo no hay cambio. Bajo estas condiciones se propone utilizar el isómero leucoíndigo como operador molecular YES. Como vimos en secciones anteriores, el leucoíndigo es incoloro debido a la ausencia del doble enlace central y además cuenta con 2 núcleos enólicos. Cuando es sometido a la presencia de oxígeno, sufre una reacción exotérmica que libera 716.94 kcal/mol. Como consecuencia, también sufre un cambio estructural y redistribución de carga, para alcanzar una estructura geométrica diferente: trans-índigo. Ver figura 1.a y 1.c. Por el proceso de oxidación, este fenómeno es irreversible. La Tabla VII, es la Tabla de Verdad para este operador.

Tabla VII

Entrada	Salida
0 Sin estímulo oxidante	0 Ausencia de color: isómero leucoíndigo
1 Presencia de estímulo oxidante	1 Emisión de radiación con tonalidad azul: isómero trans-índigo.

Tabla VII. Tabla de Verdad del operador molecular YES.

b. **Operador NOT** invierte la señal. Esto es, ocurre la acción mientras no haya estímulo, bajo la presencia del estímulo se interrumpe la acción. Para esta construcción, se propone la transformación de trans-índigo a deshidroíndigo. Para lograr la ruptura del doble enlace central sin la pérdida del grupo cromóforo, el trans-índigo tiene que ser sometido a una atmósfera reductora: esto es, un ambiente cargado negativamente. La energía necesaria, al menos para generar el isómero deshidroíndigo, a partir del trans en su forma plana es de 786.325 kcal/mol. La Tabla VIII, es la Tabla de Verdad para este operador.

Tabla VIII

Entrada	Salida
0 Sin estímulo reductor	1 Emisión de radiación con tonalidad azul: isómero trans-índigo.
1 Presencia de estímulo reductor	0 Cambio de tonalidad azul a blanco grisáceo: isómero deshidroíndigo

Tabla VIII. Tabla de Verdad del operador molecular NOT.

c. **Operador AND** se caracteriza por requerir 2 estímulos diferentes para que ocurra una acción. Un solo estímulo no es suficiente para detonar el cambio. Este es el caso de transformación del trans-índigo al leucoíndigo: se requiere un medio reductor en un ambiente protonado para que el oxígeno adquiera el hidrógeno y así el grupo funcional ceto pase a su forma

enol. El ambiente reductor puede romper el doble enlace central del grupo cromóforo del trans-índigo, pero sin acceso a hidrógenos, se vuelve a formar y se conserva la tonalidad azul. En presencia de un medio prótico pero sin atmósfera reductora, no hay forma de que ocurra la tautomerización a la forma leucoíndigo. Estas condiciones caracterizan la transformación de trans a leucoíndigo como un operador molecular AND. La acción ante los dos estímulos es la emisión en el ultravioleta. Ver Tabla IX.

Tabla IX

Entrada 1	Entrada 2	Salida
0 Ausencia de estímulo reductor	0 Ausencia de medio prótico	0 No hay emisión de radiación ultravioleta: isómero trans-índigo
1 Presencia de estímulo reductor	0 Ausencia de medio prótico	0 No hay emisión de radiación ultravioleta: isómero trans-índigo
0 Ausencia de estímulo reductor	1 Presencia de medio prótico	0 No hay emisión de radiación ultravioleta: isómero trans-índigo
1 Presencia de estímulo reductor	1 Presencia de medio prótico	1 Emisión de radiación ultravioleta: isómero leucoíndigo

Tabla IX. Tabla de Verdad del operador molecular AND.

Hemos excluido al cis-índigo en la construcción de operadores lógicos moleculares ya que la diferencia de energías entre este isómero y el trans es de apenas 16.36 kcal/mol, esto implica que la transformación de uno al otro es reversible y casi inmediata. Sin embargo, cabe mencionar que el isómero más estable es el trans y por lo tanto más abundante en una muestra fotoionizada.

V. CONCLUSIONES

Los isómeros de la familia del índigo han sido de interés por su capacidad de pigmentar sustratos. Con los avances de la ciencia se les ha encontrado usos tecnológicos y cuantificado propiedades que se habían pasado por alto. Sus características electrónicas, en consecuencia, se han convertido en objeto de estudio. En este trabajo hemos presentado una serie de características físico-químicas que nos permiten cuantificar las variaciones energéticas y estructurales entre los isómeros de la familia del índigo, así como observar las implicaciones electrónicas de la debilitación del grupo cromóforo ante la ruptura del doble enlace central. Resultados y condiciones que nos permiten proponer esta familia para el diseño de sensores que operen con compuertas lógicas moleculares, como son los operadores YES, NOT y AND. La posible inclusión de análogos en la familia de moléculas a considerar, seguramente facilitará el aumento de la complejidad de las compuertas diseñadas.

Hemos excluido la descripción de los parámetros del deshidroíndigo (estructura plana) porque resultó ser un estado excitado, dando lugar a la suposición de una familia de posibles estados excitados del deshidroíndigo que se derivan de la reducción del trans-índigo según el tipo de atmósfera.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue desarrollado con los recursos materiales derivados del Proyecto PROMEP/103.5/09/4161.

REFERENCIAS

1. E. Pérez-Inestrosa, D. Y. Collado Vida, J. M. Montenegro. *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 5-12, (2005).
2. C. Fernellus, W. Renfrew. *J. Chem. Edu.* **60**, 633-634, (1983).
3. E. Ferreira, A. Hulme, H. McNab, A. Queye. *Chem. Soc. Rev.* **33**, 329-333, (2004).
4. G. M. Wayman, A. F. Zenhausern. *J. Org. Chem.* **30**, 2348-2352, (1965).
5. W. R. Brode, E. G. Pearson, G. M. Wayman. *J. Amer. Chem. Soc.* **76**, 1034-1036.
6. N. Godbout, D. R. Salahub, J. Andelzelm, E. Wimmer. *J. Chem./Can. J. Chem.* **70**, 560-571.
7. A. D. Becke. *Phys. Rev. A* **38**, 3098-3100.
8. C. L. W. Yang, R. G. Parr. *Phys. Rev. B* **37**, 785-789.
9. R. J. Harrison, J. A. Nichols, T. P. Straatsma, M. Dupuis, E. J. Bylaska, G. I. Fann, T. L. Windus, E. Apra, W. deJong, S. Hirata, M.T. Hackler, J. Anchell, D. Bernholdt, P. Borowski, T. Clark, D. Clerc, H. Dachsel, M. Deegan, K. Dyall, D. Elwood, H. Fruchtl, E. Glendening, M. Gutowski, K. Hirao, A. Hess, J. Jaffe, B. Johnson, J. Ju, R. Kendall, R. Kobayashi, R. Kutteh, Z. Lin, R. Littlefield, X. Long, B. Meng, T. Nakajima, J. Nieplocha, S. Niu, M. Rosing, G. Sandrone, M. Stave, H. Taylor, G. Thomas, J. van Lenthe, K. Wolinski, A. Wong, Z. Zhang. *NWChem, A Computational Chemistry Package for Parallel Computers, Version 5.0.* Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington 99352-0999, USA.

“MODELADO APLICANDO CÁLCULO FRACCIONARIO DE MUESTRAS DE TEJIDO SANGUÍNEO”

F. Gómez-Aguilar^{1*}, J. Bernal-Alvarado¹, J. Rosales-García², M. Guía-Calderón², T. Cordova¹.

¹Departamento de Ingeniería Física, DCI, Universidad de Guanajuato, campus León. Loma del Bosque No. 103 Col. Lomas del Campestre, 37150. León, Guanajuato. México. Tel: +52 (477) 788-5100 Fax: +52 (477) 788-5107 y +52 (477) 788-5100 ext. 8449.

²Departamento de Ingeniería Eléctrica, DICIS, Universidad de Guanajuato, campus Irapuato-Salamanca. Carretera Salamanca-Valle de Santiago Km 3.5+1.8 Km Comunidad de Palo Blanco, 36885. Salamanca, Gto. Tel. (464) 647 99 40. Fax 2311.

Correos electrónicos: ¹: jfga@fisica.ugto.mx, bernal@fisica.ugto.mx, rosales@salamanca.ugto.mx, ²: guia@salamanca.ugto.mx, theo@fisica.ugto.mx.

Resumen: Aplicando la fórmula de Caputo para derivada de orden fraccionario, se presenta un análisis en el dominio de Laplace de un circuito eléctrico equivalente que corresponde al estudio de datos experimentales de tejido sanguíneo y sus principales componentes: eritrocitos, leucocitos y plasma, se obtiene la fórmula que caracteriza a la muestra y los espectros obtenidos mediante el diagrama de Nyquist. La ventaja del uso de ecuaciones diferenciales fraccionarias en el estudio de espectros de impedancia se muestra al determinar una fórmula compacta del circuito eléctrico equivalente, el cual incluye como caso especial al modelo de Cole y al modelo del circuito RC manteniendo la consistencia en las unidades de los parámetros eléctricos ajustados.

Abstract: Applying the Caputo formula for fractional order derivative, we present the Laplace analysis of an equivalent electrical circuit corresponding to the study of experimental data of blood tissue and its main components: erythrocytes, leukocytes and plasma is obtained formula that characterizes the sample and the spectra obtained using the Nyquist plot. The advantage of using fractional differential equations in the study of the impedance spectra, is clear in the analysis to determine a compact formula for the equivalent electrical circuit, which includes as special cases the Cole model and a simple RC model, while maintaining consistency in the units of electrical parameters adjusted

PALABRAS CLAVE: Cálculo Fraccionario, Teoría de circuitos, Modelo de Cole.

1. INTRODUCCIÓN

CÁLCULO FRACCIONARIO.

El cálculo fraccionario es tan antiguo como el cálculo ordinario, sin embargo no es tan popular en la ciencia ni en la ingeniería como el ordinario. La peculiaridad del cálculo fraccionario radica en que las derivadas e integrales fraccionarias tienen propiedades no locales, por lo que considera la historia y los efectos no locales distribuidos de cualquier sistema físico. Por esta propiedad tan peculiar, se espera que el cálculo fraccionario pueda proporcionar información más exacta de la naturaleza.

Las aplicaciones del cálculo fraccionario al desarrollo científico y problemas de ingeniería han crecido considerablemente en los últimos años [1]-[2]. El reciente interés por el cálculo fraccionario y en particular por las ecuaciones diferenciales fraccionarias, se ve estimulado por las aplicaciones en varias áreas de la física, química, biología e ingeniería, [3]-[10]. Sin embargo, la derivación de estas ecuaciones de algunas leyes fundamentales no es una tarea fácil. El operador fraccionario refleja procesos disipativos intrínsecos de la naturaleza, los cuales son complicados de interpretar. Su relación teórica con el cálculo fraccionario aún no es del todo comprendida.

Para analizar el comportamiento dinámico de un sistema fraccionario se necesita relacionar una definición adecuada de la derivada fraccionaria asociada a una representación en el dominio del tiempo o de la frecuencia.

En este trabajo se va a usar la definición de derivada fraccionaria de Caputo [11], dada por:

$${}_0^C D_t^\gamma f(t) = \frac{1}{\Gamma(n-\gamma)} \int_0^t \frac{f^{(n)}(\tau)}{(t-\tau)^{\gamma+1-n}} d\tau, \quad (1)$$

donde $n=1,2,\dots \in \mathbb{N}$ y $n-1 < \gamma \leq n$. Una de las principales ventajas de la derivada de Caputo es que las condiciones iniciales para las ecuaciones diferenciales fraccionarias están dadas de la misma manera que en el cálculo ordinario con una interpretación física conocida. Este hecho es importante desde el punto de vista práctico. Para ser consistente con la notación de operador derivada fraccionaria, se debe escribir $d^\gamma/dt^\gamma \equiv {}_0^C D_t^\gamma$ en (1).

La transformada de Laplace de la derivada fraccionaria de Caputo (1) está dada por

$$L\left\{{}_0^C D_t^\gamma f(t)\right\} = s^\gamma F(s) - \sum_{k=0}^{m-1} s^{\gamma-k-1} f^{(k)}(0). \quad (2)$$

Esta es una generalización de la correspondiente fórmula para la transformada de Laplace de la derivada de orden n $f^{(n)}(t)$ y puede ser usada para resolver ecuaciones diferenciales fraccionarias con condiciones iniciales [11].

La transformada inversa para $0 < \gamma \leq 1$ requiere la introducción de una función especial. La función de Mittag-Leffler, la cual está definida como

$$E_{a,b}(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{t^m}{\Gamma(am+b)}, \quad (a,b > 0) \quad (3)$$

si $a=1, b=1$, sustituyendo en (3), se obtiene la expresión

$$E_{1,1}(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{t^m}{\Gamma(m+1)} = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{t^m}{m!} = e^t. \quad (4)$$

Por lo tanto, la función de Mittag-Leffler incluye la función exponencial como un caso especial. MODELO DE COLE.

El modelo de impedancia de Cole fue postulado en su forma final por Kenneth Cole en 1940 [12]. El cual esta basado en el remplazó del capacitor ideal en el modelo de Debye [13] por un elemento generalizado llamado de fase constante (EFC). La idea de introducir un EFC permitió una mejor descripción de fenómenos que ocurren en la electroquímica, en suspensiones celulares, en potenciales de acción, entre otros y la medición de la impedancia en el plano complejo mediante diagramas de Nyquist o de Bode. Para el análisis del modelo de impedancia de Cole se requieren tres cosas: un circuito equivalente, el desarrollo de sus correspondientes ecuaciones y la simulación de su comportamiento en un diagrama complejo. El modelo de impedancia fue desarrollado en 1930 obteniendo la ecuación matemática completa [12].

El modelo de Cole está formado por un circuito que tiene una resistencia (R_p), un capacitor (C_p), en paralelo, con una resistencia en serie (R_s), que en general refleja la resistencia eléctrica de la interface muestra-electrodo y mantiene un valor despreciable con respecto a (R_p), n representa el orden de la potencia que ajusta mejor al modelo obtenido. Utilizando la representación algebraica del circuito mencionado se puede representar la impedancia total como:

$$Z_T = R_s + R_p / 1 + (j\omega R_p C_p)^n. \quad (5)$$

Este modelo permite realizar la caracterización de los tejidos con los valores de impedancia medidos con los parámetros del modelo de Cole y con los valores de los componentes de los modelos de circuitos [14].

2. METODOLOGÍA

Las muestras fueron obtenidas en el centro estatal de la transfusión sanguínea, en León, Guanajuato, todas fueron estudiadas clínicamente según el protocolo de sangre para transfusión sanguínea. Eso significa que se les realizaron pruebas para estar libres de enfermedades infecto-contagiosas, tales como VIH, hepatitis, brucelosis, chagas. Las poblaciones de células fueron controladas en su número mediante un estudio de conteo celular usando un citómetro de flujo tipo Coulter. De esta manera se supo que no influía la mortalidad de las células en los resultados. Para la obtención de los espectros IE se utilizó un equipo Solartron® 1260. Es importante el barrido de frecuencia, puesto que da como resultado el espectro característico de la muestra, que al ser analizados se pueden comparar con los parámetros eléctricos de un circuito equivalente. La frecuencia utilizada fue de 10Hz a 100KHz. Las muestras fueron depositadas en tiras reactivas Bayer®, directamente a un contenedor, de uso clínico, recubierto con el anticoagulante EDTA de marca Vacutainer, de tal forma que no presentan coagulación y con capacidad para 2 μ L. Un voltaje de 25 mV fue aplicado a través de 2 electrodos integrados en el contenedor Bayer®, todos los puntos de prueba son recubiertos de plata y por tanto es despreciable su contribución por polarización, por lo que no se necesitan compensar. Los parámetros del programa de control se fijaron para realizar un barrido en frecuencia con una amplitud de voltaje constante de 25 mV, [15]. Una vez representadas las mediciones en un diagrama de Nyquist, se obtiene la representación en forma de circuitos eléctricos, opción que tiene el software mostradas por el software ZView®. El método de "ajuste instantáneo" se utiliza para ajustar los datos a los modelos de circuitos predefinidos, la Figura 1 muestra la red equivalente para la medición de eritrocitos, leucocitos y plasma.

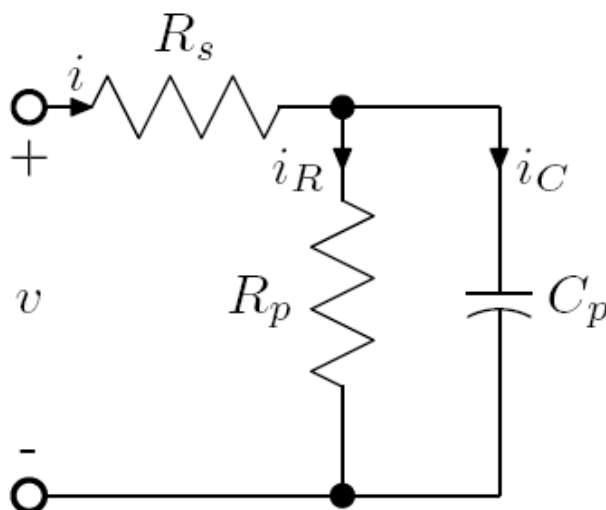


Figura 1. Red equivalente para la medición de eritrocitos, leucocitos y plasma.

Para los eritrocitos, $R_s=627.2$, 673.7 y 715.9 , $C_p=2.2081 \times 10^{-8}$, 2.2900×10^{-8} y 2.2575×10^{-8} , $R_p=149970$, 120710 y 136930 , para la muestra 1, 2 y 3 respectivamente. Para los leucocitos, $R_s=444.4$, 475.6 y 460.1 , $C_p=2.43 \times 10^{-8}$, 2.188×10^{-8} y 2.2336×10^{-8} , $R_p=358000$, 341550 y 332340 , para la muestra 1, 2 y 3 respectivamente y para el plasma, $R_s=431.4$, 496.5 y 460.8 , $C_p=2.4055 \times 10^{-8}$, 2.1517×10^{-8} y 2.4114×10^{-8} , $R_p=261960$, 273750 y 252250 , para la muestra 1, 2 y 3 respectivamente. Las unidades de las resistencias son ohms y las capacitancias Faradios. En las Figuras 2, 3 y 4 se observan los resultados experimentales representados en forma de diagrama de Nyquist (líneas con círculos), el diagrama que representa a la solución de la ecuación diferencial del circuito de la Figura 1, (línea continua) y el diagrama que representa a la solución de la ecuación diferencial fraccionaria (línea punteada). Utilizando los diagramas de Nyquist se puede observar que son sensibles para mostrar variaciones en los espectros de muestras

similares pero aun en esta representación se puede ver que las mediciones sobre el mismo tipo de célula (eritrocitos) presentan un comportamiento similar: semicírculos con diámetro alrededor a los 150 KΩ. La descripción de los espectros tanto para leucocitos como para plasma lleva a una discusión similar que muestra la reproductibilidad del experimento. A las ecuaciones diferenciales resultantes obtenidas del circuito de la Figura 1 se les aplica la definición de cálculo fraccionario, para lo cual se determinara la impedancia, la cual está dada por (6) en el dominio de la frecuencia compleja, para todos los casos.

$$Z(j\omega)^\gamma = R_s + \frac{R_p}{1 + \frac{R_p C_p}{\sigma^{1-\gamma}} (j\omega)^\gamma} \quad (6)$$

La formula (6) es el resultado de proponer un operador temporal fraccionario en la ecuación para el circuito equivalente RC, esta formula general incluye una constante arbitraria sigma, que puede ser considerada como propia del sistema bioelectrico y que, en el caso particular de tomar el valor de $\sigma=R_p C_p$, se reduce al modelo de Cole. Por otra parte, si hacemos $\gamma=1$, obtenemos el circuito RC ideal.

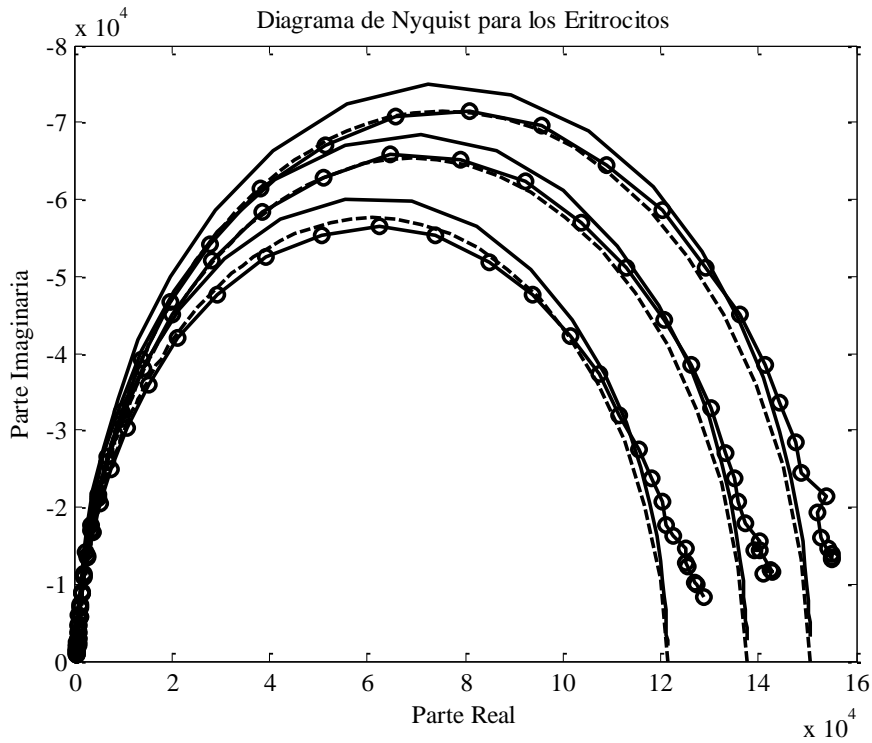


Figura 2. Diagrama de Nyquist correspondiente a la medición de eritrocitos.

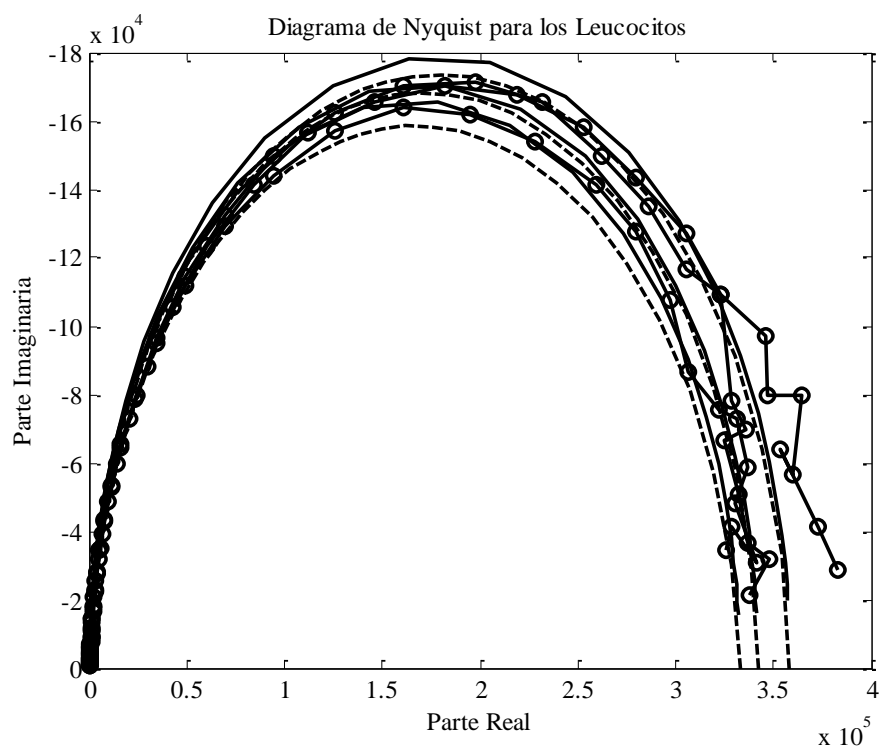


Figura 3. Diagrama de Nyquist correspondiente a la medición de leucocitos.

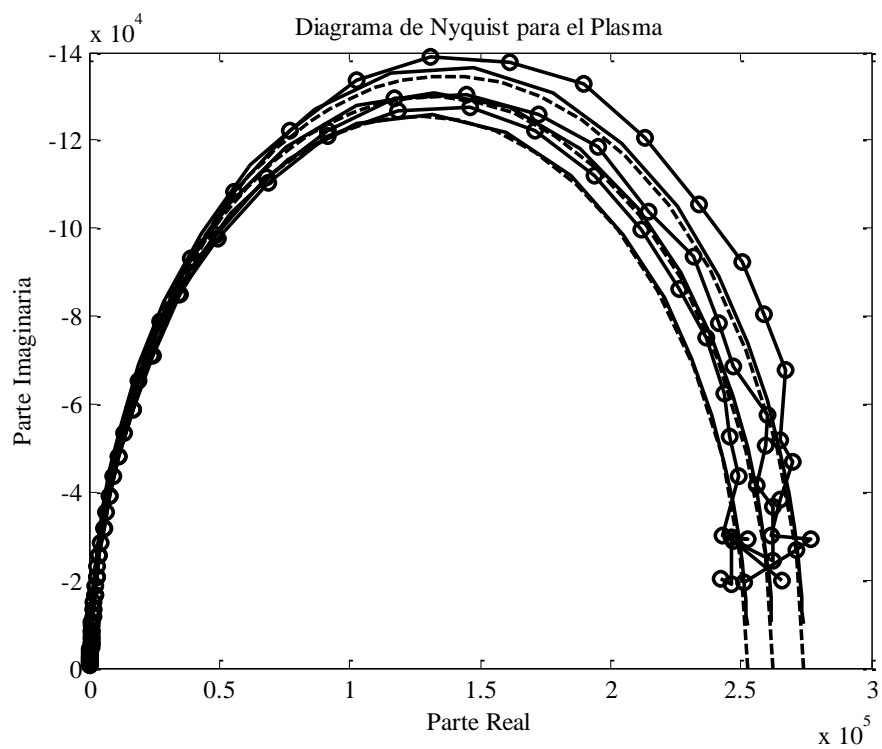


Figura 4. Diagrama de Nyquist correspondiente a la medición de plasma.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se ha mostrado en detalle una metodología alternativa basada en la teoría de circuitos de la obtención de funciones basadas en ecuaciones diferenciales fraccionarias. Fue necesario establecer la generalización de la ley de Ohm fraccionaria debido a que los sistemas biológicos presentan una respuesta general a la descrita por circuitos eléctricos RC. Tanto para los eritrocitos, leucocitos y el plasma sanguíneo forman familias de curvas con parámetros similares (R y C). Esta capacidad experimental puede ser aprovechada con fines de caracterización, estudio e investigación del tejido sanguíneo en la medida en la que sean desarrolladas metodologías teóricas eficaces y rigurosas. En la literatura es común encontrar procesos de caracterización basados en el ajuste de mínimos cuadrados de modelos de circuitos eléctricos equivalentes sobre los datos experimentales, incluyendo los modelos de Cole. De la descripción de los modelos en ecuaciones diferenciales fraccionarias se puede notar que la representación de los modelos de Cole tiene su origen en resolver un circuito RC de forma fraccionaria ya que las simulaciones que se obtienen de esa representación muestran una mejor descripción que las obtenidas por las ecuaciones de orden entero. El exponente de la ecuación diferencial fraccionaria que mejor ajusta a los datos de eritrocitos es $\gamma=0.97$, $\gamma=0.975$ y $\gamma=0.98$ para la medición 1, 2 y 3, para los leucocitos el exponente que mejor ajusta a los datos es $\gamma=0.98$, $\gamma=0.99$ y $\gamma=0.97$ para la medición 1, 2 y 3. Con respecto al exponente de la ecuación fraccionaria que mejor ajusta a los datos de plasma es $\gamma=0.995$, $\gamma=0.99$ y $\gamma=0.9997$ para la medición 1, 2 y 3, respectivamente.

Los modelos para espectroscopia de impedancia eléctrica se asumen lineales en su primera aproximación ya que de hecho, los parámetros eléctricos solamente adoptan un comportamiento no lineal en el caso de daño al tejido por exceso de potencia en la fuente de alimentación, por efectos de polarización de electrodos (por adhesión de materia, oxidación o polarización) o ante la presencia de reacciones fisicoquímicas en la muestra, inducidas por la corriente de entrada (procesos exotérmicos o de liberación de electrones). Si los parámetros eléctricos son independientes de la potencia de entrada y la ecuación diferencial que los involucra es lineal, el modelo es lineal. Este es el caso de estudio. El modelo de Cole, que es el modelo estándar en impedancia bioeléctrica, proviene de una ecuación diferencial de orden fraccionario, pero lineal.

4. CONCLUSIÓN

A partir de la propuesta de Cole para agregar un grado de libertad extra a la solución del circuito RC, con propósitos de caracterización y para mejorar la correlación en los ajustes a los datos experimentales, se han desarrollado argumentos analíticos para deducir este resultado, particularmente basados en la integración ponderada de procesos de relajación individuales. No obstante, las distribuciones de los tiempos de relajación emplean funciones de distribuciones complejas y difíciles de medir. Este trabajo ha mostrado un esquema en el cual el origen del comportamiento tipo Cole aparece como consecuencia de la competencia entre un comportamiento capacitivo y uno resistivo dentro de la muestra, caracterizado por el orden fraccionario en la derivada del voltaje aplicado. El nuevo modelo generalizado incluye al modelo de Cole y al circuito RC simple como casos particulares.

Los sistemas en derivadas fraccionarias proporcionan gran ayuda al hecho de estudiar los tejidos naturales y membranas ya que ellas muestran un comportamiento similar al obtenido por la impedancia fraccionaria sobre la descrita por la impedancia de orden entero, aprovechando la cualidad de que los operadores fraccionarios son no locales e incorporan a la modelización los efectos de memoria y contribución de muchas escalas espaciales de manera natural. En el modelado de los sistemas celulares y biológicos se toman en cuenta procesos ordinarios (es decir, siguen leyes físicas clásicas), pero el medio es complejo, no sólo por ser no homogéneo en el sentido clásico, sino además porque el medio se descompone de modo más o menos aleatorio en componentes altamente heterogéneas con muy distinta escalabilidad.

Una perspectiva interesante de este trabajo se encuentra en el análisis de similitudes y diferencias entre muestras provenientes de personas sanas y con patologías de naturaleza hematológica, tal como podría ser el estudio de la leucemia, anemia, la parasitosis hematológica, entre otras.

5. RECONOCIMIENTOS

José Francisco Gómez Aguilar agradece el apoyo brindado por el CONACYT mediante la beca doctoral asignada y al PROMEP bajo el Grant: UGTO-CA-27.

6. REFERENCIAS

- [1] D. Cafagna, Past and present—fractional calculus: a mathematical tool from the past for present engineers, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 1, no. 2, pp. 35–40, 2007.
- [2] J. A. T. Machado, A probabilistic interpretation of the fractional-order differentiation. *Fractional Calculus and Applied Analysis*, vol. 6, no. 1, pp. 73–80, 2003.
- [3] Bisquert J. (2003). *Phys. Rev. Lett.* 91, 010602.
- [4] Boldyrev S., Gwinn C.R., (2003). *Phys. Rev. Lett.* 91(131101).
- [5] Chechkin A.V., Gonchar V.Y., Szydlowsky M. (2002). *Phys. Plasma* 9(78).
- [6] Lacasta A.M., Sancho J.M., Romero A.H., Sokolov I.M., Lindenberg K., (2004). *Phys. Rev. E* 70(051104).
- [7] Mainardi F. (1997), in *Fractals and Fractional Calculus in Continuum Mechanics*, Edited by A. Carpinteri, F. Mainardi (Springer-Verlag, New York), 291-348.
- [8] Seredynska M., Hanyga A., (2000). *J. Math. Phys.* 41(2135).
- [9] Stanislavsky A.A., (2004). *JETP* 98(705).
- [10] Tarasov V.E., Zaslavsky G.M., (2005). *Physica A* 354(249).
- [11] Podlubny I., (1994). The Laplace transform method for linear differential equations of the fractional order. Tech. Rep., Slovak Academy of Sciences, Institute of Experimental Physics.
- [12] Cole K. S., Permeability and impermeability of cell membranes for ions, in *Proc. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, vol. 8, 110:122. 1940.
- [13] Debye P., *Polar Molecules*. New York: Dover, 1945.
- [14] Casona Román M., Paul Torres S., Casanova Bellido M. Bases físicas del análisis de la impedancia bioeléctrica. *Vox pediátrica*, 7, 139:143, 1999.
- [15] Gómez Aguilar José Francisco, Bernal Alvarado J. Jesús, Rosales García J. Juan, Guía Calderón Manuel, Córdova Fraga Teodoro, Aquino Modesto Sosa, Hernández Cabrera Francisco, Palomares Anda Pascual. “Caracterización eléctrica de tejido sanguíneo mediante función de transferencia”. *Acta Universitaria*. Vol. 20 Número Especial 3, Diciembre 2010.

MÚSCULOS ARTIFICIALES NEUMÁTICOS VS SIMULACIÓN DE MÚSCULOS BÍCEPS BRACHII.

Sergio Díaz Zagal¹, Citlalih Gutiérrez Estrada¹, Rafael Cruz Reyez¹, Fernando García², Dorian Aguirre¹, Guadalupe Macedo¹, Beatriz Barrientos¹, Julio González¹, Guillermina Gómez³, Celso Hernández¹, Fabian Escobar¹, Rafael Lemus¹, Diana Rodríguez¹.

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Lab. Electrónica de Posgrado, Gpo. Ing. de Software.

²Centro Universitario Atlacomulco UAEM

³Universidad Tecnológica del valle de Toluca

sdiaz@ittoluca.edu.mx, citlalihg@ittoluca.edu.mx

RESUMEN

En este trabajo se presenta el resultado de la comparación de músculos artificiales neumáticos y la simulación de Músculos Bíceps Brachii (MBB), la simulación fue realizada en un ambiente virtual sujeto a características electromecánicas y de programación del modelo real, que incluyen la gravedad y las leyes físicas básicas del movimiento, en la simulación se utilizó la combinación de dos software Soliwork y Matlab. Para los músculos artificiales neumáticos reales se utilizó un sistema de adquisición de datos realizado en Matlab con la herramienta xPcTarget, obteniéndose las gráficas del comportamiento de los músculos artificiales neumáticos. El desarrollo del sistema de simulación de los MBB a partir de las características de los músculos artificiales neumáticos y su modelo matemático, se obtuvo un resultado interesante, con un error del 0.1% entre éstos dos tipos de músculos.

ABSTRAC

In this paper presents the result of the comparison of pneumatic artificial muscles and the simulation of Muscles Biceps Brachii (MBB), simulation was made in a scenario virtual with electromechanical characteristics and of programming of the real model, which include the gravity and the basic physical laws of the movement, in the simulation we used the combination of two software Soliworks and Matlab. For the real pneumatic artificial muscles we used a system of data acquisition made in Matlab with tool xPcTarget, obtaining the graphic behavior of the pneumatic artificial muscles. The development of system simulation of the MBB from the characteristics of pneumatic artificial muscles and their mathematical model, we obtained an interesting result, with an error of the 0,1% between these two types of muscles.

1. INTRODUCCIÓN

Las extremidades son parte esenciales para la realización de tareas por los seres humanos, en especial los brazos, que en conjunto con las manos, forman una de las herramientas más importantes que ha tenido el hombre. Es por ello que el hombre ha intentado imitar el funcionamiento de los brazos e implementarlo de forma mecánica. Entre ellos se cita a los robots manipuladores, en los que destacan brazos de robot por su amplio uso en la industria y recientemente como ayuda a personas con la falta de éstos miembros [1]. La robótica es una área que frecuentemente hace uso de simulaciones gráficas, persigue distintos objetivos que van desde una simple visualización de los robots a fabricar, hasta simulaciones complejas, que permiten desarrollar el análisis cinemático de brazos de robot o marcar rutas para robots móviles.

La simulación por computadora se ha convertido en una parte útil del modelado de diversos sistemas naturales [2]. Para realizar simulaciones de este tipo, es necesario tener en cuenta algunos aspectos esenciales, como lo son el diseño gráfico de un modelo virtual del robot a simular y el modelo 3D (tercera dimensión), para realizar movimientos o acciones propias de cada robot [3].

Existe una gran cantidad de software dedicado a la simulación de robots móviles con gran funcionalidad y aceptación útiles en una amplia gama de proyectos, otorgando excelentes posibilidades de modelado o ensamblado, así como la definición de rutas de navegación [4]. Sin embargo en el caso de un brazo de robot la situación no es tan favorable, debido a las distintas implicaciones que se tienen para el diseño y control del mismo, ya que se dificulta el hecho de generalizar su construcción y control pues depende de múltiples variables, como por ejemplo los grados de libertad, los mecanismos de movimiento, la fuerza requerida, el tipo de modelo cinemático o dinámico usado, dando como resultado que prácticamente se deba desarrollar la simulación de un brazo en específico, sin quedar lugar a un software que permita ser usado para simular distintos brazos de robot por lo menos gráficamente [5]. Muestra de ello son algún software que se pueden encontrar en la red como son ArmySim o BrazoRobot XYZ, que fueron diseñados basándose en robots de tipo industrial, emulando sus características tanto visuales como de comportamiento, mediante el uso de tecnologías existentes como software de modelado 3D y lenguajes de programación como Free Basic [6], [7].

La construcción física de los MBB resulta en costos (tiempo y dinero) que generalmente no se posee, la opción más conveniente resulta en crear simulaciones, es decir, representaciones abstractas de la realidad. Existen diversas técnicas para realizar una simulación empleando soluciones computacionales, como puede ser: redes neuronales, redes bayesianas, casos basados en razonamiento, lenguajes de programación de alto nivel (java, delphi, etc.), programas de diseño asistido por computadora (CAD), programas de simulación (Matlab), etc.

En la mayoría de las simulaciones donde se ha empleado soluciones computacionales, se han enfocado al comportamiento del brazo de robot pero se presta más interés en estudiar los grados de libertad que posee, sin estudiar de forma equivalente el comportamiento (visual y estadístico) del músculo, por esta razón no existe un trabajo de simulación que satisfaga esta necesidad.

A continuación se describe el diseño Asistido por Computadora y la simulación dos términos muy importantes utilizados en este trabajo.

1.1 CAD

Diseño Asistido por Computadora es una herramienta, que permite hacer dibujos bidimensionales y modelos tridimensionales de forma precisa mediante el uso de una computadora. En décadas pasadas el software de tipo CAD estaba destinado a aplicaciones de ingeniería muy específicas principalmente arquitectura y su uso era limitado debido a su precio. Sin embargo hoy en día existen una variedad muy amplia de software de este tipo para casi cualquier disciplina en la ingeniería, y con posibilidades de dibujos en 2D, 3D, renderizados, cálculos matemáticos, diseño estructural, administración de proyectos, etc. [8].

La aplicación del software CAD en la ingeniería abarca la elaboración de cuadros sinópticos, diagramas de diversos tipos, gráficos estadísticos, representación normalizada de piezas para su diseño y fabricación, representación tridimensional de modelos dinámicos en multimedia, análisis con elementos finitos, aplicaciones en realidad virtual, robótica, etc.

El CAD es una técnica de análisis, una manera de crear un modelo del comportamiento de un producto aun antes de que se haya construido. Los dibujos en papel pueden no ser necesarios en la fase del diseño [9].

1.2 Simulación

Es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema [10].

En este caso el sistema a modelar es el brazo manipulador y se pretende experimentar con modelos de control. Realizando de esta forma una simulación interactiva además de gráfica. Algunos de los beneficios de la simulación son los siguientes:

- Se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones.
- Puede ser utilizada como un instrumento pedagógico.
- Se pueden anticipar posibles resultados no previstos [10].

Para llevar a cabo una simulación es necesario seguir una serie de etapas que se describen a continuación de acuerdo a Raúl Coss Bu [2]:

- Definición del sistema. Se debe realizar un análisis del sistema a emular para obtener las restricciones, variables e interrelaciones del mismo. Así como la interacción con otros sistemas. Para establecer los resultados esperados.
- Formulación del modelo. Construir el modelo a simular tomando en cuenta todas las características recabadas en su definición.
- Recolección de datos. Se deben definir los datos que requerirá el modelo para producir los resultados deseados.
- Implementación del modelo en la computadora. Se define que herramientas de software se utilizarán para procesar el modelo en la computadora.
- Validación. Por medio de esta etapa es posible identificar fallos en la formulación del modelo. Se puede validar mediante: Opinión de expertos sobre los resultados obtenidos, Exactitud con que predicen datos históricos, Exactitud con que predice datos futuros, Utilización de datos que hacen fallar al modelo real, Aceptación del modelo por la persona que hará uso de los resultados.
- Experimentación. Consiste en generar datos deseados y realizar análisis de sensibilidad.
- Interpretación. Se interpretan los resultados arrojados por la simulación y se Documentan. Son necesarios dos tipos de documentación una de carácter técnico y otra como manual de usuario.

2. TRABAJOS PREVIOS

A continuación se describen trabajos que están fuertemente ligados a este proyecto y que formarán parte de un antecedente para el mismo.

“Army Simulator” Es un software creado por Josh Schnarr en 2007 y publicado en tecnotic.com, una página web creada por Raúl Reinoso, catedrático del área de TICS. El software fue desarrollado en Blender de ahí la importancia que tiene para este proyecto, en él se modeló un robot manipulador DENSO y se desarrolló su animación y simulación. Al hacer uso del software es posible manipular el brazo de robot a través del teclado y de esta forma realizar y visualizar los movimientos correspondientes al manipulador.

“Brazo Robótico Controlado por una Computadora en un Ambiente de Realidad Virtual” por Eduardo Eloy Loza Pacheco en el año 2008. En este trabajo se plantea controlar un Brazo Robótico Lynx 6 a través de una interfaz con el puerto serie, y visualizar los movimientos a través de una animación. En el proyecto se hace uso de Java 3D para realizar la animación y visualización de los movimientos del brazo de robot [11].

“Modélisation et Programmation d’un Robot Anthropomorphe à 7 degrés de liberté Actionné par Muscles Artificiels Pneumatiques” en 2008, este trabajo se realizó utilizando un robot manipulador creado en el INSA de Toulouse. A pesar de que el proyecto enfoca sus esfuerzos en el desarrollo del control para el manipulador, cuenta con un apartado en el que se realizó una simulación

utilizando Java 3D, y de esta forma visualizaron los grados de libertad del manipulador para obtener información valiosa para la investigación realizada. Cabe mencionar que el presente proyecto utiliza el mismo brazo de robot [12].

De acuerdo a lo anterior, este proyecto surgió en consecuencia de una deficiencia en el control del brazo de robot construido en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicados (INSA) de Toulouse en Francia y se centra en la simulación de su comportamiento, en la búsqueda de implementar algoritmos de control, para optimizar el que se tiene con la finalidad de implementarlo posteriormente en el brazo real o fabricar uno a partir de este modelo virtual.

En este trabajo se presenta el resultado de la comparación de músculos artificiales neumáticos y la simulación de músculos bíceps Brachii para un brazo de robot con la ayuda de software: Solidworks y Matlab. El modelo en tercera dimensión fue capaz de representar en un 99% las características electromecánicas y de programación del modelo real, la simulación se realizó en un ambiente virtual sujeto a condiciones de realidad simulada, que incluyen la gravedad y las leyes físicas básicas del movimiento. El entorno virtual permitió obtener resultados sobre el uso de algún algoritmo de control sin la construcción real del brazo robótico, identificando errores posibles en su programación así como deficiencias físicas en el diseño del brazo además de visualizar de forma más clara, el comportamiento del brazo robótico en funcionamiento así como su interacción con el ambiente en donde se desenvuelva.

Parte fundamental en el proyecto es el software utilizado en las distintas etapas. Para el modelado se tiene como base técnicas de diseño asistido por computadora CAD, haciendo uso del software SolidWorks que permite realizar un diseño del MBB, sin embargo los músculos artificiales neumáticos comprenden un grado de complejidad mayor en el modelado, para lo cual se hizo uso de otra herramienta de modelado y animación llamada Matlab que es más flexible y provee de distintas características necesarias para concluir con el modelado en primera instancia y posteriormente animar y simular los movimientos propios de los músculos brachii, permitiendo de esta forma integrar y programar modelos matemáticos para el comportamiento de los músculos Biceps Brachii.

3. METODOLOGÍA USADA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN.

A continuación se explica la metodología utilizada para el desarrollo del sistema de simulación del MBB (ver figura 1).

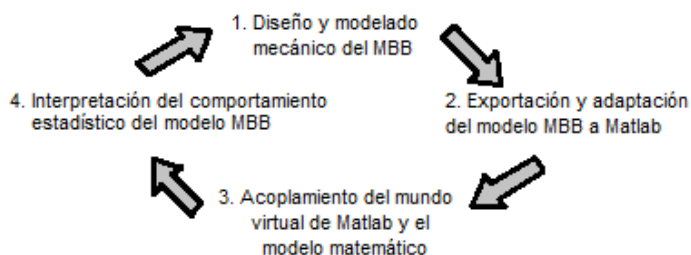


Figura 1. Metodología para el desarrollo del sistema de simulación MBB

Esta metodología consta de 5 etapas para el desarrollo del sistema de simulación de los músculos bíceps brachii. El objetivo es desarrollar un sistema de simulación con la unión de dos software, Solidworks y Matlab. Debido a la rigidez del solidworks para la manipulación del prototipo virtual con características similares al real, se utiliza Matlab para realizar los cálculos por medio de su programación y activar los movimientos de contracción y relajación de los músculos representados por dos pistones. Las etapas son descritas a continuación.

3.1 Diseño y modelado mecánico del MBB

A partir del modelo físico real se creó el modelo matemático y un diseño conceptual, se prosiguió con su modelización en SolidWorks, pero debido al problema de deformación de los músculos, como tal empleando el software mencionado, se llevo a cabo el modelo del sistema basándose en dos ideas principales, las cuales son:

1. Crear el modelo lo más cercano al prototipo real, para crear una semejanza mayor. Una consideración importante es la consideración de que el músculo tiene un equivalente al 15% de su relajación total.
2. La parte de los bíceps brachii se representarán de forma muy similar a un sistema de pistones, para poder visualizar el movimiento que produciría las contracciones (deformaciones) al momento que levante la carga.

Tomando las ideas anteriormente enunciadas, el modelo se represento de la siguiente manera como se muestra en la siguiente figura.

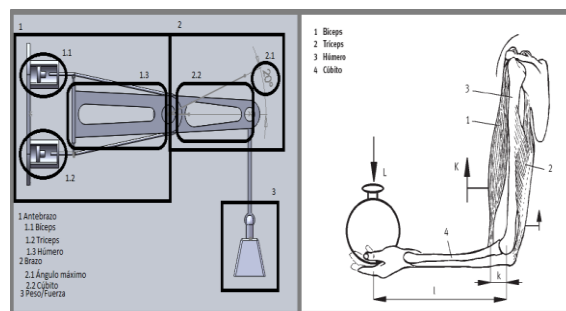


Figura 2. Diseño mecánico vs Brazo biológico.

Una vez desarrollado el modelo mecánico MBB en SolidWorks el siguiente paso es trasladarlo al mundo virtual de Matlab.

3.2 Exportación y adaptación del modelo mecánico a Matlab

Una vez realizado el modelo mecánico virtual de un MBB se encontró dos formas para realizar la exportación del modelo para el mundo virtual de Matlab, que son las siguientes:

1. Exportar el modelo de SolidWorks al toolbox SimMechanics por medio de la herramienta SimMechanics Links.
2. Guardar el modelo de SolidWorks en formato VRML y emplear el V-Realm Builder para su edición.

3.2.1 Exportando a SimMechanics

Para la exportación al modulo de SimMechanics utiliza una herramienta adicional llamada SimMechanics Link, la cual realiza una conexión directa con el programa SolidWorks.

Una vez instalado la herramienta SimMechanics Link, se procede a ingresar la instrucción `smlink_linksw` a la línea de comando de Matlab, creándose una conexión con SolidWorks (ver Figura 3.).

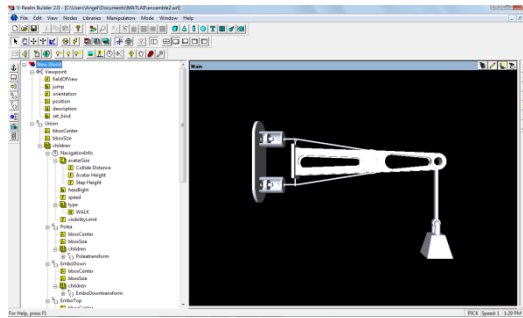


Figura 3. Modelo mecánico exportado en el editor V-Realm Builder

3.3 Acoplamiento del mundo virtual de Matlab y del modelo matemático

Ya que se adaptó el modelo mecánico creado en SolidWorks al mundo virtual de Matlab, lo consecuente es unificar este modelo con el modelo matemático para que se pueda representar la simulación de MBB tanto visual como estadísticamente.

Para crear este acoplamiento entre los dos modelos, se dividió el proceso de dos formas:

1. Creación de una simulación en la toolbox Simulink, para el control del mundo virtual.
2. Creación de una interfaz gráfica (GUI) hecha en Matlab, con la finalidad de que el usuario pueda ingresar los parámetros necesarios para los cálculos del modelo matemático de forma sencilla y un manejo mucho más intuitivo de la simulación.

Para que la exportación del mundo virtual de Matlab se usó la toolbox Simulink y su librería VR Sink, comienzo de la simulación para el control del modelo de MBB.

El uso de la librería VR Sink solo permite tener acceso a las propiedades de los componentes del mundo virtual, de las cuales destacan: rotación y translación. Ya que el movimiento del modelo solo recae sobre los componentes: émbolos, brazo, cuerda y peso; se habilitan sus propiedades necesarias para el movimientos.

Los parámetros necesarios para el funcionamiento del sistema son las siguientes: Masa (kg), Presión (Bars), Tiempo (s) y Longitud inicial (cm), con éstos parámetros se obtiene el cálculo de la longitud de contracción y la longitud final.

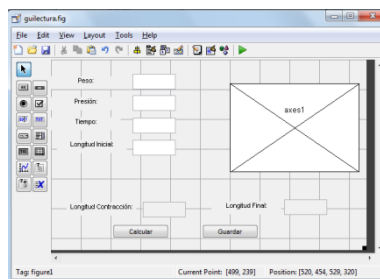


Figura 4 Interfaz del sistema de simulación

La función Callback del botón Guardar permite el almacenamiento de la información estadística generada por el modelo matemático.

3.4 Interpretación del comportamiento estadístico del modelo MBB

La información estadística del MBB generada por el modelo matemático consiste en dos arreglos de tipo numérico de precisión doble que representan la longitud de contracción y el tiempo. Esto permite observar el comportamiento de la longitud de contracción en el tiempo que el usuario específico, que es uno de los puntos más destacados del presente trabajo de investigación.

Para el almacenado de la información se crea una BD orientada a objetos, que consta de 3 tablas, la tabla principal se llama Simulación, en la cual se guarda la mayor parte de la información obtenida. Las otras dos tablas son LongitudC y Tiempo, en las cuales se almacenan los dos arreglos de información estadística que provienen del modelo matemático (ver Figura 5).

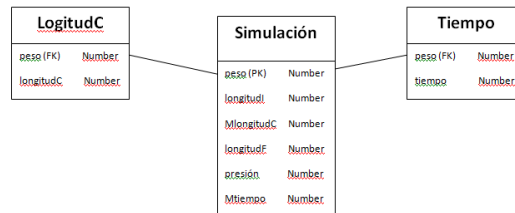


Figura 5 Creación de la base de datos

Aunque se genera un vector de la longitud de contracción, el valor que se toma en cuenta para el cálculo de la longitud final se encuentra aproximadamente en la posición 250 del arreglo.

4 RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DE LOS MÚSCULOS ARTIFICIALES NEUMÁTICOS Y LOS MUSCULOS ARTIFICIALES BICEPS BRACHII

Las características del prototipo del músculo artificial neumático real son las siguientes:

Masa total (caucho + terminales + trenza)	Longitud inicial, L0 (entre las terminales)	Diámetro del músculo
70 g	90 mm	7mm

Tabla I Característica del músculo artificial neumático

Las simulaciones de los músculos Biceps Brachii, se realizaron para varias masas o pesos en kg, de las cuales aquí solo se presentan tres, de 1kg, 2kg y 3.2 kg, de la misma manera para la comparación también se presentan las graficas de los músculos artificiales neumáticos reales con las mismas masas (kg). A continuación se presentan las gráficas de estas pruebas:

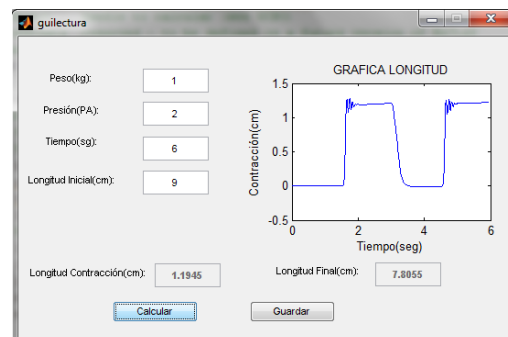
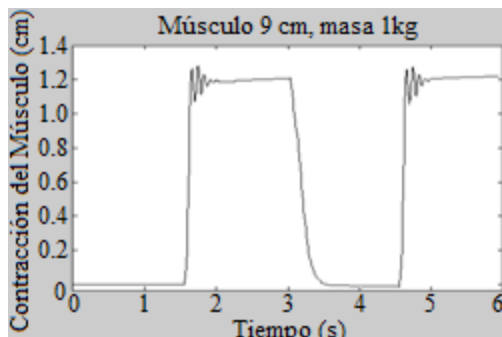


Figura 6 Graficas de contracción del músculo para 1kg: a) prototipo real, b) simulación del músculo brachii

En la figura 6 se presenta la evolución de las gráficas de la contracción de los músculos artificiales neumáticos del prototipo real (izquierda) y la simulación del músculo bíceps brachii (derecha), ambos con una masa de 1 kg a una presión de 2 bars con una longitud inicial de 9 cm, como se puede apreciar en la gráfica de la derecha la longitud de contracción fue de 1.1945 cm para una longitud final del músculo de 7.805 cm y de la gráfica izquierda del prototipo real tiene una longitud aproximadamente de 1.2 cm.

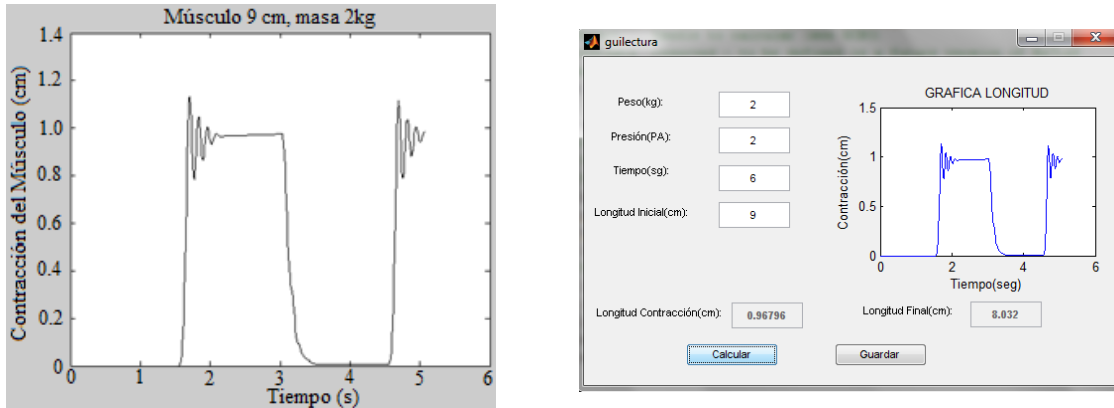


Figura 7 Graficas de contracción del músculo para 2kg: a) prototipo real, b) simulación del músculo brachii

En la figura 7 presenta graficas de la evolución de la contracción de los músculos artificiales neumáticos del prototipo real (izquierda) y la simulación del músculo bíceps brachii (derecha), ambos con una masa de 2 kg a una presión de 2 bars con una longitud inicial de 9 cm, como se puede apreciar en la gráfica de la derecha la longitud de contracción fue de 0.96796 cm para una longitud final del músculo de 8.032 cm y de la gráfica izquierda del prototipo real tiene una longitud aproximadamente de 0.977 cm.

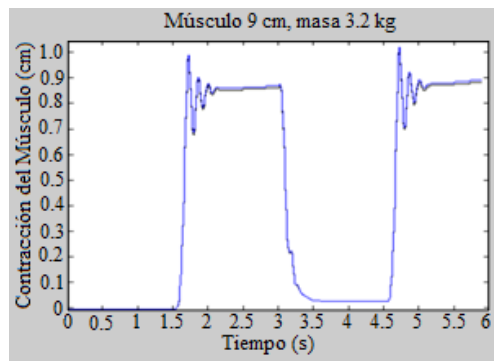


Figura 8 Graficas de contracción de los músculos del prototipo real y el músculo artificial MBB para 2kg

En la gráfica de la figura 8 se muestra la evolución de las dos gráficas de contracción de los músculos: artificial neumático y el MBB, para una masa de 3.2 kg a una presión de 2 bars. Debido al error que es muy pequeño (0.1%), no se aprecia la diferencia de cada uno.

5. CONCLUSIONES

El entorno virtual permitió obtener resultados interesantes sobre el uso de Matlab en la simulación del MBB, identificando errores posibles en los fenómenos físicos del prototipo real que no se han tomado en cuenta como el factor de rozamiento entre el caucho y la trenza, para mejorar el comportamiento del MBB en funcionamiento así como su interacción con el ambiente en donde se desenvuelva.

Como se pudo apreciar en los resultados de la comparación, los datos estadísticos son totalmente fiables. Por lo que podemos mencionar que se tiene un 99% de seguridad con respecto al comportamiento estadístico del MBB.

Por otro lado el comportamiento visual de MBB, aunque se empleo software especializado para su diseño presenta problemas muy relevantes como las limitaciones ofrecidas por SolidWorks en el manejo de deformaciones de los sólidos, para representar los músculos de manera similares a los de prototipo real, y no usar pistones en su lugar.

6. RECOMENDACIONES

El trabajo futuro se debe de centrar principalmente en la creación de un modelo visual que no tenga la limitación del manejo de los sólidos, para representar de manera virtual un músculo con su deformación similar al real. Por lo que se recomienda trabajar con otro tipo de software que tenga esa flexibilidad, además de trabajar en el control de lazo abierto y cerrado de los músculos.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por su apoyo y patrocinio para la realización de este trabajo que forma parte del proyecto "Estudio y Caracterización del Prototipo de un Mini-Musculo Artificial Neumático en Condiciones Estáticas y Dinámicas", con clave ITTOL-PTC-002, de la convocatoria "Apoyo a la incorporación de nuevos Profesores de Tiempo Completo. Convocatoria 2009". De igual manera agradecemos el apoyo a la DEGEST por aprobar el proyecto "Prototipo de un sistema virtual de un par de mini-actuadores de músculos artificiales neumáticos en antagonismo basados en el modelo de McKibben", con clave TOL-DCIET-2010-102, que ha servido como base para seguir avanzando en investigaciones relacionadas a este proyecto.

8. REFERENCIAS

1. Craig Jhon.J., "*Robótica*", Prentice Hill, 3ª Ed, México, 2006. (Libro).
2. Coss B. Raúl, "*Simulación un enfoque práctico Limusa*", México, 2003. (Libro).
3. González L. Pascual; García-Consuegra B. Jesús, "*Informática Gráfica Ciencia y Técnica*", España, 1998. (Libro).
4. Benoît Saint-Moulin The 3D Software Comparision (marzo 2011) http://www.tdt3d.com/articles_viewer.php?art_id=99, (Artículo).
5. Martínez A. Gloria M., Jáquez O. Sonia A., Rivera M. José y Sandoval R. Rafael, "Diseño propio y Construcción de un Brazo Robótico de 5 GDL", RIEE&C, Revista de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, Vol. 4 No. 1, Julio 2008. (Artículo).
6. ArmySim (marzo 2011), <http://www.tecnotic.com/node/239>, (Software).
7. BrazoRobot XYZ Simulador marzo(2011), <http://sites.google.com/site/proyectosroboticos/Descargar-Simuladores>, (Software).
8. Duggal Vijay, "*CADD Primer*", CADD Primer Education, EU, 2000. (Libro).
9. Rojas Lazo Oswaldo, Rojas Rojas Luis, "*Diseño asistido por computador*", Portal Revistas Peruanas, Perú, 2006. (Artículo).
10. Shannon Robert; Johannes James D., "Systems simulation: the art and science", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Vol. 6(10)., Inglaterra, 1999. (Artículo).

11. Loza Pacheco, Eduardo Eloy; "Brazo robótico controlado por una computadora en un ambiente de realidad virtual"; Instituto Politécnico Nacional, Julio 2008.
12. Lezama Morales Ruth, "*Modélisation et Programmation d'un Robot Anthropomorphe à 7 degrés de liberté Actionné par Muscles Artificiels Pneumatiques*", Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas, Toulouse Francia, 2008. (Tesis).

PROGRAMACIÓN GENÉTICA EN EL PRONÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Sigifredo García Alva, Oscar Iván Valenzuela Díaz, Guillermina Muñoz Zamora, Raúl Cruz Rentería, Zindi Sánchez Hernández
Instituto Tecnológico de Nogales
sgarcia@depiitn.edu.mx , oscar_vdo@itnogales.edu.mx, guillemunoz@depiitn.edu.mx,
rcruz@depiitn.edu.mx, zindi.sanchez@ depiitn.edu.mx

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo aplicar programación genética (PG) para predecir el promedio diario de las concentraciones de PM_{10} en el día siguiente. Esta metodología se basa en los principios del algoritmo de programación genética (PG). Los modelos también están codificados en las estructuras de los árboles (las expresiones de los árboles) que se hayan modificado después de un proceso iterativo, la estructura del modelo y los parámetros están optimizados, estos estudios permiten concluir que los modelos lineales y no lineales no dan lugar a diferencias significativas en los resultados obtenidos.

ABSTRAC

This study has the objective to apply genetic programming (GP) to predict the daily average of PM_{10} concentrations in the in the next day. This methodology is based on the principles of genetic programming algorithm (GP). The models are also encoded in the structures of the trees (expressions of trees) that have been modified after an iterative process, model structure and parameters optimization, these studies support the conclusion that the linear and nonlinear models do not lead to significant differences in the results.

INTRODUCCIÓN

El caso de estudio aquí considerado fue de predecir el promedio diario de las concentraciones de PM_{10} en el día siguiente. Los datos fueron tomados de la estación meteorológica de CEDES (Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora), ubicada en el Instituto Tecnológico de Nogales en una zona fronteriza con Arizona, USA. Los datos de los contaminantes del aire (diariamente las concentraciones promedio de SO_2 , CO, NO, NO_2 y PM_{10}) y los datos meteorológicos (promedios diarios de temperatura-T, humedad relativa, velocidad del viento, humedad relativa, entre otros) fueron utilizados para alimentar el algoritmo. El período estudiado fue desde abril 2010 hasta diciembre 2011.

La elección de un modelo para cualquier caso de estudio se produce en diferentes etapas lo primero es la selección entre las dos clases principales: los modelos deterministas y fenomenológica [1]. El modelo determinista es un modelo matemático, que los resultados de las relaciones, precisamente, conocidos entre los estados y eventos, sin ningún tipo de espacio para variables aleatorias. Por otro lado, los modelos fenomenológicos se concentran en los patrones observados en los datos, utilizando las funciones que organizan las observaciones experimentales dentro de una estructura formal. El uso de modelos fenomenológicos se ha vuelto cada vez más recomendada para aplicaciones en las que la interdependencia entre las variables es desconocida o muy compleja. La predicción de las concentraciones de contaminantes del aire no es una tarea fácil, pero es atractivo para PM_{10} , debido a la complejidad de los procesos implicados. [13][7][15]

Corani[3] trató de predecir este contaminante con redes unidireccionales(feedforward), métodos no lineales (pruned neural networks) y aproximación lineal (lazy learning), la comparación de estas tres metodologías, lazy learning presenta resultados ligeramente mejores que los otros métodos. Pérez y Reyes [13] desarrollaron una red neuronal (enfoque no lineal) para predecir el máximo de la 24-h de media móvil de la concentración de PM_{10} en el día siguiente, este método se comparó con el perceptrón lineal que presenta un mejor rendimiento. Fuller[7] el cual desarrolló un modelo empírico para predecir las concentraciones de PM_{10} , el método se basa en el análisis de

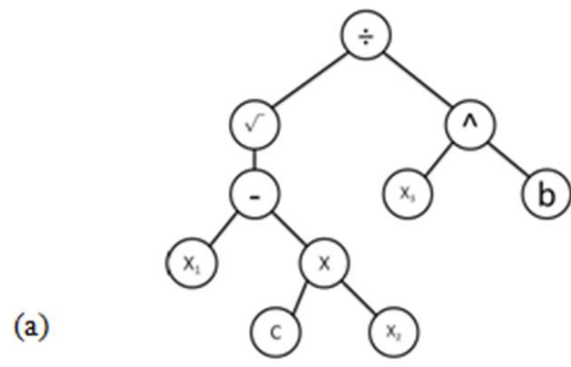
regresión entre las PM₁₀ y NO₂, y predecir tiene con exactitud las concentraciones de PM₁₀ media diaria. Sin embargo, el modelo ha presentado algunas limitaciones, la dependencia de la existencia de una relación entre las PM₁₀ y las emisiones de NOX. Pires[16] comparó el desempeño de cinco modelos lineales para predecir las concentraciones medias diarias de PM₁₀. Los modelos lineales fueron los siguientes:(i) regresión lineal múltiple (MLR), (ii) regresión de componentes principales (PCR),(iii) regresión de componentes independientes (ICR), (iv) regresión por cuantiles (QR), y (v) regresión mediante mínimos cuadrados parciales (PLSR). Estos modelos se aplicaron a dos conjuntos de datos con diferentes tamaños (la primera con los datos de tres años y el segundo con los datos de seis meses). Los resultados mostraron que la predicción de las medias diarias de las concentraciones de PM₁₀ fue más eficiente cuando se utiliza ICR para el conjunto de datos más pequeño y PLSR para el conjunto de datos más grande. Como se presenta en los estudios mencionados, la definición de la estructura es un paso importante para el éxito del modelo, siendo seguida por la optimización de sus parámetros. Todos estos estudios llevan a la conclusión de que es prácticamente imposible establecer una clasificación de modelos para la predicción de las medias diarias de PM₁₀ en el día siguiente. Por lo tanto, debido al elevado número de variables de diferente naturaleza involucradas en este proceso y las características específicas de los sitios de monitoreo, el procedimiento que debe aplicarse es poner a prueba las diferentes estructuras de los modelos al mismo tiempo para encontrar una o las que tienen las mejores desempeños.

DESARROLLO

Como las concentraciones de PM₁₀ son altamente influenciadas por los procesos estocásticos (como parámetros meteorológicos, las emisiones de contaminantes atmosféricos, deposición seca y la reacción química), la determinación del modelo se debe hacer mediante la optimización de la estructura del modelo y los parámetros, al mismo tiempo. La programación genética (PG) es un procedimiento evolutivo, que es capaz de crear modelos con tal flexibilidad. Además, PG es capaz de crear un modelo lineal o no lineal. Hinchliffe y Willis [10] compararon la programación genética (GP) con redes neuronales para el modelado de procesos dinámicos no lineales. Dos casos de estudio fueron presentados y en ambos casos, PG y redes neuronales presentan errores similares. Otros estudios también se han presentado [18],[19]. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño de PG para la predicción de las medias diarias de PM₁₀.

La programación genética fue propuesta por Koza[11], siendo una especialización de los algoritmos genéticos [9]. Se trata de un algoritmo de búsqueda basado en los principios de la Teoría de la Evolución de Darwin. Se inicia con una población inicial compuesta por un conjunto de individuos creados al azar que están constituidas por nodos (funciones matemáticas estándar) y terminales (variables y constantes). Estos individuos se codifican como estructuras de árbol (expresiones simbólicas de los árboles) que pueden variar en tamaño y forma. Figura 1. 1a y 1b las cuales muestran un ejemplo de un árbol de expresión con la fórmula respectiva. PG crea una secuencia de las poblaciones, las generaciones, mediante la aplicación de operadores genéticos (selección, cruce y mutación) para los individuos [2].

En cada generación, los individuos se evalúan a través de una función de aptitud. Los valores dados por esta función, llamados los valores de aptitud, se utilizan para seleccionar las expresiones de los árboles para la próxima generación (selección). Para evitar la pérdida de los mejores individuos, en este trabajo se utiliza también un procedimiento de selección por elitismo. El cruce consiste en el intercambio de partes de los árboles (árboles sub) entre dos individuos, la creación de dos nuevos individuos diferentes. La Figura 2 presenta un ejemplo de operación de cruce. La mutación se consigue normalmente mediante el cambio de un nodo o una terminal en un individuo. La Figura 3 presenta un ejemplo de operación de mutación. El proceso iterativo termina cuando el objetivo de aptitud o el número máximo de generaciones se logran. La PG es un método que predice la variable de salida a través de la combinación lineal ponderada de las salidas de varias estructuras de árbol simbólicas de diferentes genes. Los pesos son determinados por reducir al mínimo la suma de errores cuadrados de los valores previstos.



(b)

$$\frac{\sqrt{X_1 - CxX_2}}{(X_3)^b}$$

Figura 1. Ejemplo de (a) un árbol de expresión y (b) la fórmula respectiva.

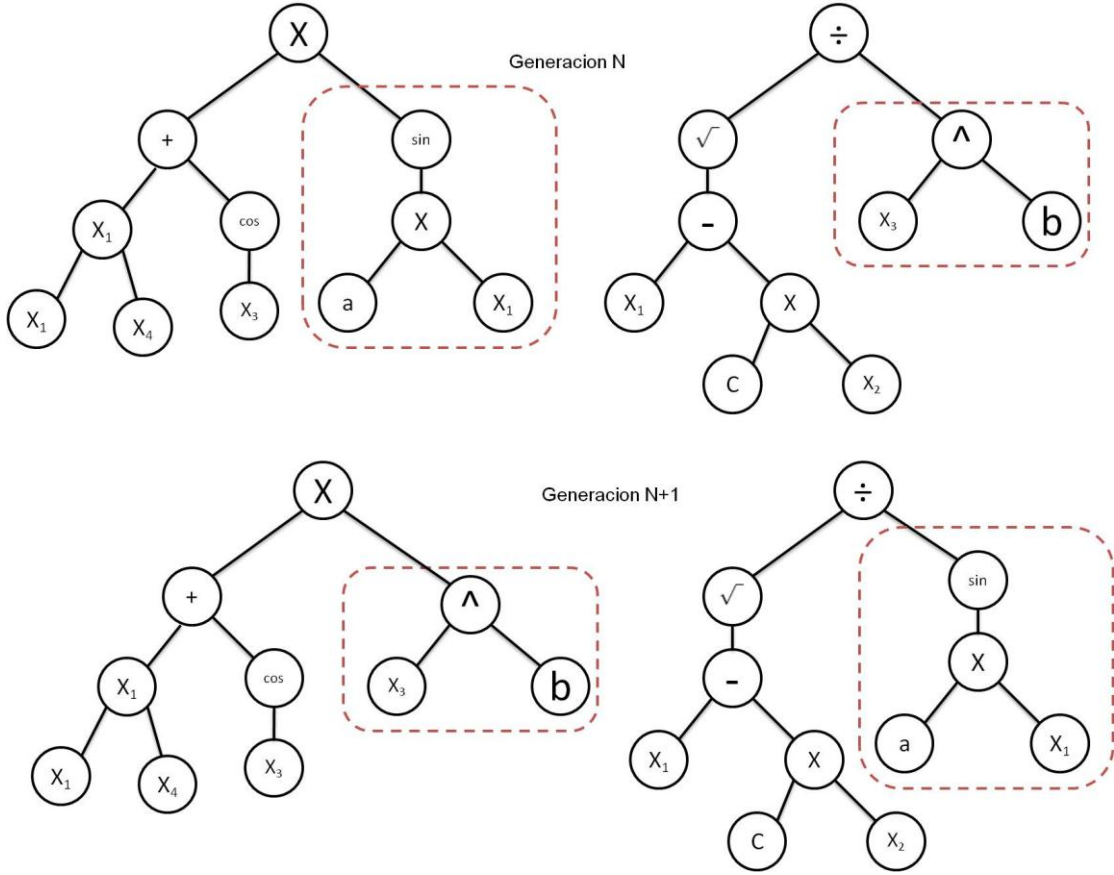


Figura 2. Ejemplo del cruce.

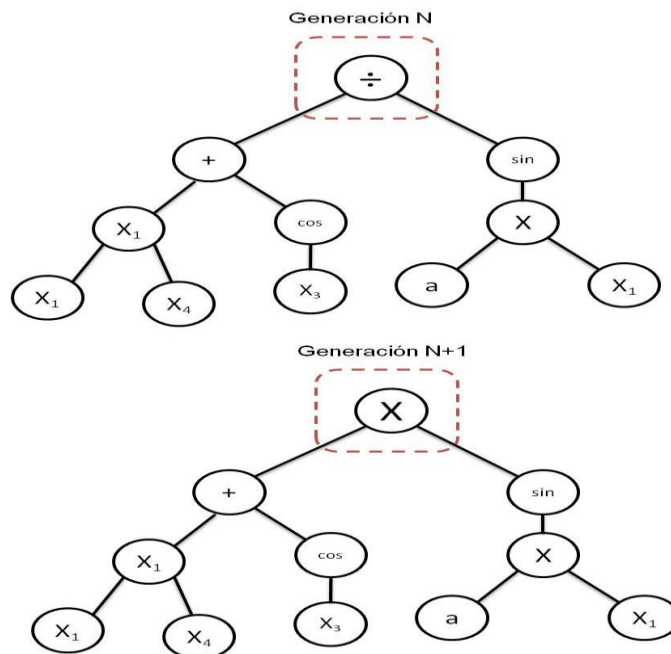


Figura 2. Ejemplo de Mutación.

El algoritmo genético se ha codificado en visual studio C#. Varios parámetros deben ser definidos para el enfoque de PG. El tamaño de la población es el número de individuos en la población, cuando existe un número definido de individuos aumenta la diversidad de la población, pero también aumenta el esfuerzo de tiempo de cálculo. Goldberg [9] indicó que el tamaño de la población debe ser utilizada por rangos de entre 30 y 200 individuos y, en este trabajo el tamaño de la población se fija en 100. El número máximo de generaciones fue de 100. Se definió la probabilidad de que un individuo sea seleccionado para operación de cruce o mutación, respectivamente; sus valores fueron 0,8 y 0,1, respectivamente. Lo mejor del 10% de los mejores individuos (20 individuos) fueron seleccionados para la próxima generación (elitismo). Los individuos más aptos son los que presentan el menor error cuadrático medio (RMSE) [15] en el período de formación. Para evitar la convergencia de principios, un nuevo conjunto de datos para la evaluación de los individuos se creó, mediante un muestreo aleatorio de los datos originales, con la sustitución cuando los 20 mejores individuos de la generación actual son los mismos de la anterior. Sin embargo, en las últimas 10 generaciones, los individuos fueron evaluados utilizando los datos originales. Desde la construcción de nuestro algoritmo de PG fue influenciado por valores aleatorios, varias pruebas del algoritmo se realizaron. Diez corridas de PG se hicieron con los individuos compuestos por cinco genes. Las concentraciones de PM_{10} pronosticadas fueron calculadas a través de la salida de un árbol de expresión.

La ciudad de Nogales está localizada en la frontera norte del estado de Sonora, con una población de alrededor de 212,533 habitantes, esta ciudad se encuentra rodeada de la industria maquiladora y es frontera con el estado de Arizona, USA. En esta ciudad las concentraciones de PM_{10} en ocasiones superan los límites establecidos por la Unión Europea (UE) para la protección de la salud humana [16], así como los límites permitido por USA[5].

Las mediciones se realizaron por CEDES(Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora), es un organismo público descentralizado del gobierno del Estado de Sonora, sectorizado a la Secretaria de Infraestructura y Desarrollo Urbano, con personalidad jurídica y patrimonio propio, con el objeto de: formular, ejecutar y evaluar política ambiental del estado, realizar y promover estudios e investigaciones de carácter científico y tecnológico, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente, difundir y promover la cultura y los valores ecológicos. Los datos de entrenamiento para PG son correspondientes al periodo de abril 2010 hasta diciembre 2011. El período de mediciones fue la

misma del estudio presentado por Pires[15] para poder comparar el rendimiento de PG con los modelos estadísticos.

RESULTADOS

La Figura 4 se muestra las salidas de cada entrada en la mejor solución en cada una de las 10 corridas y en los 20 mejores individuos en la última generación ($20 \times 10 = 200$ individuos). Además de la capacidad de crear una relación funcional entre la salida y las variables de entrada, PG también detecta las entradas correspondientes. De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 4, NO_2 , HR y las concentraciones de PM_{10} del día anterior fueron las entradas que fueron seleccionados en casi todas las soluciones obtenidas en las 10 corridas de PG. Nogales está muy influenciada por las emisiones de USA, que es, en este entorno, la principal fuente de PM_{10} y los óxidos de nitrógeno [12]. Por lo tanto, las concentraciones de estos dos contaminantes del aire deben estar relacionados lo que justifica la importancia de las concentraciones de NO_2 en la predicción de las concentraciones de PM_{10} . La concentración de PM_{10} del día anterior es importante ya que representa la acumulación de PM_{10} de un día para otro. La humedad relativa es determinante para la predicción de las PM_{10} , ya que la humedad tiene un papel importante en la eliminación de partículas PM_{10} en el aire.

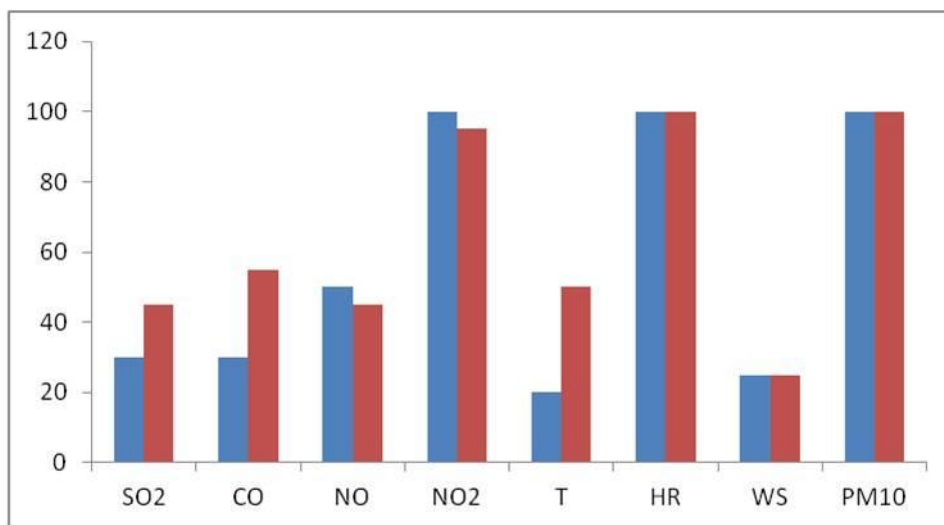


Figura 4. PG las mejores soluciones.

La Tabla 1 presenta las mejores soluciones que se obtuvieron del algoritmo y el valor correspondiente de RMSE (en $\mu\text{g m}^3$) de los datos de entrenamiento. Para probar esto, las entradas deben estar Z estandarizada. Este Algoritmo también se podría aplicar para predecir las concentraciones de PM_{10} en las estaciones que se encuentren en diferente zona. En la etapa de formación, las 10 corridas del algoritmo de PG presentó un comportamiento similar. En comparación con los resultados logrados por Pires[15], con los modelos más utilizados como el ICR y el PLSR, pero el que obtuvo mejores resultados fue QR. Además, PG se probó con nuevos datos (los datos de prueba) y se comparó con el modelo de PLSR [15]. El objetivo fue analizar la capacidad PG para predecir promedio diario de las concentraciones de PM_{10} .

Tabla I

	Solución	RMSE
1	$y = 44.37 + 5.1X[\tanh(\text{NO}_2)] + 2.13x[\text{CO} - 0.98] + 10.86x[\text{PM}_{10}] - 2.68x[\text{RH}] + 1.96x[\text{T}]$	15.91
2	$y = 43.21 - 2.51X \left[\text{sign} \left(\cos \left(0.70 - \text{NO}_2 - \cosh(\text{sign}(\text{SO}_2)) \right) \right) - \text{NO}_2 \right] - 2.46x[\text{RH}] + 3.33[\sin(\text{PM}_{10})] + 0.78x[1 - \text{PM}_{10} - \tanh(\text{RH} + \text{NO}_2)]$	15.89
3	$y = 37.05 + 2.87X[\tan(\text{PM}_{10}) - \text{RH} + 1.54] + 1.54x[\log(\text{NO}_2)] + 7.89x[0.40 + \text{PM}_{10}] + 0.42[\text{CO} - 3.2^{\text{sign}(\text{PM}_{10})+\text{RH}}] + 4.15x \left[\sin \left(\frac{\text{NO}_2}{ 10.41 - \text{CO} ^{1.65}} \right) + \text{PM}_{10} \right]$	15.91
4	$y = 42.27 + 11.68X[\text{PM}_{10}] + 0.67x[\text{sign}(\text{NO}_2)] - 0.26x \left[\frac{\sin \left(\log(\sin(\cos(\text{RH}x\text{PM}_{10}))) \right)}{\text{SO}_2} \right] - 2.80x[\text{RH}]$	15.88
5	$y = 42.53 + 11.84X[\text{PM}_{10}] - 0.38x[\cos(\text{WS}) + \text{NO}] + 4.29x[\text{NO}_2] - 0.53x \left[-\frac{0.18}{\text{SO}_2} \right] - 2.7x[\text{RH}]$	15.89
6	$y = 40.61 + 9.4X[\text{PM}_{10}] + 2.61x[\text{NO}_2^{\cos(\text{PM}_{10})}] - 0.16x[\log(\tanh(\text{RH}))x\text{CO}] - 2.72x[\text{RH}] + 3.94x[\text{NO}_2 + \sin(\text{PM}_{10})]$	15.88
7	$y = 32.46 + 10.68x[1 + \text{PM}_{10}] - 1.57x \left[\exp \left(\text{sign} \left(\log \left(\tanh \left(\cosh \left(\sqrt{ \text{NO} } \right) \right) \right) \right) x\text{PM}_{10} \right) \right] - 2.13x[\text{RH}] + 3.66x[\text{NO}_2] - 4.11x \left[\left(\sqrt{\exp(\sin(\cos(\text{RH})))} \right) x1.29 - 2.15 \right]$	15.93
8	$y = 41.02 - 2.83x[\text{RH}] + 3.47x[\text{NO}_2] + 1.30x \left[-1.18 - \text{NO} + \exp \left(\frac{\exp(\sin(\text{NO}))}{1.40} \right) \right] - 0.08x[\text{NO}] + 7.59x[\tanh(\text{PM}_{10}) + \text{PM}_{10}]$	15.88
9	$y = 41.48 + 11.12x[\text{PM}_{10}] + 4.22x \left[\tanh \left(\sin \left(\sqrt{ \text{NO}_2 }^{\sqrt{ 0.76 - \tanh(\text{NO}) }} \right) \right) + \text{NO}_2 \right] + 1.29x[\text{T}] - 0.37x[\text{RH} + \cosh(\text{PM}_{10})] - 2.66x \left[\sin \left(\tanh(\text{RH} ^{8.7x\text{PM}_{10}} + \text{ws}) \right) + \text{RH} \right]$	15.86
10	$y = 41.65 + 1.20x[\cos(\log(\sin(\text{NO})))] + 1.43x[\text{NO}_2 + \text{WS}x\log(\text{NO}_2)] - 3.31x[\text{RH}] + 3.81x[\sin(\text{NO}_2)] + 11.99x[\text{PM}_{10}]$	15.91

Tabla I. Algunas de las mejores soluciones para PG

RESULTADOS

La PG se utilizó con el objetivo de la predicción de las medias diarias de PM_{10} en el día siguiente. Los resultados mostraron dos características importantes de esta metodología: la selección de las aportaciones correspondientes y la construcción del modelo predictivo. Las variables consideradas importantes para la predicción de las concentraciones de PM_{10} fueron las concentraciones de NO_2 , HR y las concentraciones de PM_{10} . PG no logra mejorar los resultados obtenidos por los modelos lineales. A pesar de los resultados alcanzados.

REFERENCIAS

1. Bolker, B. *Ecological Models and Data in R*, Princeton University Press, Princeton.(2008)
2. Chen, J.S., Chang, C.L., Hou, J.L., Lin, Y.T. Dynamic proportion portfolio insurance using genetic programming with principal component analysis. *Expert Systems with Applications* 35, 273-278. (2008)
3. Corani, G. Air quality prediction in Milan: feed-forward neural networks, pruned neural networks and lazy learning. *Ecological Modelling* 185, 513-529. (2005)
4. EC Directive. Council Directive 2008/50/EC, on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Communities*, L151, 1-44. (2008)
5. Fuller, G.W., Carslaw, D.C., Lodge, H.W. An empirical approach for the prediction of daily mean PM_{10} concentrations. *Atmospheric Environment* 36, 1431-1441. (2002)
6. Goldberg, D.E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA. (1989)
7. Hinchliffe, M.P., Willis, M.J. Dynamic systems modelling using genetic programming. *Computers and Chemical Engineering* 27, 1841-1854.(2003)
8. Koza, J.R.. *Genetic Programming I—On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*, MIT Press. (1992)
9. Pereira, M.C., Alvim-Ferraz, M.C.M., Santos, R.C. Relevant aspects of air quality in Oporto, Portugal: PM_{10} and O_3 . *Environmental Monitoring and Assessment* 101, 203-221. (2005)
10. Perez, P., Reyes, J. Prediction of maximum of 24-h average of PM_{10} concentrations 30 h in advance in Santiago, Chile. *Atmospheric Environment* 36, 4555-4561. (2002)
11. Pires, J.C.M., Martins, F.G., Sousa, S.I.V., Alvim-Ferraz. Prediction of the daily mean PM_{10} concentrations using linear models. *American Journal of Environmental Sciences* 4, 445-453. (2008)
12. Pires, J.C.M., Sousa, S.I.V., Pereira, M.C., Alvim-Ferraz, M.C.M. Management of air quality monitoring using principal component and cluster analysis—Part I: SO_2 and PM_{10} . *Atmospheric Environment* 42, 1249-1260. (2008)
13. Sousa, S.I.V., Pires, J.C.M., Martins, F.G., Pereira, M.C. Potentialities of quantile regression to predict ozone concentrations. *Environmetrics* 20, 147–158. (2009)
14. Tang, K., Li, T. Combining PLS with GA-GP for QSAR. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 64, 55-64. (2002)
15. Woodward, A.M., Gilbert, R.J., Kell, D.B. Genetic programming as an analytical tool for non-linear dielectric spectroscopy. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 48, 389-396. (1999)

SIMULADOR BIOELECTRÓNICO DE VARIABLES CORPORALES PARA EL EXTERMINIO DEL MOSQUITO TRANSMISOR DEL DENGUE

*Porfirio Roberto Nájera Medina, *Angélica Gómez Cárdenas, *Adriana Leticia Montes Martínez,*María Esther Durán Figueroa, ** Viridiana Ramírez Fernández

*Profesor Investigador del IT Cuautla, Libramiento Cuautla-Oxaca s/n, Col. Juan Morales, Cuautla, Mor. Tel: 7353532208, email: cuidatucorreo@yahoo.com.mx

**Profesor Investigador del IT Chilpancingo, Av José Fco. Ruiz Massieu No. 5, Col Villa Moderna, Chilpancingo, Gro. Tel: 7471116105.

Resumen

En el presente trabajo, se presenta un sistema bioelectrónico que emula las variables corporales que determinan que un mosquito nos detecte y “pique”, con el objeto de atraerlo y exterminarlo para disminuir la incidencia del dengue, que es una enfermedad que puede ser mortal. Las variables corporales que se emulan son: emisión de bióxido de carbono, temperatura y olor característico. Esto se logra mediante la fermentación controlada de levadura, a una temperatura de 36.5 grados centígrados con levadura de pan, como olor característico, azúcar y agua. En general, el sistema está basado en un sistema de control basado en microcontrolador y un convertidor de CD/CD tipo flyback.

1.- Introducción

En la actualidad, la Fiebre por Dengue (FD) y sus manifestaciones graves (Fiebre Hemorrágica por Dengue), es la enfermedad causada por virus que tiene gran impacto en la salud pública mundial, ya que afecta a países con áreas tropicales y subtropicales como el nuestro, donde aproximadamente la tercera parte de la población está en riesgo de padecer la enfermedad. Este virus es transmitido por el mosquito *Aedes aegyptis* en el momento en que nos “pican” para alimentarse de sangre. Estos viven en zonas donde los seres humanos habitan por lo que el contacto con este mosquito es inevitable.

En México como en otras partes del mundo, la presencia del Dengue está condicionada a la existencia del vector, quien habita en áreas bien determinadas.

2.- Tipos de dengue

Existen cuatro serotipos del virus del dengue: 1,2,3 y 4. La primera vez que una persona es contagiada por cualquiera de estos cuatro virus, adquiere el *dengue clásico*. Nunca volverá a padecer dengue por el mismo virus, pero sigue expuesta a los demás serotipos. Si la persona vuelve a ser picada por un mosquito portador de uno de los tres virus restantes, puede sufrir el dengue hemorrágico.

a) Síntomas del dengue clásico

Fiebre alta repentina, dolor de músculos, articulaciones, huesos, cabeza y ojos, sabor herrumbroso. Algunos enfermos presentan:

- Salpullido en tronco, brazos y piernas
- Sangrado de encías
- Con frecuencia hay vómito y diarrea

Estos síntomas se empiezan a presentar entre los 5 y 8 días después de la picadura y pueden durar de 3 a 7 días. Algunas personas presentan síntomas tan leves que no saben que ya sufrieron dengue clásico, quedando expuestos al dengue hemorrágico.

b) Síntomas del dengue hemorrágico

- Fiebre repentina alta, que puede durar de 2 a 7 días
- Sangrado en diferentes partes del cuerpo del cuerpo
- Dificultad en la respiración
- Vómito
- Alteraciones de la presión
- Falta de apetito
- Palidez, sudoración y sueño.

La hembra del *Aedes Aegypti* se alimenta sobre todo de la sangre humana. Pica por lo general en la región de los tobillos, dentro de las mangas o en la nuca. Puede picar a cualquier hora del día, generalmente lo hace en la mañana o en horas de la tarde. La vida media de una hembra de mosquito, que es la que pica, varía de entre 50 y 60 días.

Para el dengue actualmente no existe una vacuna segura y efectiva, ni antivirales específicos. Tampoco hay modelos animales que permitan estudiar al dengue hemorrágico, porque en ellos sólo se presenta la infección inaparente.

Lo que queda, entonces, es tratar de impedir la transmisión viral mediante el control del vector (insecto); también es fundamental el diagnóstico temprano y el tratamiento oportuno.

Los mosquitos son atraídos principalmente por la cantidad de dióxido de carbono que emiten al respirar. Cada día, un ser humano produce y emite aproximadamente un kilogramo de CO₂ y cada vez que exhala, unas trece veces por minuto, emite más de cien miligramos. Además de otras sustancias corporales, el mosquito siente especial "atracción" por aquellas personas que emiten más CO₂. Estos insectos detectan una corriente con pulsaciones de CO₂, de la que deducen que detrás hay sangre fresca para chupar y alimentarse. El bióxido de carbono emitido al respirar es mayor en los adultos que en los niños y su cantidad varía en función de la dieta y el ejercicio físico que se siga.

Consientes de dicha situación y con el objetivo de atraerlos y exterminarlos, se implementó un sistema bioelectrónico que emula dichas variables corporales. Esta es una nueva manera y efectiva para combatir y controlar la reproducción de este insecto para evitar o disminuir el contagio de esta terrible enfermedad.

2.- Desarrollo

Para producir el CO₂ debemos hacer una mezcla de agua caliente, a 36.5 grados centígrados, con azúcar y levadura. Mezclándolos adecuadamente, se consigue una producción aceptable de CO₂ por varios días. A esto, le agregamos levadura de pan para emular el olor característico del ser humano. Por el momento, la mezcla se realiza manualmente y las cantidades de cada componente dependen de la cantidad y la duración que deseamos de emisión de bióxido de carbono. La cantidad y duración de referencia es que debe ser el suficiente para atraer a los mosquitos ante la presencia de los seres humanos.

La emisión de bióxido de carbono se muestra en la siguiente figura:



Fig. 1.- Emisión de CO₂.

La temperatura, esta controlada por una topología electrónica, basada en microcontrolador, la cual se muestra en la siguiente figura:

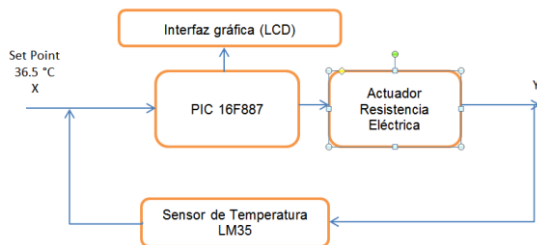


Fig. 2.- Circuito de control de temperatura.

El microcontrolador PIC 16F887, esta leyendo continuamente la temperatura que el sensor LM35 detecta. La compara con la temperatura deseada que corresponde con la temperatura corporal (36.5 grados centígrados) para encender o apagar la resistencia que esta calentando la mezcla que produce el bióxido de carbono. Con esto se tiene una temperatura controlada con una variación de 0.5 grados centígrados máximo.

Una vez que el mosquito es atraído, es exterminado mediante una descarga de alto voltaje. Esto se logra mediante un convertidor de CD/CD tipo flyback cuya topología se muestra en la siguiente figura:

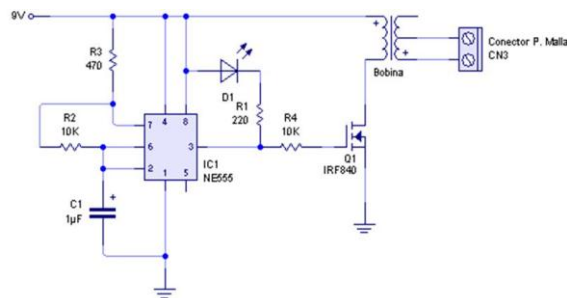


Fig. 2.- Convertidor tipo flyback.

Este convertidor esta constituido por un oscilador de señal cuadrada a una frecuencia de 300 Hz, la cual enciende y apaga un transistor de potencia que forma parte de la topología flyback. Esta topología, tiene la función de elevar el voltaje desde 12 a 10,000 volts, para crear un arco voltaico en el momento en que el mosquito atraviesa la malla electrificada (al ser atraído por el bióxido de carbono). La siguiente figura, muestra la constitución de la malla electrificada:



Fig. 3.- Malla electrificada.

3.- PRUEBAS

Para validar el funcionamiento correcto de este proyecto, se construyó un prototipo del simulador bioelectrónico, el cual se muestra en la siguiente figura:



Fig. 4.- Prototipo experimental del simulador bioelectrónico.

El sistema se colocó en una habitación cuyo funcionamiento fue únicamente por las noches. El exterminio de mosquitos durante una semana, se muestra en la siguiente tabla:

Día	1	2	3	4	5	6	7
Cantidad	4	3	5	4	6	3	2

Tabla 1.- Mosquitos exterminados durante una semana.

Aunque la cantidad de mosquitos no es tan grande, se demuestra que el sistema funciona satisfactoriamente porque es capaz de atraer a los mosquitos y exterminarlos. Con uno solo mosquito muerto, el objetivo de este proyecto se justifica plenamente porque pudiera habernos transmitido el virus y por ende contagiarnos de esta terrible enfermedad.

4.- CONCLUSIONES

Previo a la obtención del prototipo final, también se hicieron pruebas de funcionamiento de los circuitos electrónicos: etapa de control, de potencia y fuente de alimentación. Todas ellas funcionaron adecuadamente de acuerdo a lo previsto en el diseño.

Lo importante es el resultado final, el cumplimiento del objetivo, que es el exterminio de los mosquitos hembra para evitar el contagio del virus e interrumpir la cadena de reproducción, sin utilizar sustancias químicas agresivas al ser humano y que incrementan la resistencia de los mosquitos.

Sin duda alguna, esta es una nueva manera de controlar la transmisión y reproducción del mosquito transmisor del dengue. Un método que no afecta a los seres humanos ni daña al medio ambiente.

Otro aspecto importante es que estamos cumpliendo nuestra misión como instituciones de educación superior tecnológica, que es el desarrollar tecnología propia en beneficio de nuestro país.

5.- REFERENCIAS

- 1.- Muhammad Rashid, *"Electrónica de potencia"*.
- 2.. Angulo, José María, *"Microcontroladores Pic"*

SISTEMA DE RUPTURA PARA ADHESIVOS BACTERIANOS

Ricardo Salazar Uitz^b, Victor Manuel Moo Yam^a, José Rubén Lagunas Jiménez^b,
Eduardo Pérez Cruz^c

^aCentro de Investigaciones de Corrosión, ^bFacultad de Ingeniería de la U.A.C.,

^cInstituto Tecnológico de Lerma

risage_31@hotmail.com, mookak69@hotmail.com, lagunas26@yahoo.com,
eduperea69@gmail.com.

RESUMEN

En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema mecatrónico para la evaluación de los adhesivos elaborados con polímeros bacterianos que tienen un punto de ruptura bajo. El sistema se divide en dos secciones: una parte mecánica de la aplicación de la fuerza necesaria para la fractura y un sistema de medición con hardware (acondicionamiento de señal y adquisición de datos) y software (instrumento virtual programado), este sistema está diseñado para obtener el registro y captura de la variables del proceso de evaluación del adhesivo hasta el punto de ruptura.

La parte mecánica está diseñada para aplicar una fuerza continua, el sistema de medición se basa en el uso de una célula de carga como el elemento de detección de la fuerza aplicada sobre las muestras con adhesivos, un módulo de acondicionamiento de señales DBK43A, un módulo de adquisición de datos DAQBOOK 200 y un software de DASYPALAB.

El instrumento virtual se puede ajustar el intervalo de máxima fuerza medible dentro de un rango de 100 a 1000 Kg, lo que permite la evaluación del punto de ruptura en los adhesivos.

ABSTRACT

This article presents the development of a Mechatronic system for evaluation of the adhesives developed with bacterial polymers that have a lower breaking point. The system is divided into two sections: a mechanical part for applying the force required to fracture and a measurement system with hardware (signal conditioning and data acquisition) and software (Virtual instrument programmed), this system is designed to obtain the record and capture the variables of the evaluation process of the adhesive to the point of rupture.

The mechanical part is designed for applying a continuous force, the measurement system is based on the use of a load cell as the sensing element of the force applied on the samples with adhesives, a module for signal conditioning DBK43A, a module for acquisition data DAQBOOK 200 and a DASYPALAB software.

The virtual instrument can to adjust the range of force maximum measurable within a range from 100 to 1000 Kg, allowing the evaluation the breakpoint on the adhesives.

INTRODUCCIÓN

Los pegamentos o adhesivos son materiales de uso frecuente en la vida cotidiana, actúan formando una unión al rellenar los huecos y fisuras diminutas que existen normalmente en cualquier superficie, distribuyen la tensión en el punto de unión, resisten a la humedad y a la corrosión y eliminan la necesidad de remaches, tornillos y soldaduras.

La mayoría de ellos son fabricados sintéticamente, es decir, hechos a partir de algún derivado del petróleo. Estos pegamentos sintéticos generalmente tienen un buen desempeño y una gama de aplicación más amplia que aquellos basados en productos naturales. Los pegamentos hechos de origen natural son empleados en donde no se requiere mucha fuerza adherente entre las partes a unir, pero si biocompatibilidad.

Los biopolímeros naturales consisten de cadenas de un número variado de monómero de diferente composición química, que pueden unirse a ciertas superficies producto de su cohesividad (fuerza de atracción entre partículas adyacentes dentro de un mismo cuerpo) e hidratación, que les permite su adhesión a las superficies o entre ellas mismas. Otra ventaja es que estos biopegamentos no son derivados del petróleo y por tanto no poseen componentes orgánicos volátiles, lo que los convierte en biomateriales benignos con el ambiente. Otro aspecto importante es Además que los organismos que generan las biopolímeros son cultivables y por lo tanto renovables.

Un adhesivo requiere de un proceso de caracterización donde la fuerza de unión adhesiva entre superficies de distintos materiales es un parámetro importante a evaluar, siendo necesario establecer su límite de fuerza de ruptura bajo diferentes condiciones de prueba. Los diferentes factores que influyen en la fuerza de adherencia pueden ser la cantidad de adherente utilizado, su composición, la temperatura de aplicación, la temperatura y tiempo de curado, entre otros.

NORMA ASTM PARA EVALUAR ADHESIVOS

La Sociedad Americana para prueba de materiales (ASTM) posee algunos métodos estandarizados para las pruebas físicas y mecánicas de estas pruebas de ruptura. Las tres fuerzas a las que deben de ser sometidas las probetas son: romper (*shear*), despegar (*peel*) y separación (*cleavage*).

Existen tres tipos de modos de fractura, el primero es debido a fuerzas de despegue y separación, el segundo es debido a la fuerza de rompimiento y la ultima se debe a la de rompimiento pero aplicada en torsión alrededor de un eje. Las tensiones en estos modos ocurren en las uniones simples.

Las fuerzas de ruptura pueden ser medidas bajo tensión o compresión, mientras las fuerzas de despegar y de separación miden fuerzas similares pero la de despegar se usa con sustratos deformables.

En general los adhesivos rígidos son fuertes en los rompimientos pero débiles en despegue, mientras que los adhesivos elásticos son resistentes al despegue y resbalosos en rompimiento.

Existe un Método de prueba estandarizado para fuerzas de tensión de adhesivos empleando especímenes en forma de barras (Standard Test Method for Tensile Strength of Adhesives by Means of Bar and Rod Specimens) D 2095-92. Este método de prueba determina la fuerza de tensión relativa empleando especímenes redondos bajo ciertas medidas de preparación, acondicionamiento y prueba. Es aplicable para pruebas de adhesivos con diferentes tipos de materiales con condiciones similares o no.

Los aspectos relevantes de la norma hacen referencia a los siguientes conceptos:

La Fuerza de tensión de un adhesivo- Entendiéndose el máximo nivel de esfuerzo de tensión que es capaz de sostener. El esfuerzo es calculado del valor máximo de carga soportado en la prueba de ruptura y del área usada en la probeta para la adhesión.

La Máquina de Pruebas- Como la máquina de prueba capaz de mantener un rango específico de carga y en donde el margen de error para dicha carga no debe de exceder del $\pm 1\%$. El mecanismo indicador de carga debe encontrarse libre de rezagos de inercia en intervalos específicos de carga.

La máquina debe de poseer lo siguiente: *Miembro Fijo* –que lleva consigo un espécimen de prueba. *Miembro Movable* –capaz de llevar consigo el segundo espécimen de prueba.

Accesorios Fijos - Estos se encuentran fijados entre los miembros fijos y móviles y a las probetas de prueba, de tal forma que se moverán tan pronto la carga sea aplicada al miembro móvil y este comience a desplazarse a lo largo de cierto eje.

Condiciones de la habitación o Secadores - Deben de encontrarse en una habitación capaz de mantener una humedad relativa de $50 \pm 2\%$ a $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ($73.4 \pm 1.8^\circ\text{F}$) o secadores los cuales contienen una gran solución de sales las cuales pueden proporcionar las mismas condiciones de humedad y temperatura.

Condiciones de la probeta de prueba – Probetas tipo barra o cilíndricas pueden ser usadas en este método. El diseño de las probetas y el procedimiento de preparación deben de estar acuerdo con la norma D 2094.

Numero de Probetas – Un mínimo de cinco probetas deben de ser usadas en cada prueba.

PROBETAS DE PRUEBA

Poseen una forma rectangular con un orificio de $5/16$ in para poder ser fijado a la parte móvil de la máquina y a la celda de carga. La siguiente figura muestra la probeta hecha de Nylamid el área blanca representa el lugar en donde se encontraran los adhesivos.

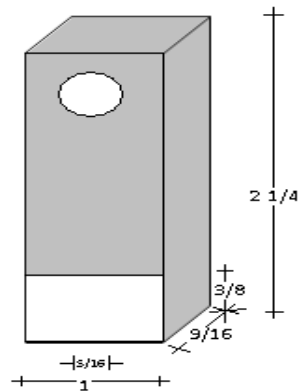


Figura 1. Probetas de Prueba

MECANISMO DE RUPTURA

Está basado en una máquina de pruebas destructivas capaz aplicar intervalos de fuerza pequeños hasta producir el punto de ruptura. Con esto se tensiona una probeta en intervalos de fuerza relativamente pequeños mediante el giro de un tornillo esparrago.

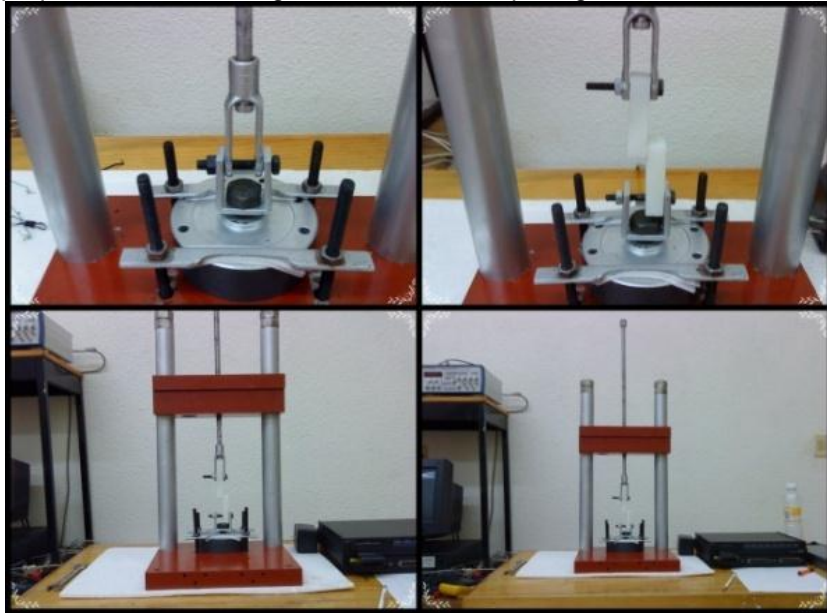


Figura 2. Mecanismo de ruptura

SISTEMA PARA LA CARACTERIZACION DE LA RUPTURA

Este sistema de medición consiste de un transductor de fuerza (celda de carga), un circuito de acondicionamiento de señales (CAS), un sistema de adquisición de datos (DAQBOOK/200) y una instrumentación virtual desarrollada como un programa (DASYLAB)

COMPONENTES DEL SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

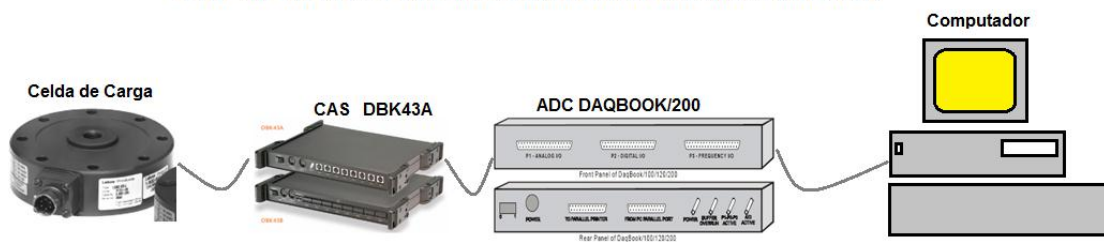


Figura 3.- Sistema para la caracterización de la ruptura para adhesivos bacterianos.

La celda de carga se asegura en la parte inferior de la máquina mecánica y en un extremo se sujeta la probeta de prueba y es capaz de medir un intervalo de fuerza de 0 a 1000 Kg, el cual es adecuado para el sistema de medida. Internamente cuenta con un puente de Wheatstone integrado por cuatro galgas extensiométricas de 500 Ω de resistencia, generando la información de fuerza en forma diferencial de salida.

Este transductor es conectado al CAS que tendrá como funciones: realizar una medida en diferencial para la señal de fuerza; poseer una alta ganancia; Suministrar la polarización no mayor a 5 volts estable y regulable; y contar con un circuito de corrección del desbalance de ramas de medida del puente de Wheatstone. El CAS DBK43A de IOTECH es el empleado configurándolo para éste propósito y para emplear un canal analógico de los 16 disponibles para conectarlo a la tarjeta de adquisición de datos DAQBOOK/200.

Para poder interpretar los resultados en parámetros de fuerza es necesario establecer la amplificación del CAS, su compensación ante la desviación, colocar a cero el punto de inicio de medida, entre otros parámetros. Para esto el fabricante proporciona un software denominado GAGECAL 7.1, cuyo funcionamiento requiere la interconexión del sensor, el DBK43A, DAQBOOK/200 y la PC.

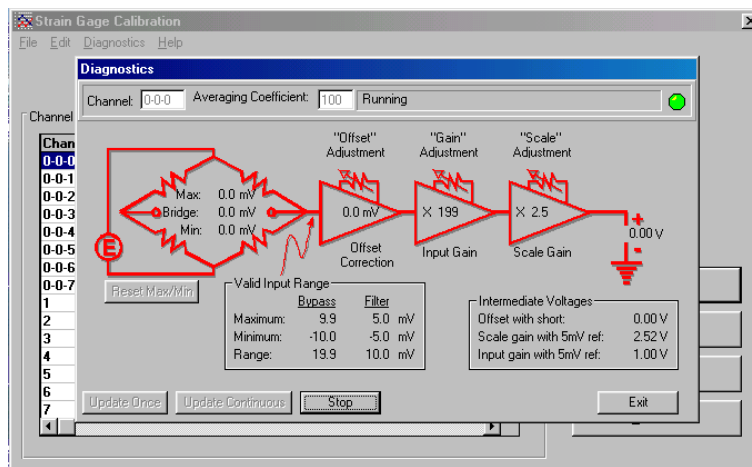
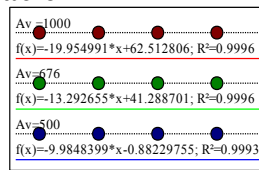


Figura 4.-Gráfica del Sistema de calibración

Calibración

Para poder determinar la ruptura de los pegamentos en magnitudes de fuerza es necesario determinar la resolución de respuesta del transductor utilizado. En este caso se determina mediante pruebas de carga y descarga con pesos conocidos. La curva de calibración nos ofrece la oportunidad de determinar la resolución del transductor necesaria para poder interpretar los datos de voltaje en datos de fuerza el programa final.

Curva de Calibración



Ganancia	Pendiente
500	9.98
676	13.29
1000	19.95

Figura 5.-Gráfica del ajuste en función de recta con los datos de la celda

Los datos de la tabla anterior, se ajustan mediante mínimos cuadrados para obtener una función de recta, donde los resultados obtenidos nos muestran una buena linealidad de respuesta. La pendiente de la recta nos proporciona la resolución en unidades de mV/Kg.

La sensibilidad de la probeta es un valor que no varía en absoluto, por lo cual ninguno de los valores anteriores hace referencia a las sensibilidades reales de la probeta. Estos valores son sensibilidades a ciertos niveles de ganancia que son ajustados según la fuerza máxima que se desee registrar. Por lo que es necesario interpretar dichos datos para obtener la sensibilidad real.

$$\text{Sensibilidad del Transductor} = \frac{\text{Resolución Obtenida}}{\text{Ganancia del CAS}}$$

Ganancia	Resolución	Sensibilidad Real
500	9.98 mV/Kg	19.96 uV/Kg
676	13.29 mV/Kg	19.57 uV/Kg
1000	19.95 mV/Kg	19.95 uV/Kg

Como se puede observar la sensibilidad real de la probeta es de aproximadamente 20 uV/Kg.

Conversión de datos de voltaje a datos de Fuerza

El sistema de acondicionamiento de señal modifica el voltaje de salida de la probeta, lo amplifica y acondiciona. La sensibilidad de la probeta puede ser amplificada a distintos valores según el intervalo de fuerza que deseemos registrar. La fuerza máxima que podemos medir debe ser equivalente al máximo voltaje que podemos introducir como variable analógica (5V).

$$\text{Fuerza} = \frac{V_o}{\text{Ganancia} * \text{Resolución del Transductor}}$$

$$F_{max} = 5 V * \text{Constante}$$

Factor de Amplificación	Constante (mV/Kg)	Intervalo de Fuerza (Kg)
500	10	0 – 500
676	13.52	0 – 369.8
1000	20	0 - 250

Instrumentación virtual

La programación en DASYLAB está basada en 5 grandes bloques: adquisición de datos, interpretación de medida, visualización de datos, almacenamiento y controles del programa.

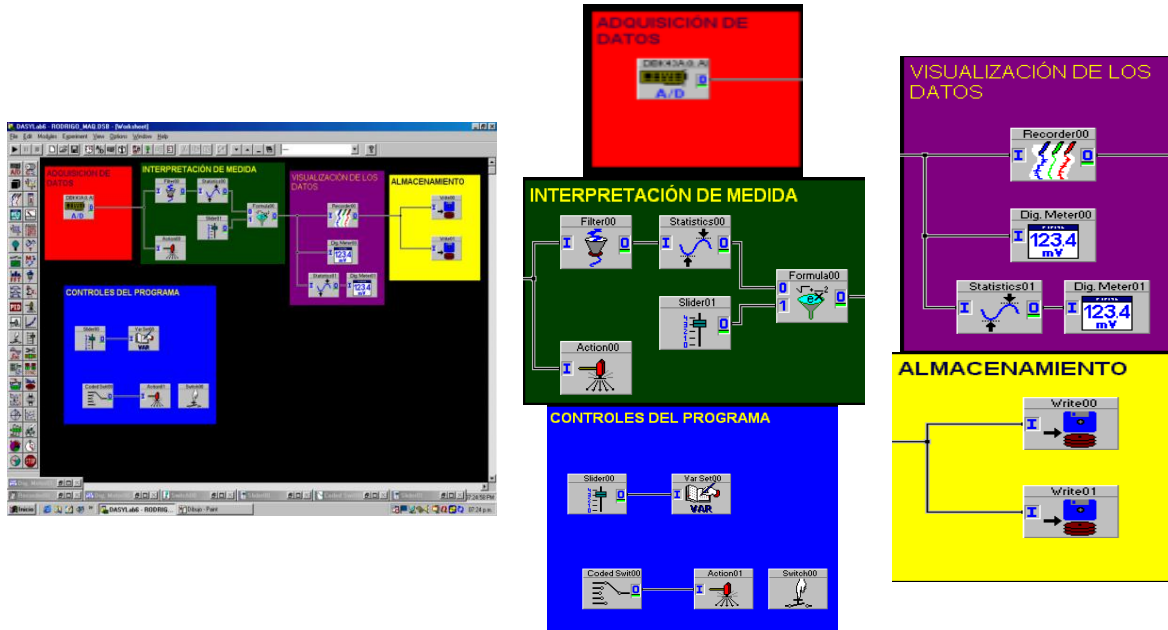
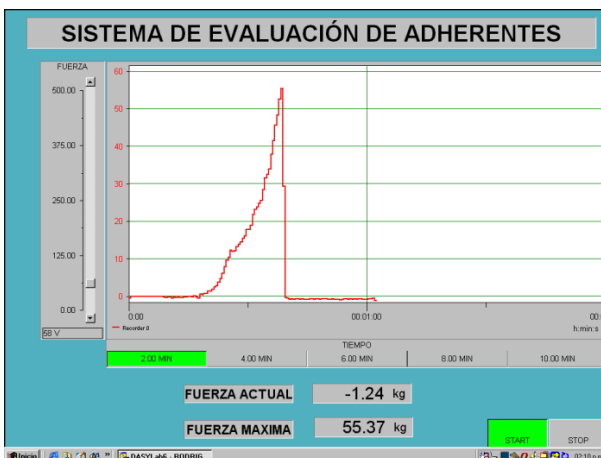


Figura 6.-Programación en DASYLAB

RESULTADOS

Los resultados experimentales son óptimos, pues se pudo encontrar el punto de ruptura de diversos pegamentos comerciales. Se realizaron 10 pruebas con cada pegamento con el fin de encontrar la reproducción del punto de ruptura de cada pegamento

RESISTOL® 850



Loctite Super Glue®

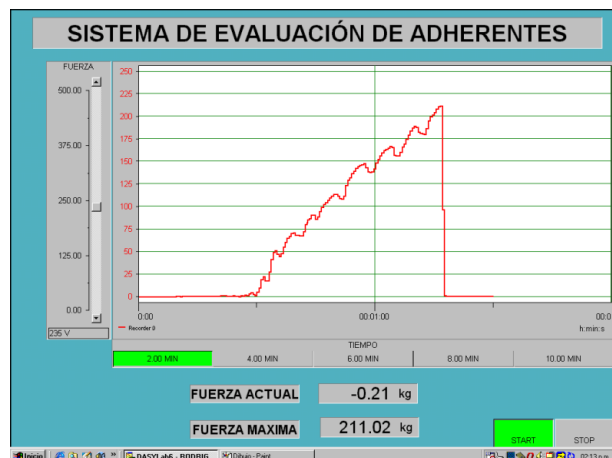


Figura 7.-Carátula del instrumento virtual para la evaluación de adherentes.

CONCLUSIONES

El desarrollo del sistema de ruptura para adhesivos bacterianos es una primera aproximación probada que permite el suministro de una fuerza constante para la ruptura de las probetas adheridas, bajo la norma ASTM. Pudiendo ser capaz de registrar en tiempo real el proceso de ruptura de los adherentes.

La estructura desarrollada para el sensor resulto muy adecuada para medir fuerzas unidireccionales de tensión o compresión con una buena linealidad de respuesta. Sin embargo su intervalo de fuerza de medida resulto ser demasiado pequeño de 0 a 30 Lb/in² en fuerza medido con un torquimetro. Esto debido al espesor utilizado del material y por lo tanto para mayor fuerza se necesita una mayor sección del material soporte de las galgas.

La resolución de los transductores es un parámetro importante para la interpretación de resultados, sin embargo en nuestro caso no se contaba con esta información de los sensores. Por lo tanto fue necesario establecer este parámetro mediante un proceso de carga y descarga con pesos conocidos. Estableciendo la resolución de la celda en 20 μ V/Kg. Con esta información fue posible desarrollar la interpretación de fuerza de los registros con el sistema de medida y calibrar el sistema. Y se establecieron diferentes intervalos de trabajo acorde a las necesidades de fuerza de las pruebas con adherentes.

El instrumento virtual diseñado registra, almacena, despliega y captura el punto máximo de ruptura del adherente bajo prueba. Los diferentes rangos de medida le proveen versatilidad en su uso.

La evaluación con diferentes adherentes comerciales nos permitió comprobar el buen funcionamiento del sistema y de la importancia de proceso de preparación de las probetas y el tiempo de curado. Además de que se pudo comprobar que el sistema cumple con las expectativas requeridas en la evaluación de la ruptura de adhesivos para biopolímeros

REFERENCIAS

1. Haag a. P. Mechanical Properties of Bacterial Exopolymeric Adhesive and Their Commercial Development. IN: Biological Adhesives. EDs. Smith, A.m. and Callow, J.A. Springer Berlin Heidelberg
2. Chi Zhenming and Fang Exopolysaccharides from Marine Bacteria.
3. J.A. Rietdijk "Ten propositions on mechatronics", en Mechatronics in Products and Manufacturing Conference, Lancaster, Inglaterra, 1989.
4. Comerford, Sr. R. (Ed.), Mecha. . .what? Spectrum IEEE, 31(8): 46, 1994.
5. Mahalik, N.P. Mechatronics - Principles, Concepts and Applications, Tata McGraw Hill, 2003.
6. Abdullah Al-Mamun et. al. Hard Disk Drive, Mechatronics and Control. Edit. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007.
7. Harashima, F., Tomizuka, M., and Fukuda, T., Mechatronics—what is it, why and how? An editorial, IEEE/ASME Trans Mechatronics, 1: 1, 1996.
8. Robert H. Bishop. Mechatronic systems, sensors, and actuators, Fundamentals and Modeling. Edit. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007

SISTEMA INALÁMBRICO PARA EL MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES DE BAJO COSTO

Sistema Inalámbrico para el Monitoreo de Variables Ambientales de Bajo Costo

Carlos Jair Sánchez Rivera¹, Francisco López Huerta¹, Juan Castillo Mixcóatl²

¹ Facultad de Ciencias de la Electrónica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio y 18 Sur Colonia. San Manuel, Ciudad Universitaria, 72570, Puebla, Puebla. México.

² Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio y 18 Sur Colonia San Manuel, Ciudad Universitaria, 72570, Puebla, Puebla. México. Tel. (222) 2295500 ext 2158. luuerta@ece.buap.mx

RESUMEN

En los últimos años, existe una creciente necesidad de monitorear, todas las variables presentes en nuestro medio ambiente, las cuales pueden ser constantes o periódicas. Las más comunes son: temperatura, presión atmosférica, lluvia acida, humedad, entre otros. El monitoreo a distancia de estas variables, es un área de crecimiento importante que está enfocado principalmente a facilitar el acceso a la información en ambientes peligrosos o de difícil acceso. El desarrollo de Internet ha permitido la proliferación de iniciativas públicas y privadas, el despliegue y mejora de acceso a servicios de comunicaciones. Por esa razón es importante contar con sistema de sensado remoto de bajo costo. El sistema propuesto consiste en: sensores, módulos de radio frecuencia (RF), etapa de digitalización, etapa de recepción de datos y por último la interfaz gráfica de usuario, la información proveniente de los sensores será almacenada en una computadora portátil. El sistema implementado cuenta con sensores de gas, temperatura, humedad, luz, sonido, presión atmosférica, módulos de RF, los cuales son alimentados por energía solar. Todos los dispositivos utilizados para la implementación del sistema inalámbrico de monitoreo de variables ambientales presentan una gestión eficiente de la energía, que les permite obtener una alta tasa de autonomía que los hace plenamente operativos.

Palabras Clave: RF, Temperatura, Humedad, Sensores.

ABSTRACT

In recent years, there is a growing need to monitor all the variables present in our environment, which can be intermittent or constant. The most common are: temperature, atmospheric pressure, acid rain, humidity, and others. The remote monitoring of these variables is a major growth area that is mainly focused on facilitating access to information in hazardous or difficult to access. The development of the Internet has allowed the proliferation of public and private initiatives, deployment and improving access to communications services. For that reason it is important to have remote sensing system at low cost. The proposed system consists of sensors, modules, radio frequency (RF) scanning stage, a stage data reception and finally the graphical user interface, information from the sensors will be stored on a laptop. The implemented system has gas sensors, temperature, humidity, light, sound, air pressure, RF modules, which are powered by solar energy. All devices used to implement the wireless monitoring system of environmental variables have an efficient management of energy, allowing them to obtain a high level of autonomy that makes them fully operational.

Key Words: RF, Temperature, Humidity, Sensors.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace algunas décadas el empleo de redes de sensores se ha vuelto una tarea cotidiana, en todos los campos del conocimiento [1]. Las redes de sensores están formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación inalámbrica los cuales permiten formar redes *ad hoc* sin infraestructura física preestablecida ni administración central. El uso de estas es un concepto relativamente nuevo en adquisición y tratamiento de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica (conjunto de sistemas

capaces de automatizar una vivienda), entornos militares, detección ambiental. Esta clase de redes se caracterizan por su facilidad de despliegue y por ser autoconfigurables, pudiendo convertirse en todo momento en emisor, receptor. Otra de sus características es su gestión eficiente de la energía, que les permite obtener una alta tasa de autonomía que las hacen plenamente operativas.

Así por ejemplo, el control ambiental de vastas áreas de bosques o de océanos, sería imposible sin las redes de sensores ver Figura 1. Por otra parte también son útiles en el control de múltiples variables, como temperatura, humedad, fuego, actividad sísmica así como otras [2]. También ayudan a expertos a diagnosticar o prevenir un problema o urgencia y además minimiza el impacto ambiental de la presencia humana.



Figura 1. Monitoreo del medio ambiente en bosques y océanos.

Para el control de la red usualmente se utilizan sistemas embebidos, asistente personal digital (PDA), telemetría, entre otros. En particular el uso de la telemetría es ampliamente usada ya que es una tecnología que permite la medición de diferentes variables físicas, las cuales se envían posteriormente para la obtención de la información. El envío de la información se puede realizar mediante diferentes sistemas: comunicación inalámbrica, red, telefonía (ver Figura 2), fibra óptica, etc., en particular el uso de la telemetría con la red de sensores pueden formar sensores inteligentes que sean capaces de adaptarse al medio ambiente que los rodea [3-4].

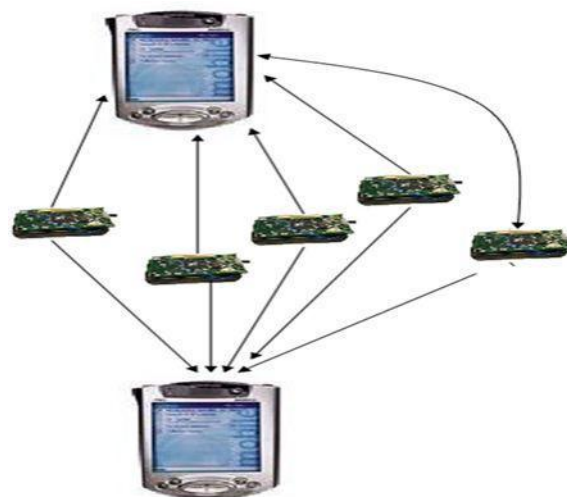


Figura 2. Comunicación Celular.

Una de las aplicaciones que en las últimas décadas tiene un desarrollo constante es el monitoreo de la calidad del medio ambiente, lo cual llevar a tener un control continuo de los parámetros como; temperatura, humedad, intensidad de luz, gases, lluvia acida, contaminación del suelo, respuesta sísmica [5-7] Figura 3. El uso de las comunicaciones en este sentido busca brindar un aviso oportuno y de fácil accesibilidad a las personas. Podemos decir que las comunicaciones, son un recurso tecnológico que posibilita la optimización de los servicios de atención en prevención de contingencias, ahorrando tiempo y dinero y facilitando el acceso a zonas distantes u hostiles para el ser humano.

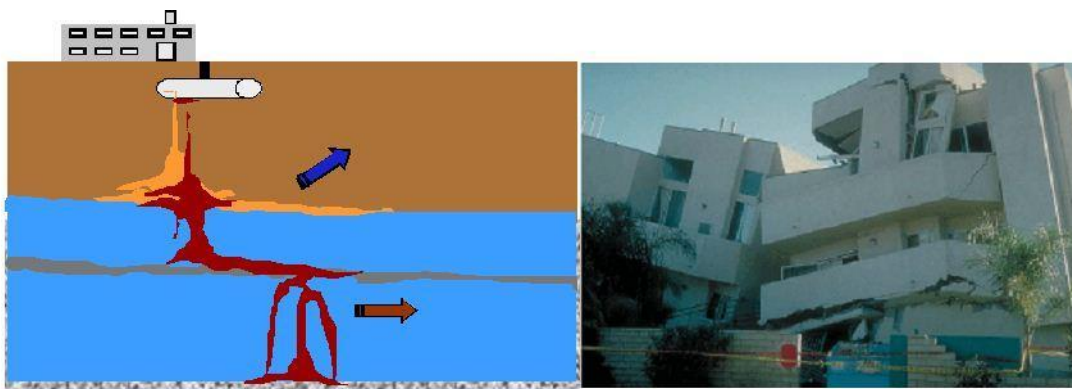


Figura 3. Contaminación de suelos (izq.), respuesta sísmica (der).

Por esta razón en este trabajo se plantea el diseño y la integración de un sistema de sensado remoto con dispositivos de baja potencia. Así como la aplicación de nuevas tecnologías en eventos que aún no han podido ser controladas por el hombre como son las variables ambientales. Este trabajo está conformado de la siguiente forma. En la sección 2, se presenta el marco teórico de los sensores utilizados para la implementación del sistema de monitoreo remoto para variables ambientales. En la sección 3 se presenta la implementación del sistema completo y las especificaciones eléctricas para el acondicionamiento de las señales. En la sección 4 se presentan los resultados obtenidos del funcionamiento eléctrico del dispositivo implementado en este trabajo. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y se plantea el trabajo futuro.

2. SISTEMA DE MONITOREO REMOTO

El sistema inalámbrico para el monitoreo de variables ambientales de bajo costo. Para cumplir con estos requisitos, solo serán utilizados sensores que se adapten con estas especificaciones como por ejemplo: sensores de temperatura, humedad, luz ambiente, presencia de algunos gases (monóxido de carbono), presión. Además se implementaron sensores ultrasónicos y sensores de distancia. Una vez elegidos tanto las variables como los tipos de sensores que se deberán ocupar, debemos seleccionar la forma de transmitir los datos, en la Tabla I se presenta un resumen de todos los dispositivos usados para la implementación del sistema inalámbrico para el monitoreo de variables ambientales.

Tabla I. Sensores seleccionados para el sistema inalámbrico de monitoreo de variables ambientales.

Variable a medir	Dispositivo	Descripción
Temperatura y humedad	Sensirion SHT11	Sensor de salida digital, a bajo voltaje, mide temperatura y humedad, necesaria implementación de programación
Luz ambiente	TEMT6000X01	Sensor de salida analógica, bajo consumo de voltaje, mide relación de luz con voltaje, implementación de ADC.

Gas monóxido de carbono	TGS 2442	Salida analógica, voltaje en relación con cantidad de gas, necesario calibración, implementación de ADC.
Presencia	Parallax PING sensor	Salida digital, simple programación, 3 pines de control, bajo consumo de potencia

2.1. Selección del protocolo de comunicación

Para la selección de un protocolo de comunicación se tomaron en cuenta las especificaciones de diseño en específico el bajo consumo de potencia, así como factores de transmisión, como son velocidad de transmisión, la pérdida en la transmisión, entre otros factores. En la Tabla II se muestran los diferentes protocolos de comunicación existentes en el mercado y algunas de las características más importantes [8-10].

Tabla II. Comparativa entre tecnologías inalámbricas

	ZIBBEE	GSM/GPRS CDMA	802.11	BLUETOOTH
APLICACIONES	MONITOREO Y CONTROL	VOZ Y DATOS	ALTA VELOCIDAD DE INTERNET	CONECTIVIDAD DE DISPOSITIVOS
BATERIA	AÑOS	1 SEMANA	1 SEMANA	SEMANAS
VELOCIDAD DE TRANSMISION	250KBPS	ARRIBA DE 128K	11Mbps	720kbps
RANGO DE TRANSMISION	100m	km	50-100 m	10-100m
VENTAJAS	BAJO POTENCIA Y BAJO COSTO	EXISTE INFRAESTRUCTURA	VELOCIDAD, UBICACION	CONVENIENCIA

Para este trabajo se decidió por el protocolo de comunicación ZigBee, puesto que cumple con todas las características que son necesarias para la implementación de un sistema de bajo costo, se busca un sistema eficiente por lo tanto y que tenga la menor cantidad de pérdidas de datos.

2.2. Tarjeta MRF24j40MA

Para hacer la transmisión de las señales determinadas por los diversos sensores, se empleó la tarjeta de microchip MRF24j40MA, en la Tabla III se muestran las características eléctricas de esta tarjeta.

Tabla III. Especificaciones electricas de la tarjeta MRF24j40MA.2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4™ RF Transceiver Module
Voltaje – 2.4 a 3.6 volts
Consumo de corriente - Transmisión - 23mA - Recepción -19mA - Modo de reposo- 2uA
Rango de frecuencias – 2.4GHz
Reloj- 20MHz
Pines- 12

ZigBee es un conjunto de especificaciones basadas en el estándar IEEE 802.15.4-2003 que define una serie de protocolos de comunicación a una velocidad de transmisión baja para redes inalámbricas personales de corto alcance (WPANs, *wireless personal area networks*).ZigBee

opera a 868MHz (Europa), 915MHz (América) y 2.4GHz (Mundo). La velocidad de transmisión máxima es de 250 K bits por segundo. ZigBee Alliance hizo suya la norma IEEE 802.15.4, que define el protocolo de las capas OSI (*Open Systems Inteconnect*, describe la definición de las capas en un sistema de red) superiores y desarrolla perfiles de aplicación que pueden compartirse entre los diferentes fabricantes. Las dos primeras capas, la física y la de acceso al medio, son definidas por el estándar 802.15.4 y las capas superiores por la Alianza ZigBee.

En ZigBee puede hablarse de tres tipos de dispositivos:

- Zigbee Router (ZR) _ Participa en el encaminamiento
- ZigBee End Device (ZED) _ No participa en el encaminamiento, no asocia otros dispositivos a la red
- ZigBee Coordinador (ZC) _ Responsable de generar inicialmente la red, también participa en el encaminamiento

2.3. Sensores

El sensor SHT11 de humedad digital y sensor de temperatura es la versión integral de la serie de reflujo soldable sensor de humedad que combina la precisión y exactitud a un bajo costo. Para que este sensor funcione correctamente es necesario realizar un script para esto se utilizó el microcontrolador PIC16F877 de microchip, además de tomar en cuenta el siguiente circuito de conexión que se muestra en la Figura 4.

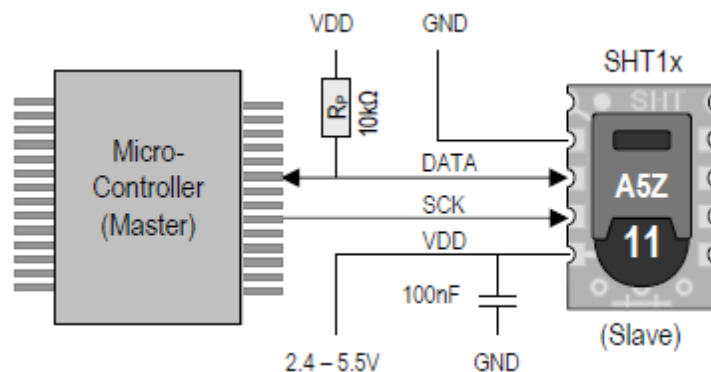


Fig. 4 Circuito de inicialización del sensor de temperatura

Sensor de luz ambiental TEMENT600X01 es un silicon NPN fototransistor epitaxial planar en miniatura transparente 1206 paquete para montaje en superficie. Es sensible a las visibles la luz al igual que el ojo humano y tiene una sensibilidad máxima a 570 nm (Figura 5).

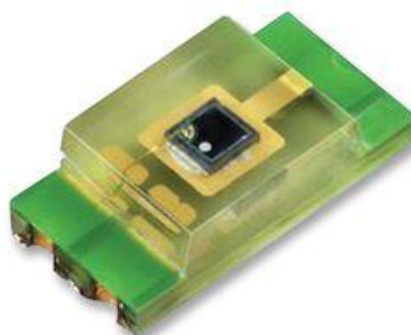


Figura 5. Sensor de luz ambiente.

La implementación de este sensor, se realizó utilizándolo como un transistor, los cambios en la cantidad de luz que incide dentro del sensor, hace un cambio en el voltaje de la salida. Teniendo en cuenta que nuestro sistema en su mayoría es digital, fue necesaria la implementación de convertidor analógico digital para poder procesar las señales de una forma más eficiente. Este convertidor se implementa en el PIC16F877A.

Sensor de gas TGS 2442, Figura 6 utiliza estructura de sensor multicapa. Una capa de vidrio para aislamiento térmico se imprime entre un óxido de rutenio (RuO_2) calentador y un sustrato de alúmina. Un par de electrodos de Au para el calentador se forman sobre un aislante térmico. La capa de detección de gases, que se forma dióxido de estaño (SnO_2), se imprime sobre una capa de aislamiento eléctrico que cubre el calentador. Un par de electrodos Au para medir la resistencia del sensor se forman sobre el aislante eléctrico. El carbón activado se llena entre la cubierta interior y la cubierta exterior para el propósito de reducir la influencia de los gases de ruido. TGS 2442 muestra una buena selectividad al monóxido de carbono, lo que es ideal para los monitores de CO. En la presencia de CO, la conductividad del sensor aumenta en función de la concentración de gas en el aire. Un simple circuito de impulsos eléctricos que operan con un ciclo de una segunda tensión de circuito puede convertir el cambio en la conductividad a una señal de salida que corresponde a la concentración de gas.



Figura 6. Sensor de Gas TGS 2442

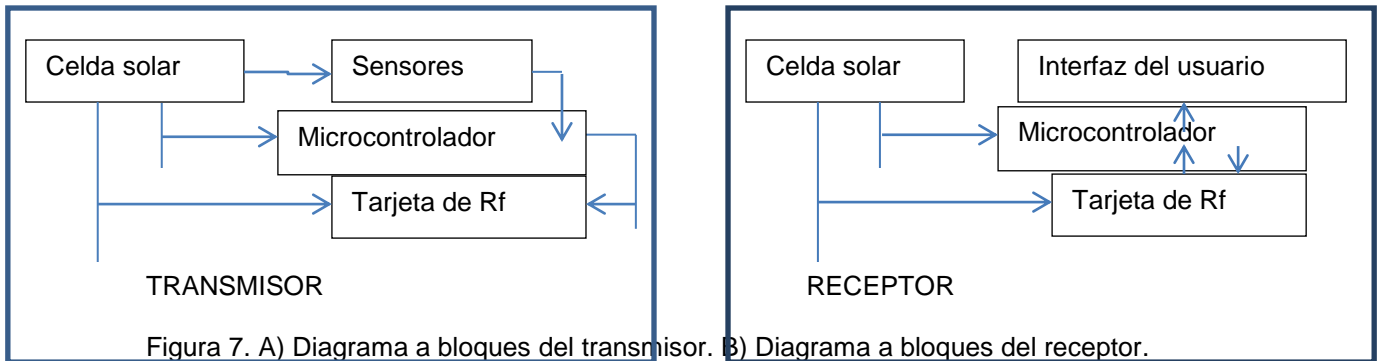
Para este sensor es necesaria la implementación de distintas cosas, en primer lugar la salida es analógica, por lo tanto es necesaria una conversión analógica digital, posteriormente se debe de realizar una secuencia para cada entrada la de calentamiento y el circuito de detección.

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO REMOTO

El monitoreo a distancia es un área de crecimiento importante que está enfocado principalmente a facilitar el acceso a la información en ambientes peligrosos o de difícil acceso. El desarrollo de Internet ha permitido la proliferación de iniciativas públicas y privadas, el despliegue y mejora de acceso a servicios de comunicaciones (ADSL, VADSL, radio celular, cable). Por esa razón es importante contar con sistema de sensado remoto ya que se tendría conocimiento de las condiciones ambientales de nuestro entorno, se propone el uso de las herramientas de comunicación como Internet, radiofrecuencia, telefonía fija o móvil para el monitoreo a distancia. Entonces los requerimientos básicos para la elaboración de sistemas de transmisión de señales ambientales a distancia son: sensores de gas, temperatura, humedad, luz y sonido, módulos de RF, computadora, base de datos

El módulo (RF) tendrá las siguientes partes: etapa de digitalización de las variables ambientales, etapa de transmisión RF, etapa de recepción y etapa de visualización. Para los sensores de humedad, temperatura, luz ambiente, sensores de gas entre otros. Para la etapa de digitalización se utilizarán microcontroladores que cuenten con convertidores analógico digital (ADC) de 10 bits de resolución lo cual es recomendado para este tipo de señales. Para el

protocolo de comunicación se utilizará el Zigbee el cual puede alcanzar hasta 250 metros de distancia [9-10], donde la señal digitalizada se pasara a formato serial, para que el módulo de RF realice la modulación y la transmisión por radiofrecuencia. Luego de ser demodulada la señal en la etapa de recepción, ésta es llevada a una computadora a través del puerto RS232 (protocolo serial), donde la señal será tratada por software en la computadora para generar la interfaz gráfica de usuario GUI (ver diagrama a bloques). En la Figura 7 se muestra el diagrama a bloques del transmisor y receptor respectivamente.



4. RESULTADOS

Las pruebas se realizaron dentro de las instalaciones de la facultad de ciencias de la electrónica de la BUAP. En la Figura 8 se muestra el prototipo implementado para el monitoreo de variables ambientales remoto, el cual está formado por dos transmisores y un receptor.

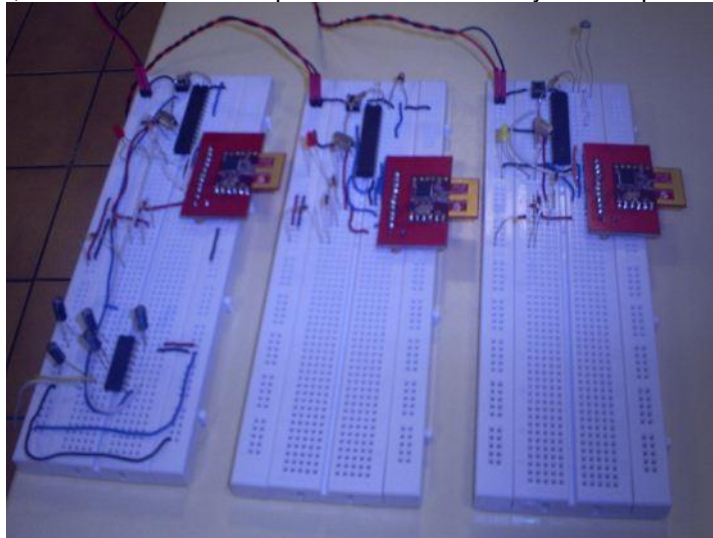


Figura 8. Sistema transmisor y receptor.

En la Figura 9, se muestra el circuito receptor y la conexión con la computadora a través de la interface RS232. En la Figura 10 se muestra un transmisor con un sensor de luz ambiental.

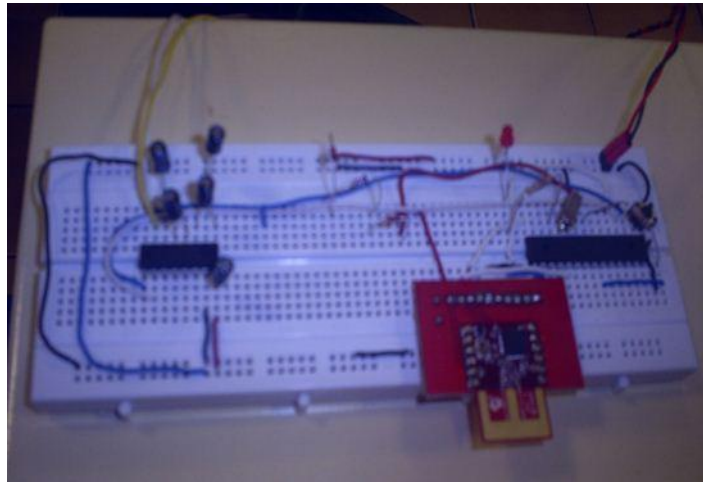


Figura 9. Sistema receptor e interface RS232.

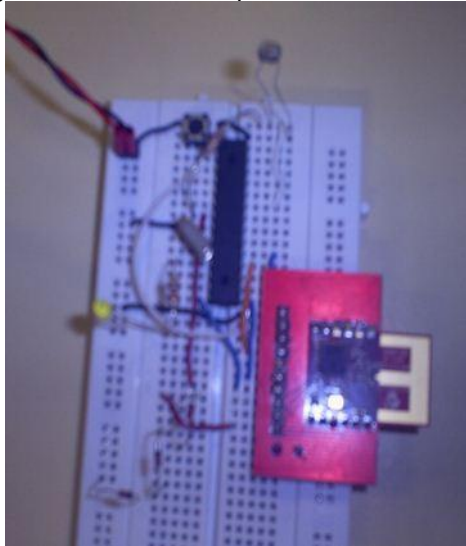


Figura 10. Sistema transmisor con sensor de luz ambiente.

En las Figuras 11 y 12 se muestran algunas muestras obtenidas de los sensores de temperatura, humedad, las cuales fueron almacenadas en una computadora y graficadas en una página web.

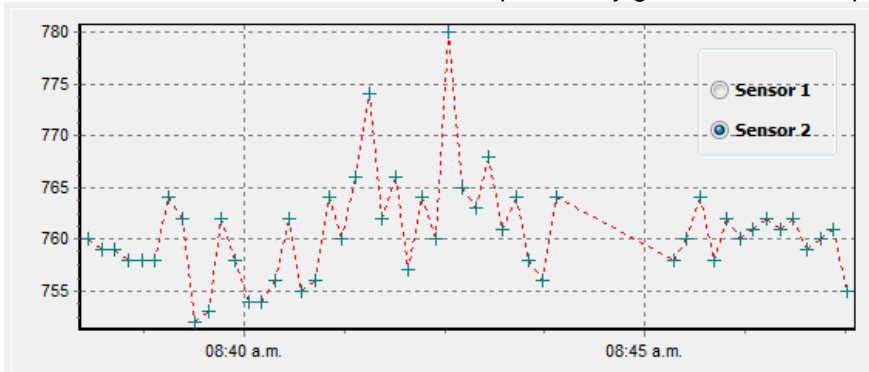


Figura 11. Adquisición de datos para el sensor de temperatura en una página web.

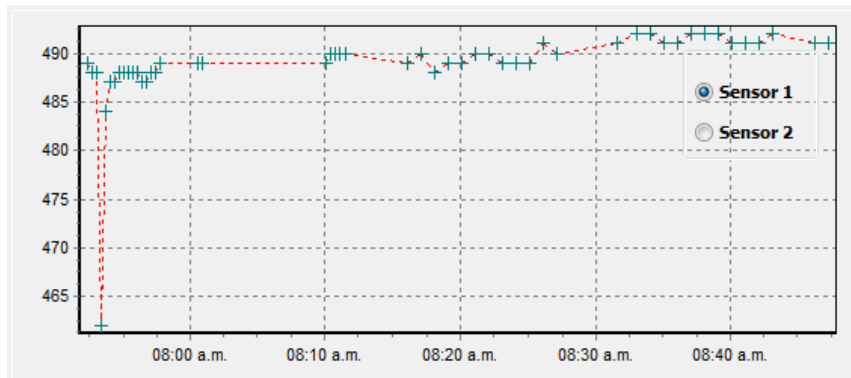


Figura 12. Adquisición de datos para el sensor de humedad en una página web.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se implementó un sistema inalámbrico para el monitoreo de variables ambientales de bajo costo, el cual cuenta con diferentes sensores como son temperatura, humedad, luz ambiente, sensor de gas, presión atmosférica y sensores de distancia. El sistema presenta una alta inmunidad al ruido ambiente y térmico, tanto los bloques de transmisión y recepción están alimentados por una fuente de voltaje de 5 V, el sistema consume una corriente total de 60 mA. Estas características pueden mejorarse con circuitos integrados de última generación. Este proyecto cumple con las características mencionadas además de ser de bajo costo y permitir de esta manera que sea accesible para las regiones o pacientes que menos posibilidades económicas tienen.

Como trabajo futuro se plantea el envío de las señales obtenidas a una base de datos y almacenadas en una computadora para realizar una estadística de cómo cambian las variables con el tiempo.

6. REFERENCIAS

- [1] F. López, G. Beltrán. Construcción de un sensor de fibra óptica para para la medición de pH mediante la técnica Sol-Gel. Tesis de Maestría 2005.
- [2] F. L. Lewis. "Wireless Sensor Network" Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications ed. D.J. Cook and S.K. Das, John Wiley, New York, 2004.
- [3] María A. Vásquez. "Monitoreo Automático Ambiental" Notas de curso.
- [4] Deborah Estrin. "Wireless Sensor Network from Rhetoric to Rigor" Speech June 2002.
- [5] J. A. García, J Castillo. Construcción de un robot para detección y localización de fugas. Tesis de Maestría 2007.
- [6] G. Beltrán, F. López, S. Muñoz, J. Castillo, R. Palomino, R. Lozada and O. Portillo. Fabrication and characterization of an optical fiber pH sensor using sol-gel deposited TiO₂ film doped with organic. Sensors and Actuators B. **120** (1), 174-78, 2006.
- [7] R. M. Woo, F. López, J. Estrada, B. Soto. Sensor Electroquímico de pH Integrado con Procesos CMOS Estándar. Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- [8] J. Paredes, J. Castillo. Sistema de transmisión de datos óptico coherente, empleando detectores photo-EMF. Tesis de Maestría 2007.
- [9] Adams, Jon; Bob Heile (2005-10). Busy as a ZigBee. [IEEE]. Compare with Other Technologies
- [10] Ahbaya Induruwa. Protocolos de comunicación. Trieste, Italia. 2009.

COMPUTACIÓN

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN FPGA STRATIX II (ALTERA) Y UN FPGA VIRTEX 4 (XILINX) PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RECEPTOR BÁSICO CAMERA LINK 1.0

Carlos Alberto Luján Ramírez, Ramon Atoche Enseñat, Margarita Alvarez Cervera, Elías Francisco
Barbudo Franco
Instituto Tecnológico de Mérida
eliasbarbudo@gmail.com¹, clujan@itmerida.mx²

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una comparativa en la implementación de un modulo básico de recepción de datos basado en el estándar Camera Link 1.0 implementado en un FPGA Stratix II de la tecnología Altera y un FPGA Virtex 4 de la tecnología Xilinx. Los receptores se implementan en dos formas una sin ningún tipo de atributo de localización pero haciendo uso de herramientas para la eliminación del retraso que existe en las señales de reloj, y una segunda forma utilizando los atributos de localización que nos aportan las herramientas del fabricante además del uso de las herramientas de eliminación del retraso en las señales de reloj.

ABSTRACT

In this work it get done a comparative in the implementation of a basic module for data reception based on the CameraLink 1.0 standard implemented in a FPGA Stratix II from Altera Corporation and a FPGA Virtex 4 from Xilinx Inc. These receivers are implemented in two different approaches, one without any location tools but with the use of deskew tools, and another different approach with the use of both location tools and the use of deskew tools.

1 INTRODUCCIÓN

La industria del procesamiento de imágenes ha llegado a colocarse como una de las más lucrativas y de mayores avances hoy en día. La mayoría de los productos que utilizamos o vemos en la actualidad han sido producidos a través de algún proceso que involucra un sistema de visión máquina.

Al momento de iniciar el diseño de un sistema de visión máquina una de las interrogantes que se nos presenta es la forma de interconectar la cámara con la unidad de procesamiento. En el mercado actual se tienen diversas opciones, desde las señales análogas del RS-170 hasta los estándares digitales como el RS-422 o el RS-644 pasando por estándares computacionales aplicados a visión máquina como son el Firewire (IEEE 1394), el USB (Del inglés Universal Serial Bus) y el Ethernet Gigabit (GigE)[9].

A raíz de la gran diversidad de protocolos y estándares que daba como resultado una enorme cantidad de conectores, cables, tarjetas de interfaz y demás aditamentos para integrar un sistema de visión máquina, la Automated Imaging Association o AIA (Asociación de fabricantes y expertos en visión artificial y procesamiento de imágenes) decidió establecer un protocolo que lograra unificar criterios en cuanto a la fabricación de cámaras y tarjetas de adquisición de imágenes. Este estándar es el Camera Link[12]. Basado en la tecnología Channel Link de la National Semiconductors[11], este protocolo permite transferencias de datos de hasta 650 megabytes por segundo a lo largo de cables de 10 metros o más, utilizando repetidores. A través del protocolo serial de señalización diferencial LVDS [10] (Del inglés Low Voltage Differential Signaling) los transmisores logran enviar información a frecuencias mayores de 400 MHz. El estándar Camera Link establece un modulo de control para la cámara basado en el estándar RS-232 pero utilizando señalización LVDS [12]. Además del modulo de control, el estándar Camera Link establece cuatro señales diferenciales extras para propósitos múltiples como son: disparo remoto o señales de reloj externas [12]. Mediante estas y otras ventajas, el interfaz Camera Link se ha logrado posicionar de buena forma en el mercado consumidor y muchas veces se convierte en la única opción para el diseño de sistemas de visión maquina donde se manejen grandes tasas de transferencia de información.

2 METODOLOGÍA

El desarrollo de la tecnología ha llevado a un aumento en la frecuencia principal de los sistemas. Este aumento de frecuencia nos lleva a emplear procedimientos de depuración. Un procedimiento

que ha tenido excelentes resultados dentro del campo de los FPGA´s es el emplazamiento manual y el uso de componentes reductores de retraso en las señales tales como PLL´s y DLL´s. Los fabricantes Xilinx y Altera nos proveen de recursos suficientes para el mejoramiento de nuestro sistema en los dos aspectos, tanto el emplazamiento como en la eliminación del retraso en las señales. El sistema será implementado en dos versiones para las dos fabricantes, una versión sin emplazamiento manual pero si con elementos de eliminación del retraso en las señales de reloj y otra versión con emplazamiento manual y con los elementos de eliminación del retraso en las señales de reloj. Las implementaciones están basadas para soportar la conexión con una cámara SI-1280 de la fabricante Silicon Imaging[1].

2.1 IMPLEMENTACIÓN XILINX

La implementación del sistema se realiza en un FPGA Virtex 4 LX60 FF668 -10, el cual está integrado en una placa base de evaluación Avnet[7].

Característica	
Celdas lógicas	59,904
SLICES	26,624
Máxima memoria RAM distribuida(KB)	416
Bloques de memoria RAM de 18kb	160
DCM	8
PCM	4
Total de bancos de E/S	13
Máximo número de E/S	640

Tabla I – Características principales del FPGA XC4VLX60

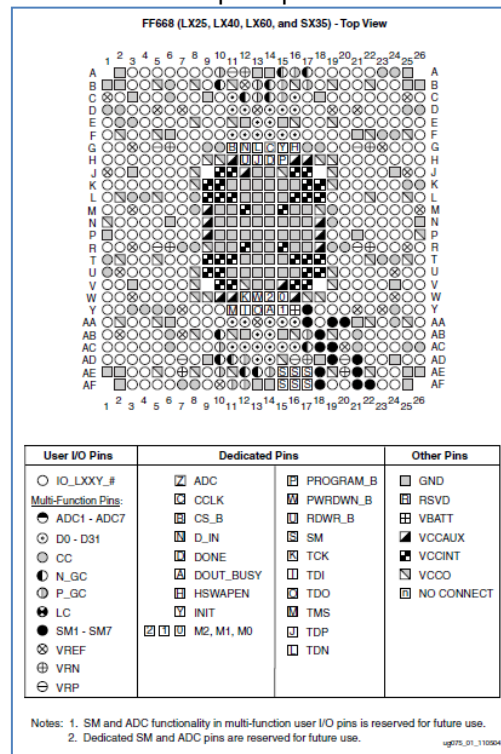


Figura 1 – diagrama de pines del FPGA XC4VLX60

2.1.1 IMPLEMENTACIÓN SIN EMPLAZAMIENTO MANUAL PERO CON ELEMENTOS DE ELIMINACIÓN DE RETRASO EN LAS SEÑALES DE RELOJ

Cuando se trabaja con sistemas donde las señales de reloj mantienen frecuencias altas y recorren distancias diferentes al momento de propagarse a través de los diferentes componentes se llega a tener un tipo de error llamado Skew. Este error es la diferencia de fase entre las señales de reloj que se propagan a través de un sistema, en el cual idealmente las señales de reloj deben de estar enfasadas[5].

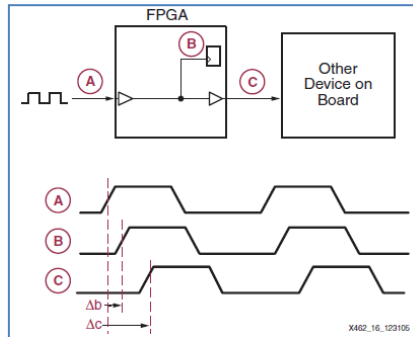


Figura 2 – Skew en un sistema síncrono

La fabricante Xilinx nos permite corregir este error mediante el uso de los atributos PHASE SHIFT y CLKOUT_PHASE_SHIFT del modulo DCM (Digital Clock Manager). El atributo CLKOUT_PHASE_SHIFT permite elegir, entre 5 opciones posibles, que tipo de desfase se aplicara en las salidas del DCM. El atributo PHASE_SHIFT nos describe la cantidad específica de desfase que se aplicara en las salidas, este atributo está conectado de forma directa con el atributo CLKOUT_PHASE_SHIFT debido a que dependiendo de la opción elegida en él se tiene un mínimo y un máximo en el atributo PHASE_SHIFT [2].

El sistema implementado consigue la recuperación de datos a una frecuencia máxima de 7.14 MHZ. Esta frecuencia es menor que la mínima frecuencia de trabajo de la cámara SI-1280, por lo cual se requiere una depuración del sistema para lograr una frecuencia dentro del rango de trabajo de la SI-1280[1].

Device Utilization Summary				
Logic Utilization	Used	Available	Utilization	Note(s)
Total Number Slice Registers	243	53,248	1%	
Number used as Flip Flops	228			
Number used as Latches	15			
Number of 4 input LUTs	504	53,248	1%	
Number of occupied Slices	363	26,624	1%	
Number of Slices containing only related logic	363	363	100%	
Number of Slices containing unrelated logic	0	363	0%	
Total Number of 4 input LUTs	561	53,248	1%	
Number used as logic	504			
Number used as a route-thru	57			
Number of bonded IOBs	110	448	24%	
IOB Flip Flops	1			
IOB Master Pads	2			
IOB Slave Pads	2			
Number of BUFG/BUFGCTRLs	15	32	46%	
Number used as BUFGs	15			
Number of FIFO16/RAMB16s	32	160	20%	
Number used as RAMB16s	32			
Number of DCM_ADVs	2	8	25%	
Number of RPM macros	1			
Average Fanout of Non-Clock Nets	5.20			

Figura 3 – Recursos utilizados para el sistema Xilinx sin emplazamiento y con herramientas de eliminación de skew

Podemos apreciar, a través de la figura 4, que el algoritmo de implementación de la herramienta de programación ISE Design Suite realiza una implementación aleatoria y sin ningún tipo de orden, por ese motivo es que la frecuencia máxima de recuperación es tan baja.

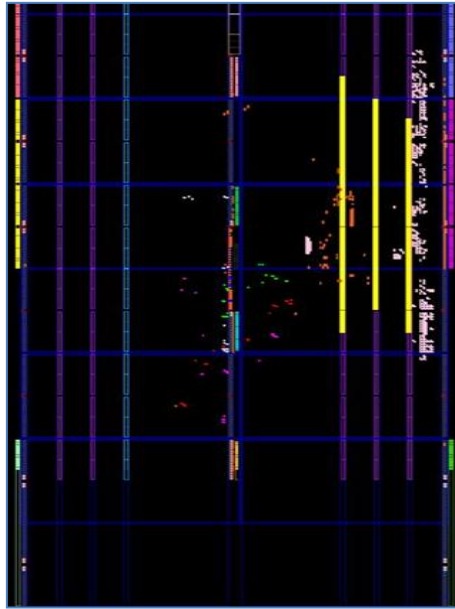


Figura 4 – Floorpanel para el sistema Xilinx sin emplazamiento y con herramientas de eliminación de skew

2.1.2 IMPLEMENTACIÓN CON EMPLAZAMIENTO MANUAL

Se refiere a emplazamiento manual al hecho de ubicar los componentes del sistema en un lugar específico dentro de nuestro FPGA. La fabricante Xilinx, a través de la herramienta de programación ISE Design Suite, provee de una aplicación llamada PlanAhead[6] que nos permite la realización de esta tarea de forma gráfica y sencilla. A través de esta herramienta podemos realizar la ubicación manual de cualquier elemento del sistema, además de poder integrar limitaciones de tiempo y algunas otras especificaciones más que nos ayuden en el mejoramiento global del sistema. Otra ayuda es la aplicación de atributos dentro de nuestro código o dentro de nuestro UCF. Atributos como RLOC, RLOC_ORIGIN o AREA_GROUP, entre otros, son esenciales en la aplicación de la técnica de emplazamiento manual. Este tipo de atributos puede también ser implementados de forma gráfica dentro de la aplicación PlanAhead[6].

2.1.2.1 ATRIBUTO RLOC

Realiza el agrupamiento de componentes lógicos en conjuntos. Mediante este atributo podemos establecer cualquier componente lógico en un cierto lugar con respecto a otros componentes. Por ejemplo al establecer un conjunto de 4 flip flops en un formato de columna, la herramienta de implementación mantendrá esta columna y moverá los flip flops como si fuera un solo elemento. Al establecer una relación específica de los componentes del modulo receptor se asegura la igualdad en las distancias entre componentes así como la posible manipulación de los mismos en beneficio del sistema[8].

2.1.2.2 ATRIBUTO RLOC_ORIGIN

Este atributo describe el origen físico de cualquier instancia. A través de este atributo es posible establecer un origen dentro de nuestro FPGA pero no un rango o límites de un componente. Por ejemplo se puede establecer que el componente “prueba” se establezca a partir del slice “X10Y10” por lo que nuestro componente se iniciara en esta localidad física pero podrá abarcar el resto del FPGA[8].

2.1.2.3 ATRIBUTO AREA_GROUP

Este atributo describe un rango físico donde alguna instancia será implementada. Por ejemplo, se tiene la instancia “prueba” y se describe un AREA_GROUP con límites en “X0Y0” y “X10Y10”, la herramienta de implementación buscara realizar el emplazamiento de la instancia “prueba” únicamente dentro de este rango. Con este atributo podemos especificar un área específica donde deseamos implementar cualquier componente. Este atributo puede ser implementado mediante la herramienta PlanAhead donde al realizar la implementación de los llamados PBlocks podemos crear el AREA_GROUP[8][6].

2.1.2.4 ATRIBUTO BEL

Atributo de emplazamiento avanzado. Mediante este atributo podemos establecer símbolos lógicos (ILOGIC'S,OLOGIC'S,IO'S, etc.) en un elemento básico específico (BEL = Basic Element). Difiere de atributo RLOC en que el atributo RLOC funciona en un nivel de componente y este en un nivel de elemento básico[8].

2.1.2.5 ATRIBUTO PROHIBIT

A través de este atributo deshabilitamos el uso de algún sitio específico dentro de nuestro FPGA[8].

2.1.2.6 IMPLEMENTACIÓN

A través de las diferentes opciones que se tiene para la depuración del sistema se logró implementar un diseño que cubra el rango de frecuencias de trabajo de la cámara SI-1280[1] (20 MHZ a 60 MHZ) y además que pudiera llegar a frecuencias mayores para un posible enlace con una cámara más avanzada. La frecuencia máxima lograda es de 85 MHZ. Cabe señalar que una depuración aún más exhaustiva del sistema podría elevar la frecuencia máxima de recuperación de datos.

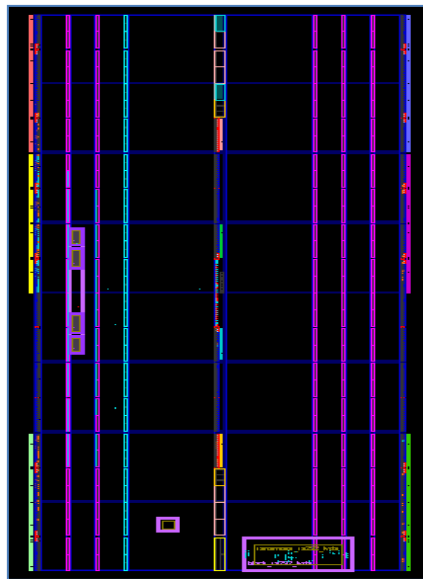


Figura 5 – Floorpanel del sistema Xilinx con emplazamiento manual y herramientas de deskew

Device Utilization Summary				
Logic Utilization	Used	Available	Utilization	Note(s)
Total Number Slice Registers	244	53,248	1%	
Number used as Flip Flops	229			
Number used as Latches	15			
Number of 4 input LUTs	505	53,248	1%	
Number of occupied Slices	365	26,624	1%	
Number of Slices containing only related logic	365	365	100%	
Number of Slices containing unrelated logic	0	365	0%	
Total Number of 4 input LUTs	562	53,248	1%	
Number used as logic	505			
Number used as a route-thru	57			
Number of bonded IOBs	130	448	29%	
IOB Flip Flops	2			
IOB Master Pads	2			
IOB Slave Pads	2			
Number of BUFG/BUFGCTRLs	16	32	50%	
Number used as BUFGs	16			
Number of FIFO16/RAMB16s	32	160	20%	
Number used as RAMB16s	32			
Number of DCM_ADVs	2	8	25%	
Number of RPM macros	5			
Average Fanout of Non-Clock Nets	5.16			

Figura 6 – Recursos utilizados para el sistema Xilinx con emplazamiento y herramientas de deskew

2.2 IMPLEMENTACIÓN ALTERA

El sistema se implementa en un FPGA Stratix II EPE2S60F484C3[3] el cual está dentro del rango de recursos del FPGA Virtex 4 LX60 de la implementación Xilinx[2]. De forma similar a la implementación Xilinx, esta implementación altera se realiza en dos etapas: una etapa con elementos de eliminación de skew pero sin emplazamiento manual y otra etapa con elementos de eliminación de skew y emplazamiento manual.

Característica	
ALM's	24,176
Adaptive look-up tables(ALUT's)	48,352
LE's equivalentes	60,440
Bloques de memoria RAM M512	329
Bloques de memoria RAM M4K	255
Bloques de memoria RAM M-RAM	2
Total de bits de memoria RAM	2'544,192
Enhanced PLL'S	4
Fast PLL'S	8
Máximo número de E/S	718

Tabla II – Características principales del FPGA EPE2S60F484C3

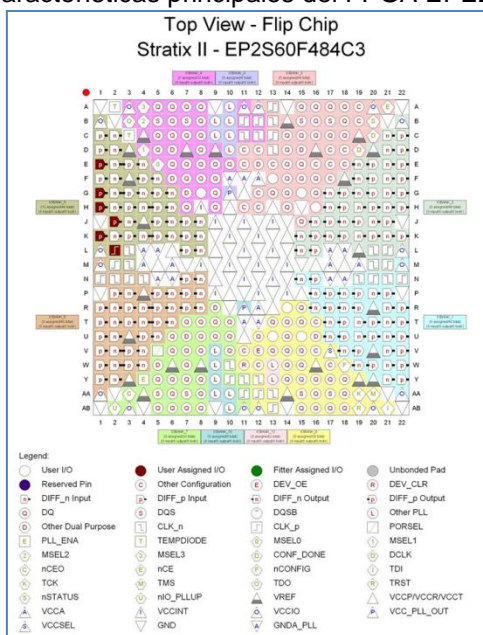


Figura 7 – Diagrama de pines del FPGA EPE2S60F484C3

2.2.1 IMPLEMENTACIÓN CON ELEMENTOS DE ELIMINACIÓN DE SKEW Y SIN EMPLAZAMIENTO MANUAL

La eliminación del skew en los sistemas implementados en FPGA's Altera es posible debido a una característica de los PLL's, la cual es el Phase Shift. A través de este atributo podemos describir la cantidad de desfase que queremos en nuestras salidas y con ello eliminar el skew existente en las líneas [3].

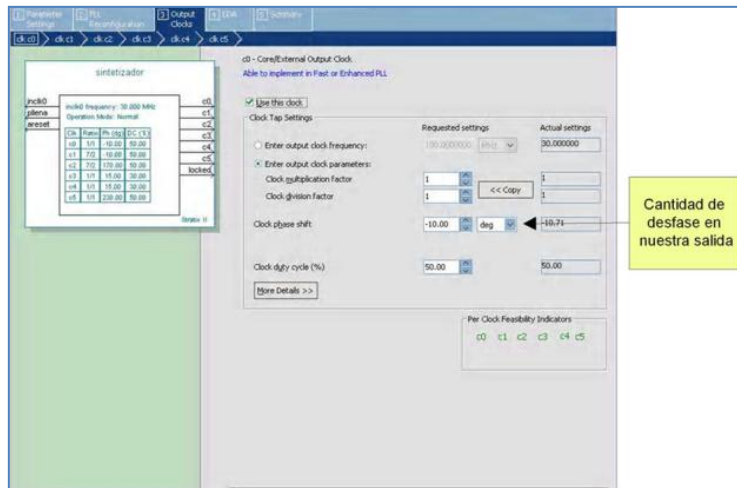


Figura 8 – Mega wizard plug-in manager ALTPLL

El sistema logró una frecuencia máxima de recuperación de datos de 30.86 MHz, el cual cae dentro del rango de trabajo de la cámara SI-1280[1], aunque no llega al máximo necesario de 60 MHz.

Flow Status	Successful - Sat Apr 21 14:53:08 2012
Quartus II Version	9.1 Build 222 10/21/2009 SJ Full Version
Revision Name	top
Top-level Entity Name	top
Family	Stratix II
Device	EP2S60F484C3
Timing Models	Final
Met timing requirements	No
Logic utilization	1 %
Combinational ALUTs	495 / 48,352 (1 %)
Dedicated logic registers	175 / 48,352 (< 1 %)
Total registers	175
Total pins	171 / 335 (51 %)
Total virtual pins	0
Total block memory bits	0 / 2,544,192 (0 %)
DSP block 9-bit elements	0 / 288 (0 %)
Total PLLs	1 / 6 (17 %)
Total DLLs	0 / 2 (0 %)

Figura 9 – Recursos utilizados para el sistema Altera sin emplazamiento y con herramientas de deskew

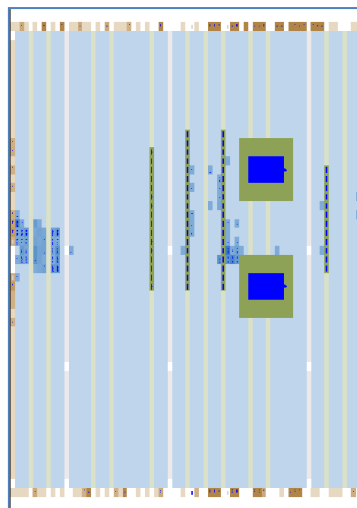


Figura 10 – Floorpanel del sistema Altera sin emplazamiento manual y con herramientas de deskew

2.2.2 IMPLEMENTACIÓN CON EMPLAZAMIENTO MANUAL

El emplazamiento manual dentro de la herramienta Quartus II de Altera puede ser implementado de varias formas. Una de ellas es mediante el uso de Custom Regions a través del Assignment Editor. Esto es, a través de la especificación de un área concreta dentro del FPGA podemos enlazarla con cualquier instancia que nosotros queramos, y con ello poder localizar nuestros componentes en un lugar específico del FPGA. Además dentro del mismo apartado del Assignment Editor podemos emplazar tanto componentes lógicos como celdas básicas [4].

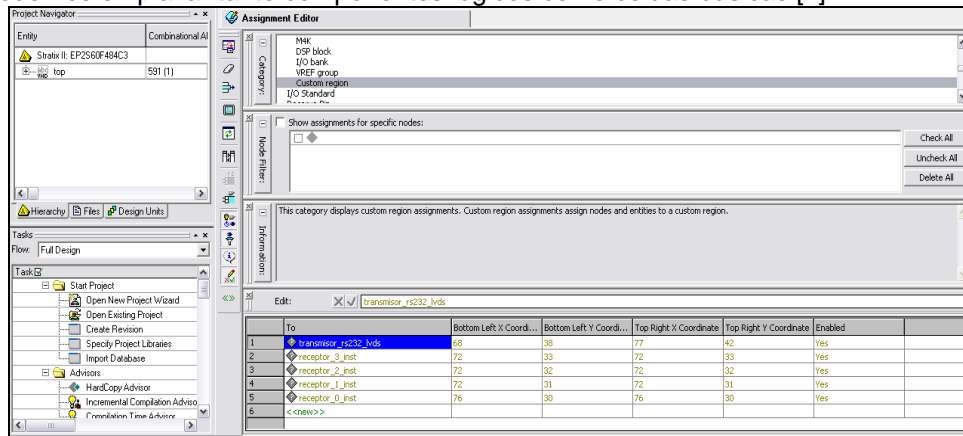


Figura 11 – Assignment Editor de la herramienta Quartus II

La implementación con emplazamiento manual obtuvo un incremento en la frecuencia de recuperación de datos, con lo cual llego hasta 70.32 MHz. Cabe señalar que una depuración más exhaustiva en el sistema lograra aumentar la frecuencia máxima de recuperación de datos.

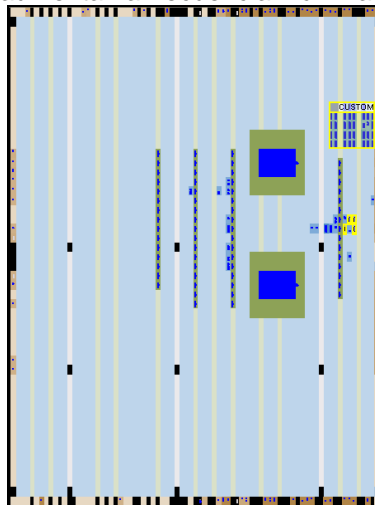


Figura 12 – Floorpanel del sistema Altera con emplazamiento manual y con herramientas de deskew

Flow Status	Successful - Sat Apr 21 15:06:13 2012
Quartus II Version	9.1 Build 222 10/21/2009 SJ Full Version
Revision Name	top
Top-level Entity Name	top
Family	Stratix II
Device	EP2S60F484C3
Timing Models	Final
Met timing requirements	No
Logic utilization	1 %
Combinational ALUTs	466 / 48,352 (< 1 %)
Dedicated logic registers	114 / 48,352 (< 1 %)
Total registers	114
Total pins	171 / 335 (51 %)
Total virtual pins	0
Total block memory bits	0 / 2,544,192 (0 %)
DSP block 9-bit elements	0 / 288 (0 %)
Total PLLs	1 / 6 (17 %)
Total DLLs	0 / 2 (0 %)

Figura 13 – Recursos utilizados para el sistema Altera con emplazamiento y con herramientas de deskew

3 RESULTADOS DE LA COMPARATIVA

Existen diferencias sustanciales entre los fabricantes Xilinx y Altera, y de acuerdo a lo implementado podemos mencionar varias. El modulo PLL de la Altera tiene una mayor versatilidad que su contraparte, el DCM de Xilinx, debido a sus 6 salidas casi independientes, aunque cabe mencionar que el DCM tiene un mayor número de salidas pero todas atadas a un mismo desfase y a un mismo ciclo de trabajo. El manejo de diversos estándares en nuestros pines de salida y de entrada resultan más fáciles de manejar mediante el Pin Planner de la herramienta Quartus II y podemos eliminar de nuestro código los llamados drivers que son necesarios dentro del ambiente Xilinx. La herramienta PlanAhead es una excelente aplicación que nos permite realizar diseños integrales e implementar un depuración exhaustiva a nuestro sistema en el plano físico, de forma grafica podemos realizar emplazamientos manuales, aplicar limitaciones a nuestros componentes y además realizar una verificación total dentro de la misma aplicación, su contraparte de la Altera, el Chip Planner y el Assignment Editor nos proveen de varias herramientas de ayuda sin llegar a tener la productividad del PlanAhead. La depuración en general dentro del ambiente Xilinx resulta de cierta forma más fácil por lo que las velocidades alcanzadas son mayores que en el ambiente Altera. Esto nos ayuda en disminuir el tiempo de diseño y además poder contemplar mejoras futuras en el sistema.

REFERENCIAS

1. Silicon Imaging, SI-1280F Megacamera User Guide, Revision 1.7, 39, (2004).
2. Xilinx Inc., Virtex 4 User Guide, UG070 (V2.0), 389, (2007).
3. Altera Corporation, Stratix II Device Handbook, 754, (2006).
4. Altera Corporation, Quartus II Version 6.1 Handbook, 2442, (2006).
5. Xilinx Inc., Using Digital Clock Managers (DCMs) in Spartan-3 FPGAs, Application Note, XAPP462, 68, (2006)
6. Xilinx Inc., PlanAhead User Guide 9.2, 258, (2007).
7. Avnet Inc., Virtex 4 Evaluation Kit User Guide, 33, (2004).
8. Xilinx Inc., Constraints Guide, 361, (2005).
9. Alexander Hornberg, Handbook of Machine Vision (Ed. Wiley VCH), 823, (2006).
10. National Semiconductor, LVDS Owner's Manual, 94, (2004).
11. National Semiconductor, Channel Link Design Guide, 20, (2006).
12. Specification of the Camera Link Interface standard for digital cameras and frame grabbers, 24, (2000).

ANÁLISIS DE DATOS BASADOS EN UN GENERADOR DE ENCUESTAS WEB, CREADO CON METODOLOGÍA OOHDM

Francisco Gutiérrez Vera¹, Claudia Cristina Ortega González¹, Raúl Lesso Arroyo¹, Claudia Rodríguez Lemus², Abdón Javier Ruiz Guerrero¹
¹Instituto Tecnológico de Celaya, ²Instituto Tecnológico de Roque
francisco.gutierrez@itcelaya.edu.mx, claudia.ortega@itcelaya.edu.mx, raul.lesso@itcelaya.edu.mx, claulemus@itroque.edu.mx, abdon.ruiz@itcelaya.edu.mx

RESUMEN

El proyecto que se presenta en este trabajo es el resultado de programar un generador de encuestas con WEB, que le permitiera al usuario (quien creó la encuesta) analizar los datos resultantes de las encuestas creadas, con elementos como la media desviación standard, varianza, moda de conjunto específicos. El proyecto está desarrollado en PHP con MySQL, y para su desarrollo se basó en la metodología OOHDM (Object Oriented Hypermedia Design Method). El sistema tiene un sistema de registro que permite a un usuario crear sus propias encuestas en línea, activando si la encuesta es de acceso público o con clave, la población que accede al sitio WEB llena la encuesta y el dueño de la misma puede ver gráficas básicas o exportarlo a Excel.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad y desde hace algunos años el obtener información es de gran valor, ya que el que tiene la información tiene el poder. Entonces los métodos para obtener ésta son de gran importancia. La encuesta, es una de las herramientas comunes de recolección de datos, quien sabe plantear una buena encuesta podrá dirigirse más adecuadamente a sus encuestados (objeto de estudio), para obtener la información que realmente le será de utilidad. Una encuesta se puede aplicar a personas, empresas o instituciones, con el fin de conocer estados de opinión, características o hechos específicos, éstas se deben diseñar de acuerdo con la naturaleza de la investigación.

Dos puntos a favor y por el cual muchas empresas, instituciones o personas consideran a la encuesta como su opción principal es por el hecho de su costo, es decir, la encuesta es un estudio observacional de bajo costo permitiendo a todo sector de la población hacer uso de ellas. El otro factor es porque permite obtener los resultados de una manera más rápida e interpretar los resultados de manera gráfica.

Las encuestas electrónicas tienen un gran auge entre las empresas debido al alcance tecnológico y la innovación de técnicas como el uso del email, la mayoría de las empresas se hace cargo de la selección del personal, diseño del producto y hasta las políticas del mercado mediante encuestas, de ahí su gran importancia en la nueva era, la era de la información.

Por otra parte las herramientas tecnológicas como AMP (Apache, MySql y PHP) permiten recolectar cualquier tipo de información para procesarla posteriormente, si se utiliza una metodología para el desarrollo de una aplicación tendremos asegurado que el producto está sobre algún tipo de estándar que permita por una parte identificar fallos de operación y reingeniería de procesos, así de esta forma el mantenimiento es más fácil de desarrollar.

Los generadores de encuestas automáticas permiten crear fácilmente cuestionarios de evaluación y publicarlos en el web. Normalmente ofrecen 3 tipos de encuesta:

1. Numérica, evaluación de cada pregunta con un número o ponderación.
2. De supuestos, presenta opciones o respuestas posibles de las que el encuestado deberá elegir una.

3. De opinión, son las menos prácticas para en cuestión de información rápida ya que se espera una opinión o juicio por parte del encuestado.

Sin embargo esto se ha vuelto un negocio tan impactante que empresas que se dedican al análisis de datos ofrecen una gama de posibilidades mayor que las tres mencionadas (figura 1).

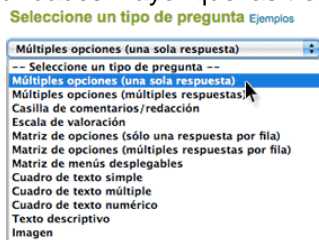


Fig. 1 tipos de preguntas en sitios de encuestas bajo cobro.

Un número importante de universidades ofrecen servicios de encuestas en línea para sus investigadores, profesores o administrativos, las limitantes de su uso va desde solo miembros de la comunidad hasta cobrar por el servicio completo que puede incluir el análisis de datos. Por otra parte en la WEB podemos encontrar sitios completamente gratuitos en la generación pero no aportan un análisis de los datos, hasta sitios muy profesionales que al cubrir sus cuotas se puede obtener el análisis mencionado

2. Metodología de Desarrollo

Las metodologías tradicionales de ingeniería de software, o las metodologías para sistemas de desarrollo de información, no contienen una buena abstracción capaz de facilitar la tarea de especificar aplicaciones hipermedia. El tamaño, la complejidad y el número de aplicaciones crecen en forma acelerada en la actualidad, por lo cual una metodología de diseño sistemática es necesaria para disminuir la complejidad y admitir evolución y reusabilidad [1].

Para el desarrollo del proyecto se siguió la metodología *Object Oriented Hypermedia Design Method* (OOHDM), la cual permite modelar aplicaciones WEB en 4 etapas DISEÑO CONCEPTUAL, DISEÑO NAVEGACIONAL, DISEÑO DE INTERFACES ABSTRACTAS y ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN, fue diseñado por D. Schwabe, G. Rossi, y S. D. J. Barbosa.

El tratamiento de diseño conceptual, de navegación y una interfaz como actividades separadas nos permite concentrarnos en las preocupaciones diferentes, uno a la vez. Por lo tanto, tenemos diseños más modulares y reutilizables, y se obtiene un marco para el razonamiento sobre el proceso de diseño, encapsulando la experiencia de diseño específico para cada actividad. Primitivas de diseño se pueden asignar en forma directa hacia lenguajes o entornos no orientado a objetos (como el HTML o *Toolbooks*). En consecuencia, OOHDM se puede utilizar independientemente de si el sistema destino es uno orientado a objetos o un ambiente (como los que suelen encontrarse en la Internet)[2].

2.1 Diseño Lógico.

Para crear los elementos de esta etapa se analizaron los requerimientos funcionales del sistema los cuales fueron:

1. Que permita crea una encuesta via WEB con dos tipos de interfaces una para el generador de la encuesta y otra para el que contesta o lleva la misma.
2. Que la encuesta permita por lo menos 2 tipos de preguntas, de respuesta abierta (opinión) y de selección con 2 modalidades
3. En Selección, que pueda seleccionar 1 solo respuesta o que pueda seleccionar varias
4. En la interfaz del generador de la encuesta, podrá visualizar graficas básicas, exportar sus datos a un archivo XLS, y mostrar tendencias bajo funciones estadísticas.

Del análisis de estos requerimientos se obtuvieron los esquemas conceptuales y abstractos de los usuarios potenciales, su interacción, el tipo de información que comparten y sus características individuales, el diseño lógico de la base de datos se puede observar en la figura 2.

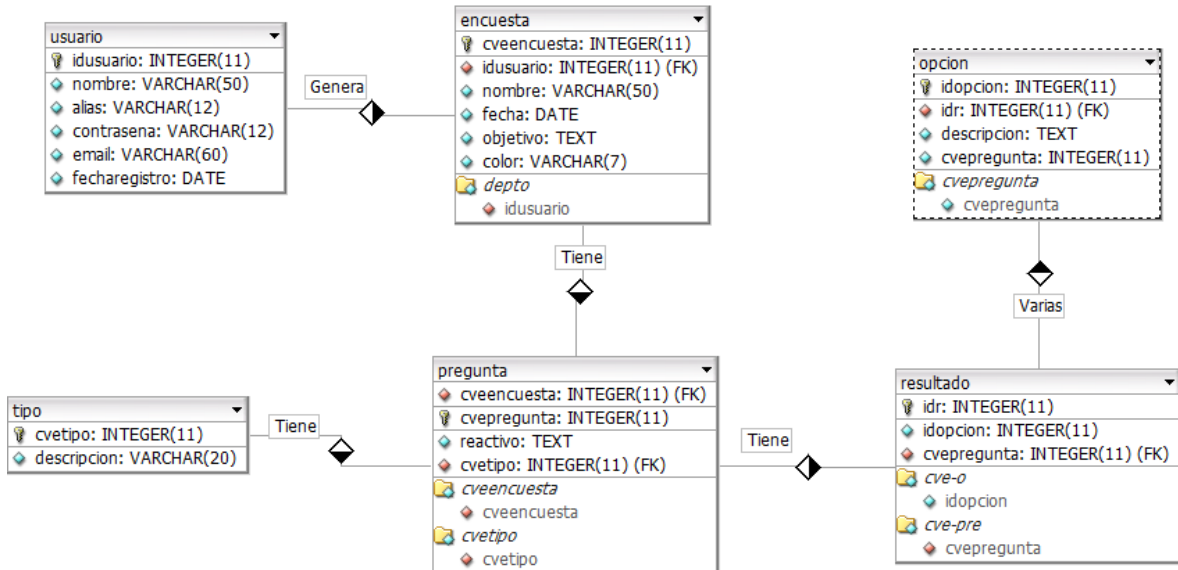


Figura 2. Diseño lógico de la Base de Datos

2.2 Diseño Navegacional

La siguiente etapa de diseño consiste en definir la forma en que los usuarios si hay más de uno se moverán (navegaran) por el sitio web de la aplicación, definiendo los elementos que componen el sitio y hacia donde nos llevan en el mismo. Solo habrá un tipo de usuario el cual será el “solicitante”, debido a que el sistema no gestiona acceso a algún servicio personal.

2.3 Diseño de interfaces Abstractas

La siguiente etapa del diseño es la creación de la interfaz grafica (*Abstract Data View ADV*) que se despliega al usuario al ingresar al sitio. Los componentes que forman parte de ella se han definido ya con anterioridad, con excepción de algunos elementos gráficos que hacen la interfaz más agradable al usuario.

La cantidad de ADV en esta etapa del proyecto fue de 9, la ventaja de las ADV, viene desde el punto de vista que son como módulos que se pueden diseñar-programar una vez y reutilizarlo muchas veces.

2.4 Implementación

Al haber sido creado con tecnologías web, no está limitado por la plataforma de implementación, solo por el navegador web desde el que se va a acceder al sistema; los navegadores sobre los que se probó el sistema y ofrecieron una visualización correcta de los componentes son: Goggle Chrome 11.0, Safari 5.0, Mozilla Firefox 4.0.1, Internet Explorer 9.0 y Opera 11.11, la página de inicio se puede ver en la figura 3.



EL GENERADOR DE ENCUESTAS LINX POLLSTER TE DA LA BIENVENIDA



Figura 3 Página de Inicio del sitio.

La interfaz del usuario registrado del dentro del sitio se puede observar en la figura 4, contiene los elementos mínimos para crear una nueva encuesta, ver los resultados graficados en dos modalidades: barras y pastel. Así como un enlace hacia el análisis estadístico.

Nombre de la encuesta	Objetivo	Fecha de creacion	Diseño	Analizar	Eliminar
Capacidades en POO	Ubicar el nivel de conocimiento del paradigma orientado a objetos, en el semestre	2012-03-02			

Figura 4 Vista de la interfaz del usuario registrado

3. Métodos estadísticos

Básicamente se implementaron este tipo de métodos, los cuales resumen toda la información contenida en una muestra de datos en:

- Variables continuas
 - Medidas centrales (media, moda, mediana)
 - Medidas de dispersión (rango, varianza, desviación estándar, percentiles)
 - Medidas de forma (histograma)
- Variables nominales
 - Frecuencias relativas (probabilidades), moda
 - Media y varianza de probabilidad estimada

Se utilizaron las formulas clásicas que se muestran en la figura 5, para la media, la mediana, y la varianza.

$$\text{media}(y) = \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \text{desv}(y) = \sigma = \sqrt{\text{Var}(y)}$$

$$\text{mediana}(y) = y_i \mid N^\circ \text{ casos } (y_j \leq y_i) = N^\circ \text{ casos } (y_j \geq y_i)$$

$$\text{Var}(y) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{y}^2 \right]$$

Figura 5 Formulas estadísticas utilizadas

Conclusiones

El sitio está operativo y le permite al usuario que genera una encuesta analizar los datos estadísticos de su cuestionario, la eficiencia e interpretación de los datos depende definitivamente de la calidad del cuestionario ya que si no estructura adecuadamente las preguntas su interpretación podría ser confusa en cuanto a que le signifique la media, la frecuencia o la moda, la herramienta entra a un mercado competitivo en donde los sitios de cobro ofrecen una cantidad importante de alternativas de creación de formularios.

Trabajar con herramientas de software libre permite el ahorro de recursos y no limita la calidad de las soluciones, ya que la calidad del producto final depende en gran medida de la capacidad de desarrollo. El sitio está en etapa de pruebas y depuraciones.

Referencias Bibliográficas

- [1] Silva – Mercerat, 2002, Construyendo aplicaciones web con una metodología de diseño orientada
- [2] Daniel Schwabe*, Rita de Almeida Pontes and Isabela Moura, OOHDM-Web: An Environment for Implementation of Hypermedia Applications in the WWW
- [3] B. David, Crea tu sitio web. Aprende HTML Y CSS, Pearson, 2006, ISBN: 9782915605433
- [4] S. Steve, MySQL Bible, 2002, ISBN: 0-7645-4932-4
- [5] H. Johann y H. Chistian, Los secretos de PHP MySQL, Pearson, 2006, ISBN: 9782915605464
- [6] P. Cesar, Macromedia Dreamweaver MX 2004 - Desarrollo De Páginas Web Dinámicas Con PHP Y MySQL, AlfaOmega, 2004, ISBN: 970-15-1044-5
- [7] K. Nora. And K. Andreas and H. Rolf, The Authoring Process of the UML-based Web Engineering, 2001, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.58.9417>.
- [8] OO-H: Una extensión de los métodos OO para el modelado y generación automática de interfaces hipermediales. (Cristina Cachero Castro).
- [9] S. Daniel y G. Emilio, Metodologías para el Desarrollo de Aplicaciones Web: UWE, http://www.eici.ucm.cl/Academicos/ygomez/descargas/Ing_Sw2/apuntes/DASBD-MetodologADAsParaElDesarrolloDeaplicacionesWeb_UWE.pdf
- [10] G. Abraham, y B. Ginés, PHP 4- a través de ejemplos, Alfaomega&RA-MA, 2003, ISBN: 970-15-0955-2

ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS ROBÓTICOS

Diana Rodríguez Guido, Citlalih Gutiérrez Estrada, Claude Baron, Rafael Lemus González, Sergio Díaz Zagal, Rafael Cruz Reyes, Jorge Fabián Escobar Arizmendi

Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico s/n. Ex-Rancho La Virgen. Metepec
Edo. de México. México. C.P. 52140.

{daian009@gmail.com, ralego2005@gmail.com}

Palabras Clave: Metodología, Sistema Robótico, Sistema Multi-Agente, Ciclo de Vida del Software, Análisis, requerimiento.

RESUMEN

La robótica es un área de la ingeniería que ha tomado gran importancia en todo tipo de campos. La ingeniería de sistemas es la encargada de analizar y formalizar el proceso de construcción de un robot, sin embargo, existen grandes problemas en este proceso, siendo uno de ellos la falta de metodologías aplicables al proceso de fabricación y desarrollo de sistemas robóticos. En este artículo se tiene como objetivo el análisis y la comparación de las diversas metodologías de desarrollo de proyectos relacionados directamente a la ingeniería de sistemas. El análisis se realizó en base a la investigación del diseño de proyectos robóticos, así como de las metodologías y marcos de trabajo aplicados a estos sistemas, con la firme intención de determinar el nivel de análisis que se lleva a cabo durante el desarrollo de proyectos de esta índole. La comparación de las metodologías se hizo para determinar las ventajas y desventajas que ofrecen a dichos sistemas.

ABSTRACT

Robotics is an area of engineering that has become very important in all kinds of fields. Systems engineering is responsible for analyzing and formalizing the process of building a robot, however, there are major problems in this process, one being the lack of methodologies applicable to the manufacturing process and development of robotic systems. This article aims at analyzing and comparing the various methods of project development directly related to systems engineering. The analysis was based on research design robotic projects and methodologies and frameworks applied to these systems, with the firm intention of determining the level of analysis carried out during the project development this kind. A comparison of methodologies was done to determine the advantages and disadvantages of these systems offer.

1. INTRODUCCIÓN

Un robot es una máquina controlada por computadora, programada para moverse, además de manipular objetos y realizar trabajos a la vez que interacciona con su entorno [1]. La robótica es una de las áreas de la ingeniería que ha tomado gran importancia en todo tipo de campos. Algunos ejemplos se encuentran en la industria, donde gran cantidad de procesos son completamente automatizados mediante robots. Los módulos² que constituyen al robot son el módulo mecánico [2], el módulo de control [3] y el módulo de programación [4], es decir, que en la construcción de un robot de propósito general convergen varias disciplinas como la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica y la ingeniería de sistemas, siendo esta última la encargada de analizar y formalizar el proceso de construcción de un robot.

La ingeniería dicta un modelo de desarrollo de proyectos, en el cual se establece la realización del proceso de análisis en la concepción de los sistemas, lo cual se muestra en la Figura 1. Cualquier sistema a construir debería analizarse a profundidad, con la finalidad de tener un completo conocimiento del mismo. Sin embargo, en la concepción de sistemas siempre han existido diversos problemas, uno de ellos y tal vez de los más importantes, es precisamente la falta de análisis de proyectos, lo que provoca que los sistemas no cumplan los requisitos o no satisfagan todas las necesidades.

² Los módulos que constituyen a un robot pueden ser diferentes, dependiendo del autor. Para fines de este trabajo se consideran a los autores que se describen para determinar los módulos del robot de forma general.

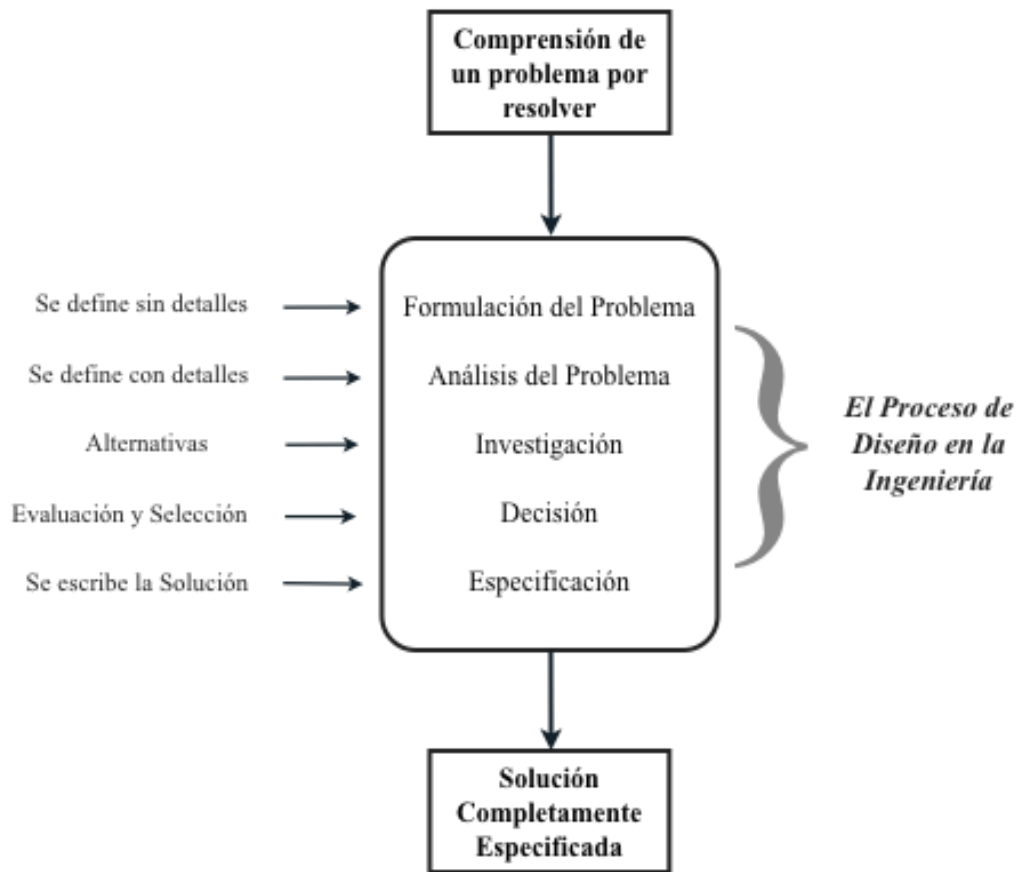


Figura 1. El proceso de diseño de la ingeniería [5].

La robótica, al ser un campo de la ingeniería, también conlleva grandes problemas en el desarrollo de proyectos. Sin embargo, estos problemas parecen ser más graves, ya que por mucho tiempo se ha denotado la falta de metodologías aplicables al proceso de fabricación y desarrollo de sistemas robóticos.

Las metodologías permiten llevar a cabo proyectos de sistemas de principio a fin, determinando las actividades a realizar y en muchos casos los tiempos (factor determinante en el desarrollo de cualquier sistema). El papel de la metodología es permitir transformar la visión subjetiva de un sistema en una definición objetiva que permita su implementación [6]. De esta manera una metodología debe ofrecer:

- Un conjunto de pasos con actividades a desarrollar.
- Mecanismos de documentación que permitan compartir la experiencia ganada en el proyecto.
- Terminología homogénea que brinde significado a los pasos del ciclo y facilite las transición entre estos pasos.
- Independencia de técnicas de implementación.

Existen en la actualidad diversas metodologías que contemplan la planeación de un proyecto de sistemas desde su comienzo (Planificación y Análisis) con el fin dar a conocer a los diseñadores las necesidades del cliente con respecto al producto, hasta su finalización (producto terminado y su evolución), pero muy pocas metodologías contemplan estas tareas en el desarrollo de sistemas robóticos. Por lo anterior, los diseñadores de sistemas robóticos han aplicado metodologías ya desarrolladas para otros campos (por ejemplo la ingeniería de software) y adaptarlas a sus necesidades.

2. PROBLEMA

Como se ha dicho, en la actualidad existen diversas metodologías que apoyan el desarrollo de sistemas, sin embargo, las metodologías de desarrollo de sistemas presentan sólo un esquema general a seguir y no son específicas [7], lo que provoca que la mayoría de estas tiendan a ser tediosas y complicadas, razón por la que la mayoría de los diseñadores no siguen ninguna de estas metodologías a la hora de desarrollar un sistema. En un proyecto de sistemas, lo realmente complicado es determinar qué es lo que se desea construir, por lo cual debería realizarse el análisis de las necesidades de un cliente con respecto al sistema que se desea construir. La etapa de análisis es considerada por su importancia en todo modelo de ciclo de vida, y el no seguir una metodología de desarrollo de proyectos supone la insatisfacción de un producto terminado por parte del cliente. De ahí la importancia del uso de metodologías y generación de nuevas formas de trabajo adecuadas para los diferentes sistemas existentes.

Por otro lado, los sistemas robóticos son intrínsecamente más complejos, razón por la cual, es cada vez más claro que los métodos de diseño de solución específica no podrán ofrecer un rendimiento predecible y garantizado [8], siendo necesario entonces, estudiar las diversas alternativas en la planificación y desarrollo de estos sistemas, con la finalidad de aumentar la calidad de los sistemas.

Según Dalgaard [8], el objetivo general en la búsqueda de metodologías para el desarrollo de sistemas robóticos es una metodología de diseño que facilite a los diseñadores las herramientas y directrices que permitan transformar 1) la tarea a realizar a cabo, 2) el entorno en el que el sistema debe funcionar y 3) las limitaciones impuestas, en una descripción del proceso que conduce a sistemas de diseños suficientes que cumplan los requisitos iniciales.

Por tanto, surge la necesidad de analizar las diferentes opciones en las formas de trabajo existentes con la finalidad única de determinar las debilidades y fortalezas de estas, así como para llegar a concluir aspectos importantes que deben considerarse en el diseño de nuevas metodologías orientadas a la generación de sistemas robóticos.

3. DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS

Una parte fundamental al desarrollar un sistema es comenzar el proceso de manera ordenada y después realizar apropiadamente lo solicitado, por esta razón es de vital importancia seguir los pasos y actividades estipuladas en una metodología. Algunas de estas metodologías han sido propuestas y aplicadas específicamente al área de la ingeniería de software (conocidas como metodologías tradicionales), otras son las denominadas metodologías para Sistemas Multi-Agente (MAS por sus siglas en inglés), las cuales han sido aplicadas también a sistemas robóticos. El trabajo que aquí se propone, permite estudiar las diversas formas de trabajo expuestas en distintos trabajos de investigación en el área de las metodologías, mismas que se muestran en la Tabla 1.

Metodologías	
Tradicional	De Sistemas Multiagente
Cascada	Gaia
Prototipos	MaSE
Espiral	MAS-CommonKADS
Evolutivo-Incremental	MESSAGE/UML
	Vowel Engineering
	Arquitectura BDI

Tabla 1. Metodologías analizadas en el presente trabajo.

3.1. Metodologías Tradicionales

Las denominadas Metodologías Tradicionales o Modelos de Ciclo de Vida son expuestas por distintos estudiosos de la ingeniería de software [9], [10], [11], han sido la base de estudios en el desarrollo formal de proyectos y su documentación. Existen distintos modelos de ciclo de vida y la elección de un modelo para un determinado tipo de proyecto es realmente importante; el orden de las etapas es uno de estos puntos importantes. Las etapas generales de un ciclo de vida se describen a continuación:

- **Análisis:** Se determinan los elementos que intervienen en el sistema a desarrollar, su estructura, relaciones, evolución temporal, funcionalidad, etc.
- **Diseño:** A estas alturas ya se tiene claro lo que se va a hacer, surge ahora la necesidad de determinar cómo se debe hacer (Se selecciona el lenguaje de programación que se va a utilizar, el Sistema Gestor de Bases de Datos, etc.).

- Implementación: Codificación de algoritmos y estructuras de datos, definidos en las etapas anteriores, en el correspondiente lenguaje de programación o para un determinado sistema gestor de bases de datos.
- Pruebas: El objetivo de esta etapa es garantizar que el programa ó código no contiene errores de diseño o codificación. En esta etapa se desea encontrar la mayor cantidad de errores del proyecto.

3.1.1. Metodología en Cascada [11]

Las etapas de esta metodología son la Definición de Requerimientos, el Diseño del Sistema y del Software, la Implementación y Prueba de Unidades, la Integración y pruebas del Sistema y, el Funcionamiento y Mantenimiento. En realidad es uno de los métodos más estudiados y aplicados por los diseñadores de sistemas de software. Se ha adaptado a sistemas de diversa índole, se considera uno de los más fáciles de seguir, provee un producto con un alto grado de calidad, pero se tiene la imperiosa necesidad de conocer todos los requerimientos al comienzo del proyecto y los errores no detectados suelen ser muy costosos.

3.1.2. Metodología por Prototipos [7] [12]

Las etapas de esta metodología se repiten por cada ciclo de prototipado mientras la especificación de requerimientos está incompleta. El prototipo se centra en una representación de aquellos aspectos del sistema que serán visibles para el cliente y/o usuario final. Este prototipo deberá ser evaluado por el mismo cliente con la finalidad de mostrar al diseñador o desarrollador del sistema lo que el usuario espera recibir sin malos entendidos. Las etapas por prototipo son Selección del prototipo, Desarrollo del prototipo y Evaluación del prototipo.

El objetivo de esta metodología es lograr un producto intermedio antes de realizar el producto final y su principal ventaja es que es el único apto para desarrollos en lo que no se conoce a priori sus especificaciones.

3.1.3. Metodología Evolutivo-Incremental [7], [13]

Las etapas de esta metodología son el Estudio de Factibilidad, el Análisis, el Diseño, la Programación y las Pruebas. Esta se deriva de la metodología estructurada, sin embargo se han hecho algunas mejoras, como por ejemplo que permite cumplir con etapas en paralelo por lo que es más flexible. Este ciclo de vida acepta que los requerimientos del usuario pueden cambiar en cualquier momento y en él se construyen módulos que cumplen las diferentes funciones del sistema. Esto permite ir aumentando gradualmente las capacidades del software, por lo que se facilita la tarea del desarrollo permitiendo a cada miembro del equipo desarrollar un módulo particular en el caso de que el proyecto sea realizado por un equipo de programadores.

3.1.4. Metodología en Espiral [11], [13], [14]

Las etapas de la metodología en espiral son Planificación, Análisis de riesgo, Implementación y Evaluación. Este método presenta prototipos y se repiten las etapas hasta llegar a un grado de maduración apropiado para el proyecto. Puede considerarse una variación del modelo con prototipado, aplicándose este ciclo en cada funcionalidad del programa a construir. Al final de cada ciclo se entrega una versión al cliente que contiene una nueva funcionalidad, es decir, que este ciclo de vida permite realizar

entregas al cliente antes de terminar el proyecto, con la finalidad de otorgar seguridad al cliente sobre el producto.

3.2. Metodologías Multi-Agente

Las Metodologías para Sistemas Multi-Agente pretenden establecer un marco de trabajo para el desarrollo de sistemas robóticos. Un agente es una entidad física o abstracta que puede percibir su ambiente mediante sensores, es capaz de evaluar tales percepciones y tomar decisiones por medio de mecanismos de razonamiento simples o complejos [6]. Los sistemas multi-agente son un conjunto de agentes autónomos, que trabajan en común para resolver un problema específico. Existen diversas metodologías multi-agente, mismas que se presentan a continuación.

3.2.1. Gaia [15], [16], [17]

Es una metodología de análisis y diseño orientada a agentes (especialmente de software). En la etapa de análisis busca el entendimiento del sistema y su estructura como una organización. Durante el análisis se generan dos tipos de modelos: el Modelo de Roles (aquellos que se encuentren en el sistema) y el Modelo de Interacción entre roles. Por otro lado, en la etapa de diseño hace uso de tres modelos: El Modelo de Agentes (del sistema), el Modelo de Servicios (funcionalidad del agente) y el Modelo de Conocidos (enlace de comunicación entre agentes). Esta metodología no trata la fase de especificación de requerimientos.

3.2.2. MaSE [15], [16], [18]

Es una metodología completa de Ingeniería para Sistemas Multi-Agente, basada en el ciclo de vida clásico del software, con un entorno propio de desarrollo. Sus etapas constan de Análisis, Diseño y Contrucción de sistemas multi-agente heterogéneos. Esta metodología se divide en dos fases: Análisis y Diseño. La fase de Análisis se subdivide en la Captura de Objetivos, Aplicación de Casos de Uso y el Refinamiento de los Roles. Por otro lado, la fase de diseño consta de Creación de Clases de Agentes, Construcción de Conversaciones, Ensamblaje de Clases y Diseño del Sistema. Al ser una metodología basada en un ciclo de vida del software, se centra más en la construcción de sistemas multi-agente de software.

3.2.3. Mas-CommonKADS [15], [16], [19]

Es una metodología basada en los principios de su antecesor Common-KADS (Metodología para la construcción de Sistemas Expertos). Mas-CommonKADS ha sido la primera en plantear la integración de los sistemas Multi-Agente con un modelo de ciclo de vida (espiral dirigido por riesgos). Esta metodología utiliza 7 modelos: Agentes, Tareas, Experiencia, Coordinación, Comunicación, Organización y Diseño.

Su proceso de desarrollo es:

- Conceptualización: mediante Casos de Uso y Diagramas de Interacción
- Análisis: pretende obtener los Requerimientos del Sistema mediante la identificación de agentes, la descomposición de objetivos y tareas y el estudio de la organización.
- Modelado de Agentes: mediante Casos de Uso, Tarjetas CRC (Class, Responsibility, Collaboration), etc.

- Modelado de Tareas: se realiza una ficha con la información importante de cada una, como su nombre, entradas, salidas, precondiciones, etc.
- Modelado de Coordinación: se realiza para determinar los canales de comunicación y el análisis de las interacciones entre los agentes.
- Modelado del Conocimiento: el desarrollo de este modelo está basado en los sistemas expertos y se refiere a todo el conocimiento con que deben contar los agentes en el sistema, con la finalidad de que éstos sean capaces de adaptarse a su entorno.
- Modelado de la Organización: en este modelo se muestran las relaciones estáticas o estructurales entre los agentes.
- Modelado de Diseño: se compone del diseño de la red de agentes (infraestructura del sistema), la cual proveerá de una serie de servicios básicos necesarios para el funcionamiento de los agente (servidores de ontologías, páginas blancas/amarillas, servidores de protocolo, etc.), el diseño de la arquitectura individual de los agentes, y el diseño de la plataforma, donde se eligen el software y el hardware apropiados para el desarrollo del sistema.

3.2.4. MESSAGE-UML [15]

Es una Metodología para la Ingeniería de Sistemas de Agentes de Software. Parte de UML ya que es aceptado ampliamente como estándar de modelado orientado a objetos, lo que significa que muchos desarrolladores lo conocen. Los paradigmas orientado a objetos y orientado a agentes son altamente compatibles. Los principales conceptos de comportamiento en UML que se usan para definir la “física” del mundo de MESSAGE son: acción, evento y estado. El mundo es visto como una colección de máquinas de estados. Los tipos principales de entidades de MESSAGE son Agente, Organización, Rol, Recurso, Tarea, Interacción y Objetivo.

El proceso de análisis es una forma de poner en común las ideas del cliente con el equipo de desarrollo, con la intención de formar un punto de partida para la realización de un diseño apropiado. Los modelos de análisis se producen mediante refinamiento por pasos.

3.2.5. Vowel-Engineering [15]

El curioso nombre de esta metodología se basa en la conjunción de 4 primeras vocales: A (de agentes), E (de entorno), I (de interacciones) y O (de organización) Bajo esta subdivisión inicial, se aplican técnicas de modelado diferentes para cada uno de los 4 subgrupos. En este modelo, lo que se pretende principalmente, es el desarrollo de componentes individuales en cada uno de sus 4 grupos, de modo que un diseñador pudiera escoger un componente ya implementado de cada uno de los grupos, y así

construir un nuevo sistema reutilizando componentes. A la hora de desarrollar un sistema siguiendo las pautas de Vowel Engineering, de lo que se trata es de ir realizando las etapas de cada una de las vocales en un orden determinado por la importancia que tendrá cada una de ellas en un sistema. Así pues, si lo que más nos importa es la organización, comenzaremos por la vocal O mientras que, si los protocolos de comunicación son lo vital, comenzaremos por la I.

3.2.6. Arquitectura BDI (Beliefs, Desires, Intentions) [15]

Un agente recibe a través de sus sensores una serie de estímulos procedentes de su entorno, los cuales modifican el modelo del mundo que tiene el agente o, lo que es lo mismo, sus Creencias (Beliefs) acerca del mundo. El agente tiene que tomar decisiones para interactuar con el mundo, las cuales estarán basadas en sus Creencias y guiadas por sus Deseos (Desires). Estos Deseos se interpretan como objetivos u estados que el agente quiere alcanzar, y para ello ha de valerse de una serie de Intenciones (Intentions). Finalmente, las Intenciones no son otra cosa que acciones que el agente va realizando, con la particularidad de que podrían ser abortadas en cualquier momento si las Creencias del agente cambiasen. Todos estos detalles son capturados mediante 2 modelos:

- Modelo de agente: la jerarquía de clases de agentes e instancias que habrán de ellos en el sistema, su multiplicidad y cuando comenzarán a existir.
- Modelo de interacción: Define las responsabilidades de una clase de agentes, los servicios que provee, las interacciones asociadas y las relaciones de control entre distintas clases. También incluye la sintaxis y semántica de los mensajes de comunicación.

Los dos modelos anteriores son independientes de la arquitectura BDI. La metodología para llevarlos a cabo e irlos refinando puede verse resumida en cuatro grandes pasos: Identificar los roles del dominio de la aplicación, Estudiar las responsabilidades asociadas a cada rol y servicios que debe proveer, Identificar las interacciones asociadas con la provisión de cada servicio y Redefinir la jerarquía de agentes. Finalmente, se deciden cuales deben ser las instancias de las clases agente.

4. EVALUACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

Primeramente, se hizo una comparación entre las metodologías tradicionales y las metodologías multiagente por separado para después observar los resultados y comparar posteriormente ambos tipos de metodologías con el fin de proporcionar las ventajas y desventajas de unas sobre las otras.

De entre las metodologías tradicionales más usadas se encuentra la de cascada por su facilidad de uso y las ventajas que ofrece y que ya se mencionaron en el documento. Esta metodología es aplicada a proyectos de diversas áreas y campo de estudio. Sin embargo, no considera los riesgos que conllevan los errores como la metodología en espiral, lo cuál puede acarrear altos costos en caso de que existan errores, de ahí la importancia de determinar y conocer a fondo los requerimientos desde un principio. Otra de las metodologías de ingeniería de software que prometen diversas ventajas es la Evolutivo-Incremental, en donde las fases del proyecto pueden ejecutarse en paralelo, lo cual ofrece flexibilidad, además de que acepta cambios en los requerimientos del usuario en cualquier momento.

Por otro lado, las metodologías de sistemas multi-agente ofrecen una alternativa eficiente en el marco de trabajo de los sistemas robóticos, por considerar tanto el software como el hardware de estos sistemas aplicando pequeñas adaptaciones. Además de considerar lo anterior, tienen la ventaja de conocer las debilidades de las metodologías tradicionales, al estar basadas en ellas, lo cuál conlleva al mejoramiento de las mismas.

De entre las metodologías de sistemas multi-agente más usadas se encuentran la MaSE y Mas-CommonKADS. Estas metodologías ofrecen la ventaja de enfocar la atención en determinar los requerimientos del cliente con respecto al sistemas a desarrollar, poniendo énfasis en el modelado de objetivos y la determinación de los casos de uso del sistema.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se asume que no existe, en nuestra opinión, una única metodología que sea mejor que las demás. Todas ellas tienen ventajas y desventajas. La medición para determinar cuál es más apropiada o no, ha de ser el proyecto (o conjunto de proyectos) que se quieran realizar. Probablemente, lo más importante debería ser la construcción de una metodología personalizada, adaptando los conceptos de las existentes a las necesidades particulares de desarrollo.

Como resultado de la revisión del estado del arte, actualmente en el Instituto Tecnológico de Toluca, se trabaja en la propuesta de una metodología aplicable a proyectos de robótica, a partir del conocimiento adquirido y el uso de las metodologías tradicionales y multiagente, además del uso de metodologías ágiles para la planificación de los proyectos. De manera preliminar se está dando seguimiento a dos proyectos doctorales en las áreas de robótica móvil y control, con el fin de realizar el análisis y diseño de los mismos, con el propósito de verificar y validar la metodología. En estos proyectos se hace énfasis en las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto (análisis y modelado del proyecto).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Urdiales García C. "Introducción a la robótica". Escuela Técnica Superior de Ingenieros de telecomunicación. Departamento de tecnología electrónica. Universidad de Málaga. Consulta: 2011.
- [2] Ollero Baturone A. "Robótica manipuladores y robots móviles". Ed. Marcombo, Barcelona. 2001.

- [3] Groover M. "Fundamentos de manufactura moderna materiales, procesos y sistemas: automatización programable". Pearson educación, México. 1997.
- [4] García Higuera A. "Avances en Robótica y Visión por computador: aplicaciones; robótica industrial, fabricación y automatización". Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, España. 2002.
- [5] Krick E. "Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería". Editorial Limusa. 3ra. Edición. 2002.
- [6] Jiménez J., Vallejo M., Ochoa J. "Metodología para el Análisis y Diseño de Sistemas Multi-Agente Robóticos: MAD-Smart". Revista Avances en Sistemas e Informática. Vol. 4. No. 2. Universidad Nacional de Colombia. 2007.
- [7] Castellanos L. "Desarrollo de Sistemas de Información bajo un enfoque incremental". Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada. Maracaibo, 2011.
- [8] Dalgaard L., Hallam J. "Metodología para el diseño de Sistemas Robóticos Autónomos". Danish Technological Institute, Centre for Robot Technology and Maersk McKinney Moller Institute University. Denmark. 2011.
- [9] Kendall K., Kendall J. "Análisis y Diseño de Sistemas". Pearson Educación. Prentice-Hall Hispanoamericana. 6ta. Edición. 2005.
- [10] Kotonya G., Sommerville I. "Requirements Engineering with Viewpoints in Software Requirements Engineering"; edited by Thayer R., Dorfman M. IEEE Computer Society Press. 1997. Reprinted: 2001.
- [11] Sommerville I. "Ingeniería del Software". Editorial Pearson. 7ª Edición. 2005.
- [12] Pressman R. S. "Ingeniería del Software. Un enfoque práctico". 6ta Edición; Mc. Graw Hill. 2005.
- [13] Pressman R. "Ingeniería del Software. Un enfoque práctico". Editorial Mc. Graw Hill. 5ta. Edición. 2002.
- [14] Cantone D. "La Biblia del Programador. Implementación y Debugging". Editorial MP Ediciones. ISBN: 9872299579. Vol. 1. 2007.
- [15] Gallego Durán F. J., Llorens Largo F., Rizo Aldeguer R. "Breve análisis de algunas metodologías de diseño de SMA". Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial. Universidad de Alicante. Informe interno: DCCIA-7/2004.
- [16] Gómez Sanz J. J. "Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agente". Departamento de Sistemas Informáticos y Programación. Facultad de Informática, Universidad Complutense. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. No.18. ISSN: 1137-3601. 2003.

- [17] Meza Martínez J. I. "Informe metodología GAIA: Buscador de talento amigo". Especialización en Ingeniería de Software Arquitectura de sistemas multi-agentes. Universidad Autónoma de Manizales. 2008.
- [18] DeLoach S. A., Wood M. F., Sparkman C. H. "Multiagent Systems Engineering". The International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering. Vol. 11. No. 3. 2001.
- [19] Henao Cálad M. "CommonKADS-RT: Una Metodología para el Desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento de Tiempo Real". Tesis Doctoral. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia, España. 2001.

Comparación de K vecinos más cercanos y Nalve Bayes para categorización de textos en Español

Benjamín López González¹, Roberto Cano Rojas², Mauro Sánchez Sánchez³, Deicy Camacho De La Cruz⁴, Andrés Villanueva Picasso⁵
1, 2, 3, 4, 5 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA
AV. TECNOLÓGICO S/N, EXRANCHO LA VIRGEN, METEPEC ESTADO DE MÉXICO C. P. 52140 TEL. (722)2087200
1 UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO
PARAJE EL TEJOCOTE, SAN PEDRO TLALTIZAPAN, TIANGUISTENCO ESTADO DE MÉXICO C. P. 52640 TEL. (722) 4810800
1 BLOPEZG@UAEMEX.MX, BLOPEZG@ITTOLUCA.EDU.MX 2
BOB_CANO25@HOTMAIL.COM, 3 MSS_MS2@HOTMAIL.COM

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo, comparar los resultados de clasificar textos siguiendo los pasos de Lan [Lan, 05], aplicando como algoritmo de categorización a Naive Bayes y posteriormente a k vecinos más cercanos. Inicialmente se llevó a cabo la representación de los documentos, utilizando el modelo del Espacio Vectorial el cual incluye la eliminación de palabras poco relevantes empleando las listas de palabras vacías propuestas por el Grupo Reina. Del resto de las palabras se obtienen sus raíces, se calcula el esquema de ponderación denominado $tf.rf$ a las raíces obtenidas. Para conocer el comportamiento de los algoritmos de clasificación, se realizaron varios experimentos con diferentes números de documentos, categorías, y términos. Finalmente se evaluó la precisión, exhaustividad y F-measure obtenida por los algoritmos de clasificación Naive Bayes y k vecinos más cercanos, para cada una de las condiciones establecidas.

ABSTRACT

THIS ARTICLE AIMS TO COMPARE THE RESULTS TO CLASSIFY TEXTS IN THE FOOTSTEPS OF LAN [LAN, 05], USING AS CATEGORIZATION ALGORITHM NAIVE BAYES AND THEN K NEAREST NEIGHBORS. WE INITIALLY CONDUCTED THE REPRESENTATION OF DOCUMENTS, USING THE VECTOR SPACE MODEL WHICH INCLUDES THE ELIMINATION OF IRRELEVANT WORDS USING STOP WORD LISTS PROPOSED BY THE GROUP QUEEN. THE REST OF THE WORDS GET THEIR ROOTS, CALCULATE THE WEIGHTING SCHEME CALLED THE ROOTS $TF.RF$ OBTAINED. FOR THE PERFORMANCE OF CLASSIFICATION ALGORITHMS, WE CONDUCTED SEVERAL EXPERIMENTS WITH DIFFERENT NUMBERS OF DOCUMENTS, CATEGORIES, AND TERMS. FINALLY, WE EVALUATED THE ACCURACY, COMPLETENESS AND F-MEASURE OBTAINED BY THE NAIVE BAYES CLASSIFICATION ALGORITHM AND K NEAREST NEIGHBORS, FOR EACH OF THE CONDITIONS.

1. Introducción

Existe una rama dentro de la Inteligencia Artificial que se conoce como Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN), la cual se encarga de establecer las reglas o mecanismos a través de los cuales una persona puede instaurar una comunicación con una computadora haciendo uso del lenguaje natural, debiendo ésta entender las oraciones que le sean proporcionadas, el uso de estos lenguajes naturales, facilita el desarrollo de programas que realicen tareas relacionadas con el lenguaje.

La clasificación o categorización es bien conocida por quienes se dedican a la documentación, sin entrar en disquisiciones formales, se trata de organizar los documentos en alguna forma que permita después su mejor recuperación. En torno a ello se han elaborado diversas técnicas, que se han aplicado con mejor o peor fortuna. Con la creciente disponibilidad de documentos en

formato electrónico, susceptibles, por consiguiente, de ser procesados de manera automática, surge la posibilidad de abordar la clasificación de documentos de manera automática.

Para poder llevar a cabo la clasificación automática es preciso contar con una serie de elementos previos. En nuestro caso, lo más importante es contar con una forma consistente de representar cada documento (su contenido), de manera que esa representación pueda generarse de forma automática. En este sentido, el formalismo más utilizado es el del bien conocido modelo vectorial, formulado por G. Salton ya en los años 70 y ampliamente utilizado por sistemas de recuperación en la actualidad.

Básicamente, cada documento puede ser representado mediante un vector de términos. Cada término lleva asociado un coeficiente o *peso* que trata de expresar la importancia o grado de representatividad de ese término en ese vector o documento. Este peso puede calcularse de forma automática a partir de diversos elementos, basándose en las frecuencias de los términos, tanto en toda la colección de documentos con que se trabaje, como dentro de cada documento en particular.

Hay una buena cantidad de algoritmos propuestos para la categorización de información. La mayor parte de ellos no son, en realidad, específicos para clasificar documentos, sino que se han propuesto para clasificar todo tipo de cosas. Sucede que algunos de éstos han sido utilizados para la clasificación de documentos.

Entre los más utilizados, tenemos:

- Algoritmos probabilísticos
 - Naive Bayes
- Algoritmo del vecino más próximo y variantes
- Algoritmos basados en redes neuronales.

Debido a las diferencias que existen entre los algoritmos de categorización, el problema a resolver fue conocer que algoritmo un mejor comportamiento sustituyendo si el algoritmo de Nave Bayes o el k vecinos más cercanos.

El objetivo es comparar los resultados de precisión, exhaustividad y f-measure de los dos algoritmos de clasificación y así determinar cuál de los dos es más eficiente para la categorización de documentos en Español.

Para alcanzar el objetivo principal, primero debieron llevarse a cabo los siguientes pasos: Identificación de palabras mediante el desarrollo del análisis léxico Eliminar o descartar los términos que no son significativos en el documento. Normalizar términos que puedan agruparse bajo una única forma (Obtención de raíces). Utilizar el esquema de ponderación *tf.rf.* y medir la calidad de la categorización mediante la exhaustividad, precisión y F-measure.

La hipótesis por comprobar es: sí, realmente el algoritmo de clasificación del k vecinos más cercanos nos arroja mejores resultados que el algoritmo de Naive Bayes.

La categorización de la información se ha realizado por diferentes algoritmos, pero el desarrollo de este trabajo se justifica, en que ahora la categorización de la información se realizará aplicando los métodos de Naive Bayes y k vecinos más cercanos, con el objetivo de comparar la información que nos devuelvan y determinar cuál de los dos algoritmos, es más optimo utilizar.

Hasta el momento no existe una investigación que haya comparado dichos algoritmos bajo las mismas condiciones. Por consiguiente esta investigación servirá de apoyo para posteriores investigadores que deseen trabajar con alguno de estos métodos de categorización de información.

2. FUNDAMENTOS

2.1. Algoritmo Naive Bayes

El clasificador Nave Bayes (NB) se considera como parte de los clasificadores probabilísticos, los cuales se basan en la suposición que las cantidades de interés se rigen por distribuciones de probabilidad, y que la decisión óptima puede tomarse por medio de razonar acerca de esas probabilidades junto con los datos observados. En tareas como la clasificación de textos este algoritmo se encuentra entre los más utilizados [Tell,05].

El método de clasificación Naive Bayes principalmente consiste:

En una asignación de Documentos D de entrenamiento, cada documento se considera como una lista ordenada de palabras. Se utiliza $w_{d,i,k}$ para denotar la palabra en la posición k del documento di, donde cada palabra es del vocabulario $V = \langle w_1, w_2, \dots, w_{|v|} \rangle$.

El vocabulario es el asignado de todas las palabras que se consideren para la clasificación. Además se tiene una asignación de clases predefinidas, $C = \{c_1, \dots, c_{|c|}\}$.

Esto significa que, dada una clase C y un conjunto de palabras W del nuevo documento a clasificar, se calcula la probabilidad de que dicho documento se clasifique dentro de la categoría C, así se tiene:

$$P(C/W) = \frac{P(C/W)P(C)}{P(W)}$$

Donde P(C) es la probabilidad a priori de la clase y P(W|C) es la probabilidad condicional la palabra W dada la clase C. En base a los datos observados en cada experimento, se conoce la probabilidad de una palabra dada una clase y la probabilidad de la clase. Pero se necesita encontrar el máximo valor de la expresión para encontrar la clase en la que mejor se clasifica el documento:

$$\text{Mejor Clase} = \operatorname{argmax}_c \frac{P(C/W)P(C)}{P(W)}$$

La probabilidad de cada una de las palabras P(W) es condicionalmente independiente dado el valor de la clase, por lo que es común eliminarla para evitar mayores cálculos. El nuevo documento D a clasificar se encuentra definido en términos de la lista $W = \{w_1, w_2, \dots, w_d\}$ de palabras relevantes del mismo. Además, existe un conjunto finito de clases $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ en las que puede ser clasificado dicho documento. Finalmente, el método Naive Bayes clasifica al documento D en una de todas las clases existentes utilizando la fórmula: [Fer., 07].

$$\text{Mejor Clase} = \operatorname{argmax}_{c_j \in C} P(c_j)^d \pi P(W_i | C_j)$$

El algoritmo funciona así: c son las clases y d son los atributos (las palabras). En la ecuación= $\operatorname{argmax}_{c_j \in C} P(c_j)^d P(W_i, W_{i-1} W_{i-2} \dots W_{i-n+1} | C_j), W_i, W_{i-1} W_{i-2} \dots W_{i-n+1}$ es una de las cadenas de n - 1 palabras que aparece en el texto de usuario, es decir un n-grama. Es decir, se hace uso de un clasificador Naive Bayes en su modelo de eventos multinomiales, donde los atributos son los n-gramas, con lo que contradecimos la asunción de independencia de los atributos. l es la talla del vocabulario y será el número posible de m-gramas que aparezcan en el entrenamiento, con $m \leq n$. También utilizamos un clasificador Naive Bayes que no tiene en cuenta la probabilidad a priori de las clases. A este clasificador le llamamos clasificador Naive Bayes uniforme.

$$c_j = \operatorname{argmax}_{c \in C} \pi P(W_i, W_{i-1} W_{i-2} \dots W_{i-n+1} | C_j)$$

Una posible ampliación al modelo anterior es sustituir la probabilidad anterior por una gramática de un documento, quedando la formulación así:

$$c_j = \operatorname{argmax}_{c_j \in C} P(c_j | c_{j+1-n}, \dots, c_{j-1})^d \pi P(W_i, W_{i-1} W_{i-2} \dots W_{i-n+1} | C_j)$$

donde c_j es el documento que queremos clasificar en el instante o turno j del documento concreto. Hay que destacar que el documento que se usa, $c_{j+1-n}, \dots, c_{j-1}$ esta limitado por los n - 1 elementos anteriores. Es decir, se usan las etiquetas verdaderas, pero solamente para componer el documento que queremos clasificar. [Ram., 04].

2.2 K vecinos más cercanos

El método de k-vecinos más cercanos forma parte de una familia de técnicas de aprendizaje conocida como aprendizaje basado en ejemplos (*instance-based learning*). El aprendizaje en estos algoritmos consiste simplemente en memorizar los ejemplos de entrenamiento presentados.

Cuando un nuevo ejemplar se le presenta al sistema de aprendizaje, un conjunto de ejemplos *similares* es recuperado de la memoria para clasificar al nuevo ejemplar.

De hecho, muchas técnicas construyen únicamente una aproximación local en la vecindad del ejemplar a clasificar y nunca construyen un estimador que funcione bien en el espacio de ejemplares completo. Esto tiene grandes ventajas cuando la función meta es muy compleja, pero puede ser descrita en términos de una colección de aproximaciones locales menos complejas.

Una desventaja de estas técnicas es que el costo computacional de clasificación es elevado. Esto se debe a que casi todo el cómputo se lleva a cabo al momento de clasificar un nuevo ejemplar. Otra desventaja es que estos métodos generalmente consideran todos los atributos de un ejemplar para establecer el criterio de vecindad.

El método de k -vecinos más cercanos está considerado como el más básico de los métodos de aprendizaje basados en ejemplos. [Gue.,04].

Los ejemplos de entrenamiento son vectores en un espacio característico multidimensional, cada ejemplo está descrito en términos de p atributos considerando q clases para la clasificación. Los valores de los atributos del i -ésimo ejemplo (donde $1 \leq i \leq n$) se representan por el vector p -dimensional

$$x_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi}) \in X$$

Un punto en el espacio es asignado a la clase C si esta es la clase más frecuente entre los k ejemplos de entrenamiento más cercanos; los vecinos más cercanos de un ejemplar se definen en términos de la distancia Euclidiana estándar:

$$\delta(x_i, x_j) \equiv \sqrt{\sum_{r=1}^p (x_{ri} - x_{rj})^2}$$

La fase de entrenamiento del algoritmo consiste en almacenar los vectores característicos y las etiquetas de las clases de los ejemplos de entrenamiento. En la fase de clasificación, la evaluación del ejemplo (del que no se conoce su clase) es representada por un vector en el espacio característico. Se calcula la distancia entre los vectores almacenados y el nuevo vector, y se seleccionan los k ejemplos más cercanos. El nuevo ejemplo es clasificado con la clase que más se repite en los vectores seleccionados.

Este método supone que los vecinos más cercanos nos dan la mejor clasificación y esto se hace utilizando todos los atributos; el problema de dicha suposición es que es posible que se tengan muchos atributos irrelevantes que dominen sobre la clasificación: dos atributos relevantes perderían peso entre otros veinte irrelevantes.

Para corregir el posible sesgo se puede asignar un peso a las distancias de cada atributo, dándole así mayor importancia a los atributos más relevantes. Otra posibilidad consiste en tratar de determinar o ajustar los pesos con ejemplos conocidos de entrenamiento. Finalmente, antes de asignar pesos es recomendable identificar y eliminar los atributos que se consideran irrelevantes.

En el aprendizaje por vecinos más cercanos, la función meta puede ser discreta o continua. Consideremos primero el caso de una función discreta con la forma $f: \mathfrak{R}^p \rightarrow V$, donde V es el conjunto finito $\{v_1, \dots, v_s\}$. El algoritmo de k -vecinos más cercanos se resume en dos algoritmos:

Algoritmo de entrenamiento:

Para cada ejemplo $(x, f(x))$, donde $x \in X$, agregar el ejemplo a la estructura representando los ejemplos de aprendizaje.

Algoritmo de clasificación:

Dado un ejemplar x_q que debe ser clasificado:

Sean x_1, \dots, x_k los k ejemplos más cercanos a x_q en los ejemplos de aprendizaje, regresar:

$$\hat{f}(x_q) \leftarrow \operatorname{argmax}_{v \in V} \sum_{i=1}^k \delta(v | f(x_i))$$

donde: $\delta(a, b) = 1$ si $a = b$; y 0 en cualquier otro caso.

COMO SE MUESTRA, EL VALOR $\hat{f}(x_q)$ DEVUELTO POR EL ALGORITMO COMO UN ESTIMADOR DE $f(x_q)$ ES SÓLO EL VALOR MÁS COMÚN DE f ENTRE LOS k VECINOS MÁS CERCANOS A x_q . SI ELEGIMOS $k = 1$ ENTONCES EL VECINO MÁS CERCANO XI DETERMINA EL VALOR DE $\hat{f}(x_q)$.

OBSERVEN QUE EL MÉTODO DE k -VECINOS MÁS CERCANOS, NUNCA CONSTRUYE UNA HIPÓTESIS GENERAL \hat{f} CON RESPECTO A LA FUNCIÓN META f , SIMPLEMENTE

CALCULA LA CLASIFICACIÓN DE UN NUEVO EJEMPLAR CUANDO ES NECESARIO. [WIK, 08].

3. Método

El procedimiento que se siguió para llegar al fin de la comparación de los métodos de categorización, fueron básicamente cuatro pasos: En primer lugar se llevaron a cabo algunos procesos para transformar los documentos en una matriz de pesos, en segundo lugar se realizó la categorización en donde se aplicó Naive Bayes, en tercer lugar la categorización se realizó aplicando k vecinos más cercanos y por último se evaluó el desempeño de la categorización entre los dos métodos aplicados con las medidas de precisión, exhaustividad y F-measure; con el fin de poder comprobar la hipótesis propuesta al inicio de la investigación.

El modelo bajo el que se diseñó el sistema de categorización de información es UML (Unified Modeling Language), ya que es un lenguaje gráfico que nos permite visualizar, especificar, construir y documentar el sistema de software. Uno de los diagramas UML con los que se inició a trabajar fueron los diagramas de caso de uso.

3.1 DIAGRAMAS DE CASO DE USO

Los casos de uso proporcionan escenarios que indican cómo debería interactuar el sistema con el usuario para conseguir un objetivo específico. En la siguiente figura se muestran los casos de uso que forman el sistema y la forma en que se comunica con el usuario.

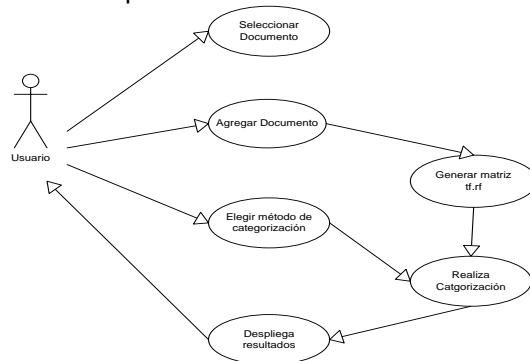


Figura 1. Diagrama general de Casos de uso.

A continuación se describen los métodos más importantes para poder llevar a cabo el software.

3.2 Análisis Léxico

La primera tarea a realizar el análisis léxico es tener un programa fuente (documento) para separarlo en palabras, por lo que es necesario que el usuario seleccione el archivo. En la figura 2 muestra la pantalla en la que el usuario selecciona el documento.

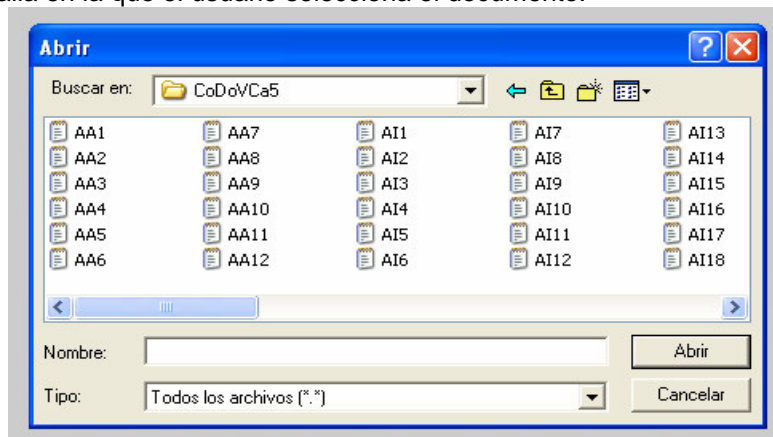


Figura 2. Pantalla para seleccionar un documento.

Una vez que ya se tiene el documento se lee carácter por carácter, verificando si el carácter pertenece a un separador, si el carácter no pertenece a los definidos en la lista de separadores se lee el siguiente carácter, en caso contrario, si el carácter pertenece a los definidos en la lista de separadores, la palabra es separada y etiquetada, una ya que se ha etiquetado la palabra es almacenada en una tabla temporal, la cual contiene los campos lexema y etiqueta, este proceso se repita mientras exista algún carácter en el documento. La figura 3 muestra como el software separa los documentos en palabras.

Documento	Palabra	Longitud	Peso
bh1.txt	ver	3	1
bh1.txt	ocultar	7	1
bh1.txt	resumen	7	1
bh1.txt	[pdf]	5	1
bh1.txt	búsqueda	8	1
bh1.txt	heurística	10	1
bh1.txt	un	2	1
bh1.txt	englobados	10	1
bh1.txt	dentro	6	1
bh1.txt	del	3	1
bh1.txt	paradigma	9	1

Figura 3 Análisis léxico.

3.3 ELIMINACIÓN DE PALABRAS VACÍAS

Después de que se ha separado la palabra se verifica si ésta no se encuentra en la lista de palabras vacías, si la palabra es un separador, un número o pertenece al conjunto de las palabras definidas en la lista de palabras vacías debe ser eliminada.

Para el presente trabajo se utilizó la lista de palabras vacías, propuesta por el grupo de Recuperación de Información Avanzada (REINA) [Rei, 06], la lista de palabras vacías consta de 276 palabras, las cuales no incluyen acentos.

Para eliminar una palabra inicialmente se verifica si la palabra pertenece al conjunto de separadores, si pertenece al conjunto la palabra es eliminada, en caso contrario pregunta si la palabra pertenece a los números, de ser afirmativa la respuesta debe ser eliminada.

En caso de que la palabra no sea un separador o un número compara si la palabra pertenece a la lista de palabras vacías, si efectivamente la palabra se encuentra en la lista de palabras vacías es eliminada, en caso contrario la palabra se conserva en la lista.

Para verificar que la tarea de eliminación de palabras vacías se está llevando de manera adecuada, es necesario mostrarle al usuario del software las palabras que no son eliminadas y así comprobar que el proceso se está efectuando de manera precisa. La figura 4 muestra la pantalla la cual incluye las palabras que no son eliminadas.

Documento	Palabra	Longitud	Peso
bh1.txt	ver	3	1
bh1.txt	ocultar	7	1
bh1.txt	resumen	7	1
bh1.txt	[pdf]	5	1
bh1.txt	búsqueda	8	1
bh1.txt	heurística	10	1
bh1.txt	englobados	10	1
bh1.txt	paradigma	9	1
bh1.txt	basan	5	1
bh1.txt	principalme...	14	1
bh1.txt	sustituir	9	1

Figura 4. Pantalla de eliminación de palabras vacías

3.4 OBTENCIÓN DE RAÍCES

Para obtener las raíces, los pasos se pueden resumir de la siguiente manera:

- Paso 1: Eliminación de pronombre adjunto.
- Paso 2: Eliminación de sufijos usuales. Hacer el paso 3a si no aplicó alguna de las reglas en el paso 2.
- Paso 3a: Eliminación de sufijos de verbos que inician en **y**. Hacer el paso 3b, si no ha eliminado algún sufijo.
- Paso 3b: Eliminación de sufijos de otros verbos.
- Paso 4: Eliminación de sufijo residual.
- Paso 5: Al final quite los acentos y pase la palabra a minúsculas.

Para aplicar los pasos anteriores es necesario calcular previamente las regiones $R1$, $R2$ y RV . Los pasos se aplican de manera secuencial y tiene prioridad el mayor de los sufijos que cumplan con las condiciones establecidas.

3.5 Esquema de ponderación

Para aplicar el esquema de ponderación $tf.rf$ es necesario efectuar una serie de cálculos previos, el primer paso consiste en calcular el esquema tf el cual cuenta cuantas veces a parece un término en un documento. Ya obtenido el esquema tf se procede a contar cuantos términos diferentes existen en la colección de documentos, la operación se efectúa con la finalidad de que los vectores sean del mismo número de características. Posteriormente se calcula cuantas clases diferentes existen, con el número de clases y términos diferentes se genera una matriz para obtener los valores n_i y n_{i-} de la ecuación. Donde n_i es el número de documentos que contienen el término i , n_{i-} es el número de documentos que contienen el término i pero que no pertenecen a la clase.

$$\log_2\left(1 + \frac{n_i}{n_{i-}}\right)$$

Obtenidos los valores correspondientes para n_i y n_{i-} para cada una de las categorías se realizan los cálculos conforme la ecuación $\log\left(1 + \frac{n_i}{n_{i-}}\right)$ y se multiplica por el esquema de ponderación tf para obtener la matriz de pesos $tf.rf$.

Como se ha mencionado la primera tarea es calcular el esquema de ponderación tf , que calcula cuantas veces se repite un término en un documento en particular, el esquema tf es el primer operando del esquema $tf.rf$, ya que como su nombre lo indica es frecuencia de término por relevancia de la frecuencia.

La figura 5 muestra la pantalla después de aplicar el esquema de ponderación tf .

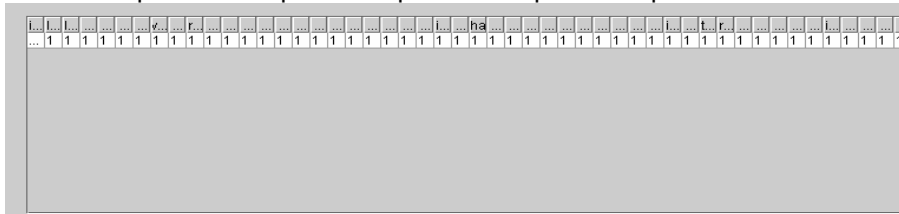


Figura 5 Pantalla donde muestra el vector de pesos de tf .

3.6 Algoritmo de categorización

Para llevar a cabo la categorización de textos se utilizó Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) [Gar., 04] una herramienta que cuenta con una extensa colección de algoritmos; útiles para ser aplicados sobre datos mediante interfaces, adicionalmente la licencia de Weka es de libre distribución y difusión.

Weka trabaja con un formato llamado $arff$, acrónimo de Attribute-Relation File Format. Este formato está compuesto por una estructura claramente diferenciada en tres partes, la primera parte es la Cabecera, en la cual se define el nombre de la relación. La segunda sección es la

Declaración de atributos, en esta sección se declaran los atributos que compondrán nuestro archivo junto a su tipo. Y la última parte es la de sección de datos, aquí declaramos los datos que componen la relación separando entre comas los atributos y con saltos de línea los patrones.

Es posible añadir comentarios con el símbolo "%", que indicará que desde ese símbolo hasta el final de la línea es todo un comentario. Los comentarios pueden situarse en cualquier lugar del archivo

4. Resultados

4.1 COLECCIÓN DE DOCUMENTOS

Debido a que no se contó con el acceso a un banco de información documental en forma de texto digital, en una primera fase, fue necesario crear una colección de documentos, la colección fue elaborada tomando los resúmenes de algunos de los artículos publicados en la Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial [AEPIA, 06], una publicación periódica y de libre distribución en su formato digital. Los textos se encuentran distribuidos en las siguientes categorías: Aprendizaje Automático (AA), Algoritmos Genéticos (AG), Agentes Inteligentes (AI), Búsqueda Heurística (BH), Interacción persona-ordenador (IP), Redes Neuronales (RN), Robótica (RO) y Razonamiento Temporal (RT) la tabla 1 muestra la cantidad de documentos por cada una de las categorías creadas, a esta colección la llamamos CoDo_VCa_8Pa_100. Para nombrar a una colección de documentos se utilizó la siguiente notación: CoDo_#Ca_\$_Pa&, Donde: Co de colección, Do_ de documentos, # indica el número de documentos contenidos en una categoría, se utiliza V (variado) cuando el número de documentos es diferente para al menos dos categorías, \$ es un número entero e indica el número de categorías existentes en la colección, Pa_ de patrones y & es el número de documentos.

Tabla 1. Número de documentos por categoría en la colección CoDo_VCa_8Pa_100

<i>Categoría</i>	<i>Número de documentos</i>
<i>APRENDIZAJE AUTOMÁTICO</i>	<i>12</i>
<i>ALGORITMOS GENÉTICOS</i>	<i>6</i>
<i>AGENTES INTELIGENTES</i>	<i>35</i>
<i>BÚSQUEDA HEURÍSTICA</i>	<i>11</i>
<i>INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR</i>	<i>12</i>
<i>REDES NEURONALES</i>	<i>8</i>
<i>ROBÓTICA</i>	<i>11</i>
<i>RAZONAMIENTO TEMPORAL</i>	<i>5</i>

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La figura 6 muestra los promedios de los niveles de F-measure obtenidos con los algoritmos de clasificación K vecinos más cercanos y Naive Bayes, para 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 términos.

Con esta última gráfica de la colección podemos decir que el k vecinos más cercanos devuelve mejores resultados que Naive Bayes para esta la colección CoDo_VCa_8Pa_100Li1.

La figura 7 muestra el comportamiento de los algoritmos de clasificación con la medida F-measure.

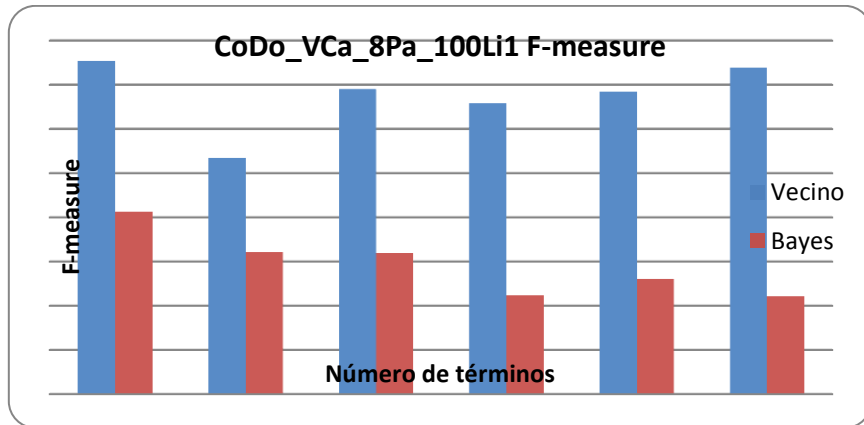


Figura 6. Comparación de F-measure para la colección CoDo_VCa_8Pa_100Li1.

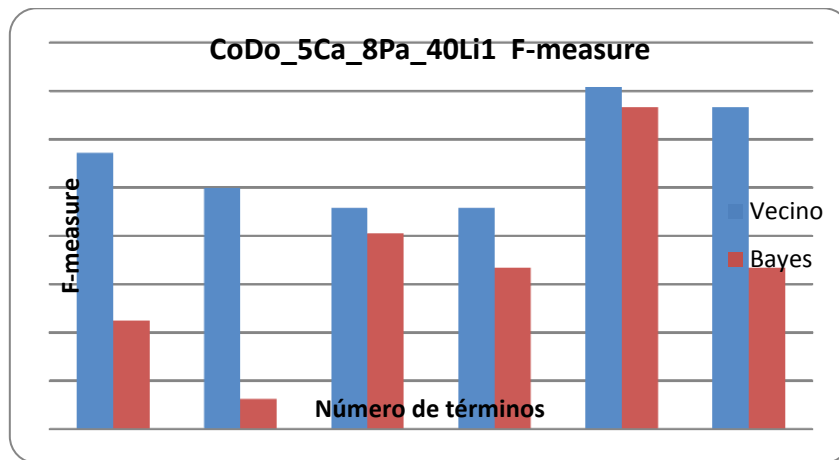


Figura 7. Comparación de F-measure para la categoría CoDo_5Ca_8Pa_40Li1.

En la gráfica se observa que el k vecinos más cercanos es mejor cuando el número de términos es grande, lo contrario a lo que pasa con Naive Bayes que retorna mejores resultados cuando el número de términos es pequeño.

La figura 8 muestra los promedios de los niveles de F-measure obtenidos con los algoritmos de clasificación K vecinos más cercanos y Naive Bayes, para 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 términos.

Nuevamente el k vecinos más cercanos vuelve a sobre salir con los resultados que devuelve y Naive Bayes queda otra vez por debajo del k vecinos más cercanos.

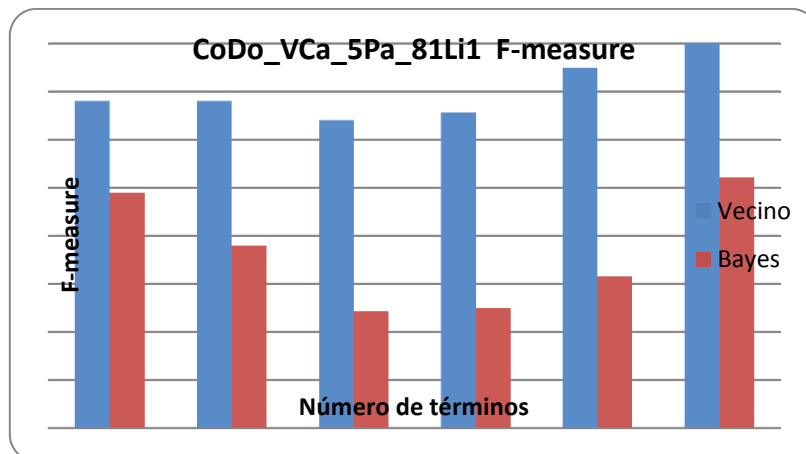


Figura 8. Comparación de F-measure para la categoría CoDo_VCa_5Pa_81Li1.

5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados analizados, se puede concluir cual de los dos algoritmos de clasificación (k vecinos más cercanos y Naive Bayes) genera mejores resultados.

Para las primeras pruebas, utilizando las colecciones CoDo_VCa_8Pa_100Li1, CoDo_5Ca_8Pa_40Li1, CoDo_VCa_5Pa_81Li1 y CoDo_11Ca_5Pa_55Li1 los mejores resultados los obtiene el algoritmo de k vecinos más cercanos, para todas las categorías.

Los valores que devuelve Naive Bayes están evidentemente por debajo de los de su oponente, pero en algunas colecciones como CoDo_5Ca_8Pa_40Li1 para precisión con 300 términos y para exhaustividad para 500 términos obtuvo mejores resultados que el k vecinos más cercanos, pero también hay que tomar en cuenta que los valores son un poco bajos en comparación a los obtenidos en otras colecciones.

Otro caso en donde Naive Bayes mejoró los resultados en exhaustividad de k vecinos más cercanos fue, en la colección CoDo_VCa_5Pa_81Li1 para 100 términos, pero la diferencia es muy pequeña.

Para la colección CoDo_11Ca_5Pa_55Li1 en las medidas precisión y exhaustividad Naive Bayes genero buenos resultados para 200 y 300 términos.

Pero general para las cuatro colecciones CoDo_5Ca_8Pa_40Li1, CoDo_VCa_5Pa_81Li1 y CoDo_11Ca_5Pa_55Li1, el mejor desempeño en clasificación lo tuvo K vecinos más cercanos.

Para el segundo grupo de colecciones el número de documentos fue notablemente menor en comparación del primer grupo, debido a esta diferencia los resultados de los algoritmos también cambiaron mucho.

En la segunda fase de pruebas Naive Bayes obtuvo mejores resultados que el k vecinos más cercanos, debido a que este en la mayoría de las pruebas obtuvo cero.

En base a las pruebas realizadas y al análisis de resultados, podemos concluir que el k vecinos más cercanos es mejor que Naive Bayes, porque aunque con el segundo grupo de colecciones Naive Bayes fue mejor, también es muy claro que los resultados son muy bajos en comparación con los que se obtuvieron con el primer grupo de colecciones.

6. fuentes consultadas

[AEPIA, 06] **ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (AEPIA), REVISTA IBEROAMERICANA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL, WWW.AEPIA.ORG , ESPAÑA, 2006.**

[Alo., 03] ALONSO, Miguel A., Jesús Vilares, Francisco J. Ribadas. "Experiencias del Grupo COLE en la aplicación de técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural a la Recuperación de

Información en español". Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. Número 20, España, 2003.

[Can., 04] CANO, Rojas Roberto. "Prototipo de verificación y creación del documento de titulación del Instituto Tecnológico de Toluca" Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Toluca, México, 2004.

[Cas., 02] CASTILLO, Hernández Gabriel. "Algoritmo revisado para la extracción automática de agrupamientos semánticas" Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2002.

[Fer., 07] <http://ferbor.blogspot.com/2007/06/clasificacn-de-textos-por-el-mtodo.html>

[gAR.,00] GARCÍA FIGUEROLA, CARLOS. ÁNGEL FRANCISCO ZAZO RODRÍGUEZ, JOSÉ LUÍS ALONSO BERROCAL. "CATEGORIZACIÓN AUTOMÁTICA DE DOCUMENTOS EN ESPAÑOL: ALGUNOS RESULTADOS EXPERIMENTALES". PRIMERAS JORNADAS DE BIBLIOTECAS DIGITALES, JBIDI-2000, VALLADOLID, ESPAÑA,NOVIEMBRE 2000.

[GAR., 04] GARCÍA FIGUEROLA, CARLOS. JOSÉ LUÍS ALONSO BERROCAL, ÁNGEL FRANCISCO ZAZO RODRÍGUEZ, EMILIO RODRÍGUEZ VÁZQUEZ. "LA RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN EN ESPAÑOL Y LA NORMALIZACIÓN DE TÉRMINOS". REVISTA IBEROAMERICANA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL. VOL. 7, NÚMERO 22, ESPAÑA, 2004.

[Gar., 04a] GARCÍA, Morate Diego. "Manual de WEKA" Reporte técnico, Universidad de Waikato, Nueva Zelanda, 2004.

[GAR., 04B] GARCÍA FIGUEROLA, CARLOS. JOSÉ LUÍS ALONSO BERROCAL, ÁNGEL FRANCISCO ZAZO RODRÍGUEZ, EMILIO RODRÍGUEZ VÁZQUEZ. "ALGUNAS TÉCNICAS DE CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE DOCUMENTOS". CUADERNOS DE DOCUMENTACIÓN MULTIMEDIA. NO. 15. 2004. PAGES 1-2.

[Gue.,04] GUERRA, Hernández Alejandro. "Aprendizaje Automático: otras técnicas estadísticas de discriminación". Universidad Veracruzana. Facultad de física e Inteligencia Artificial. 2004.

[Her., 04a] HERNÁNDEZ, Cardona Bany Sabel "Prototipo de Verificación y Creación del Documento de Titulación Opción I del Instituto Tecnológico de Toluca" Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Mayab (CONIEEM), México, 2004.

[Jos] MALPICA Velasco José Antonio. "Inteligencia Artificial y conciencia" Profesor Titular en el Departamento de Matemáticas de la UAH, en el área de conocimiento Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.

http://www2.uah.es/benito_fraile/ponencias/inteligencia-artificial.pdf

[Lan., 05] LAN Man, Sam-Yuan Sung, Hwee-Boon Low, Chew-Lim Tan. "A comprehensive Comparative Study on Term Weighting Schemes for text Categorization with Support Vector Machines". 14th International Conference on Word Wide Web. Chiba, Japón, 2005.

[Ram., 04] RAMÓN Granell, Sergio Grau, Maria José Castro. Clasificación de actos de de Diálogo usando Naïve Bayes. Universidad Politécnica de Valencia. 2004.

[Rei., 06] Grupo de Recuperación de Información Avanzada, "Lista de palabras vacías", Universidad de Salamanca, España, 2006.

<http://reina.usal.es/materiales.htm>, (Julio, 2006).

[Tell., 05] TÉLLEZ, Valero Alberto. "Extracción de información con algoritmos de clasificación". Tesis de maestría. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Eléctrica. Puebla, México, 2005.

[Wik., 08] <http://es.wikipedia.org/wiki/Knn>.

COMPARACIÓN DEL ALGORITMO DE PORTER Y DE LEMATIZACIÓN FLEXIVA

Benjamín López González¹, Roberto Cano Rojas², Mauro Sánchez Sánchez³, Bany Sabel Hernández Cardona⁴, Mara Nefertiti Patricia Hinojosa Garduño⁵

1, 2, 3, 4, 5 Instituto Tecnológico de Toluca

Av. Tecnológico s/n, Exrancho la Virgen, Metepec Estado de México c. p. 52140 tel. (722)2087200

1, 5 Unidad Académica Profesional Tianguistenco

Paraje el Tejocote, San Pedro Tlaltizapan, Tianguistenco Estado de México c. p. 52640 tel. (722) 4810800

1 blopezq@uaemex.mx, blopezq@ittoluca.edu.mx 2 bob_cano25@hotmail.com, 3 mss_ms2@hotmail.com 4 banyshc@yahoo.com.mx

Resumen

La búsqueda de información sobre Internet se hace mediante el uso de motores de búsqueda. Dichos motores deben encontrar páginas Web de interés para cada usuario. Los motores permiten al usuario encontrar palabras o frases para guiarle en su búsqueda de información. A partir de esas palabras o frases el motor debe reconstituir el entorno de la búsqueda. Por eso, necesitan un análisis de la entrada de cada usuario, dicho análisis requiere un conocimiento importante sobre la sintaxis, la semántica, la ortografía y la gramática del idioma. Por lo que el procesamiento del lenguaje natural es una herramienta necesaria para cada motor de búsqueda sobre Internet. [PIn, 08]

Se llevó a cabo la representación de los documentos, utilizando el modelo del Espacio Vectorial, que incluye la eliminación de palabras poco relevantes empleando las listas de palabras vacías propuestas por el Grupo Reina y por Vilares. Del resto de las palabras se obtienen sus raíces utilizando el algoritmo de Snowball y el de Lematización Flexiva.

Para llevar a cabo La extracción de raíces se empleo el Algoritmo de Snowball y el de Lematización Flexiva. Para conocer el comportamiento del algoritmo de Lan, se realizaron diferentes experimentos con 30, 60, 65, y 100 documentos para 6 y 4 categorías, y con 40, 55, 81 y 100 documentos para 5 y 8 categorías. Finalmente se evaluó la Precisión, Exhaustividad y F-Measure obtenida con el Algoritmo de Snowball y Lematización Flexiva para la obtención de raíces, en cada una de las condiciones establecidas.

Abstract

Searching for information on the Internet is by using search engines. These engines must find Web pages relevant to each user. The engines allow the user to find words or phrases to guide your search for information. From these words or phrases the engine must reconstitute the search environment. So, they need an analysis of each user input, such analysis requires significant knowledge about the syntax, semantics, spelling and grammar of the language. As natural language processing is a necessary tool for every search engine on the Internet. [PIn, 08]

He took out the representation of documents, using the Vector Space Model, which includes the elimination of irrelevant words using stop word lists proposed by the group Queen and Vilares. The rest of the words roots are obtained using the algorithm and the Snowball Stemming inflected.

To perform root extraction was employed Algorithm Lemmatization Snowball and the inflected. To understand the behavior of the algorithm Lan, different experiments were performed with 30, 60, 65, and 100 documents for 6 and 4 categories, with 40, 55, 81 and 100 documents for 5 and 8 categories. Finally we evaluated the accuracy, Completeness and F-Measure obtained with Snowball and Stemming Algorithm for obtaining inflected roots in each of the conditions.

1. INTRODUCCIÓN

La Categorización de Texto utiliza de una forma u otra, recuentos de frecuencias de palabras que aparecen en los documentos. Tales recuentos conllevan la necesidad de normalizar dichos términos. Una simple normalización (pasar mayúsculas a minúsculas, eliminar acentos y otros diacríticos) parece insuficiente, ya que muchas palabras, podrían ser agrupadas bajo una única forma, al tener contenidos semánticos muy cercanos. Las

posibles variaciones de los derivados, junto con formas flexionadas, alteraciones en género y número, etc. hacen aconsejable un agrupamiento de tales variantes bajo un único término. Lo contrario produce una dispersión en el cálculo de frecuencias de tales términos, así como la dificultad de manejar grandes cantidades de términos. Esta operación es lo que en inglés se conoce como.

Es posible aplicar conocimiento lingüístico más complejo para tratar de reducir todas las palabras de una misma familia a un mismo lema. En este sentido, parece que la distancia semántica entre un lema y sus posibles variantes morfológicas o flexiones es escasa, por lo que fundir tales términos bajo una única forma podría aumentar la eficiencia en la categorización. Así, para Lematizar una palabra, se busca el sufijo más largo que coincida con el fin de esa palabra y se forma el traductor de estados finitos correspondiente con las reglas de ese sufijo. La red de ese traductor de estados finitos se recorre con la palabra a Lematizar, y las cadenas obtenidas en el nodo terminal del traductor de estados finitos se contrastan con un diccionario de lemas. Si se encuentra en ese diccionario, la cadena obtenida se da como lema correcto esta tarea es conocida como lematización flexiva.

El algoritmo de Porter permite, extraer los sufijos y prefijos comunes de palabras literalmente diferentes pero con una raíz común que pueden ser considerados como un solo término. En él podemos diferenciar dos fases: una fase de eliminación de sufijos en base a una lista prefijada de los mismos, y una fase de recodificación de la cadena resultante de acuerdo a una serie de reglas. Asimismo se aplican una serie de restricciones respecto a la longitud de la raíz resultante.

Actualmente en el Instituto Tecnológico de Toluca, se desea hacer una Biblioteca Virtual por lo que se tiene la necesidad de hacer un análisis comparativo para comprobar que tan eficientes son los algoritmos de Porter y de Lematización Flexiva para la obtención de raíces, en cuanto a Exhaustividad, Precisión y F-Measure y poder ser aplicado en dicho Proyecto.

En el presente trabajo se realiza un análisis comparativo para la obtención de raíces, mediante los algoritmos de Lematización Flexiva y de Porter para determinar cuál de estos es más efectivo, tomando en consideración los criterios básicos de Precisión, Exhaustividad y F-Measure.

En el trabajo se tiene como hipótesis que el algoritmo de Porter en relación al algoritmo de Lematización Flexiva es el más efectivo en cuanto a Precisión, Exhaustividad y F-Measure, para la categorización de documentos.

La importancia del trabajo radica en que al determinar cuál de los dos métodos, muestra mejores resultados, permitirá que el proyecto de biblioteca virtual de Tesis, sea eficiente, y logre la reducción de costos y tiempo de procesamiento en cuanto a la recuperación de información.

2. FUNDAMENTOS

2.1 Obtención de raíces

La Categorización de Texto utiliza de una forma u otra, recuentos de frecuencias de palabras que aparecen en los documentos. Tales recuentos conllevan la necesidad de normalizar dichos términos. Una simple normalización (pasar mayúsculas a minúsculas, eliminar acentos y otros diacríticos) parece insuficiente, ya que muchas palabras, podrían ser agrupadas bajo una única forma, al tener contenidos semánticos muy cercanos. Las posibles variaciones de los derivados, junto con formas flexionadas, alteraciones en género y número, etc. hacen aconsejable un agrupamiento de tales variantes bajo un único término. Lo contrario produce una dispersión en el cálculo de frecuencias de tales términos, así como la dificultad de manejar grandes cantidades de términos. Esta

operación es lo que en Ingles se conoce como Stemming [Van, 79], [Alonso, 03], [García, 04], [Yolis, 03].

2.2 Lematización Flexiva

A diferencia de las técnicas anteriores, es posible aplicar conocimiento lingüístico más complejo para tratar de reducir todas las palabras de una misma familia a un mismo lema. En este sentido, parece que la distancia semántica entre un lema y sus posibles variantes morfológicas o flexiones es escasa, por lo que fundir tales términos bajo una única forma podría aumentar la eficiencia en la categorización [García, 01].

Determinar el lema original que, flexionado, ha dado lugar a un término que podamos hallar en un documento implica efectuar un análisis morfológico de dicho término. La base del analizador morfológico propuesto por García y colaboradores [García, 01], [García, 04], consiste en un traductor de estados finitos que intenta representar las modificaciones experimentadas por un lema cuando se flexiona, añadiéndole un determinado sufijo. Así, hay una instancia de ese traductor de estados finitos para cada sufijo contemplado; cada uno de éstos conlleva una serie de reglas que expresan cómo se incorpora ese sufijo a un lema. Dado que, para un mismo sufijo, puede existir multitud de variantes y de excepciones, en ocasiones el traductor de estados finitos resultante puede ser bastante complejo. Así, para lematizar una palabra, se busca el sufijo más largo que coincida con el fin de esa palabra y se forma el traductor de estados finitos correspondiente con las reglas de ese sufijo. La red de ese traductor de estados finitos se recorre con la palabra a lematizar, y las cadenas obtenidas en el nodo terminal del traductor de estados finitos se contrastan con un diccionario de lemas. Si se encuentra en ese diccionario, la cadena obtenida se da como lema correcto. Sin embargo, a un mismo término pueden aplicársele en ocasiones varios sufijos, lo que obliga a probar todos ellos [García, 04]. Si, agotadas las posibilidades, ninguna de las cadenas terminales obtenidas por el traductor de estados finitos se encuentra en el diccionario de lemas, se deduce que, o bien la palabra puede considerarse normalizada en sí misma, o bien se trata de un caso no previsto por el lematizador. Esto último puede significar lo siguiente:

- a) La palabra tiene un sufijo no recogido en la lista de sufijos del lematizador.
- b) El sufijo se añade de manera no prevista por las reglas incorporadas en la base de conocimiento.
- c) El lema no está recogido en el diccionario de lemas.

Esto permite someter al lematizador a un proceso de entrenamiento de manera que, manualmente, se examinan los resultados de lematizar palabras de un corpus y se corrige la base de conocimiento del lematizador cuando sea necesario [García, 04]. Cada sufijo contemplado lleva información acerca del tipo de flexión que produce. Sin embargo, un mismo sufijo puede corresponder a diversas flexiones, por lo que, en muchos casos, obtendremos varios posibles lemas para un mismo término. De otro lado, hay sufijos que pueden solaparse entre sí; esto produce también varios lemas para un mismo término. Así pues, es preciso efectuar una desambiguación morfosintáctica para elegir el lema correcto [Vilares, 05].

3. MÉTODO

A continuación escribo la metodología utilizada para el desarrollo del software la cual comprueba la hipótesis del trabajo de investigación que tiene como objetivo principal el conocer si el algoritmo de Lan para categorizar textos, y el algoritmo de Lematización Flexiva, resulta eficiente para la realización de la biblioteca virtual que actualmente requiere el Tecnológico de Toluca.

El proyecto consta de los siguientes pasos:

- 1.- Se efectúa la obtención de raíces por medio del algoritmo de Porter y de Lematización Flexiva.
- 2.- Se realizan las operaciones necesarias para transformar una serie de documentos en una matriz de pesos.
- 3.- Se lleva a cabo la categorización para lo cual se utilizan las Máquinas de Soporte Vectorial
- 4.- Se evalúa el desempeño de la categorización con las medidas de Precisión, Exhaustividad y F-Measure para poder comprobar la hipótesis del trabajo de investigación.

De acuerdo con los lineamientos del proceso unificado de desarrollo de software se emplea el Lenguaje de Modelado Único (UML) para describir los procesos de la categorización, se utiliza UML ya que permite generar diseños que capturan las ideas de una forma convencional y fácil de comprender para comunicárselas a otras personas. A continuación se presentan los diagramas que describen de manera detallada dicho proceso.

3.1 Diagrama de caso de uso general

La figura 1 ilustra la secuencia de pasos respecto al uso general del software.

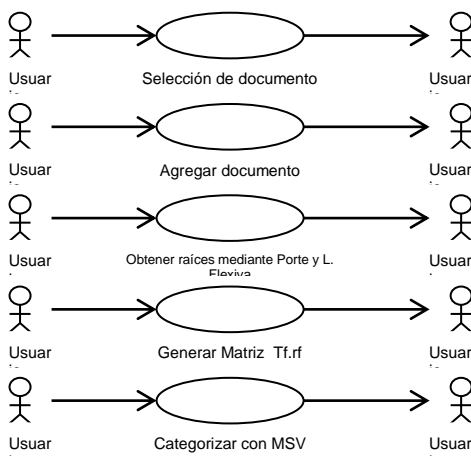


Figura 1 Diagrama de caso de usos general

En la figura 1 se describen cinco tareas principales las primeras tres se utilizan para seleccionar un documento y representarlo en una matriz de vectores, haciendo uso del modelo vectorial y el esquema de ponderación *tf.rf*. El último paso consiste en llevar a cabo la categorización de los documentos utilizando Máquinas de Soporte Vectorial, aquí también se efectúa la evaluación sobre el desempeño de la categorización.

3.2 Análisis Léxico

En la clase Léxico se efectúa el análisis léxico con la finalidad de dividir los documentos en términos, los documentos son leídos carácter por carácter hasta encontrar un separador, por lo cual es necesario definir una lista de separadores, dentro de esta lista tenemos el espacio en blanco, la coma, el punto entre otros.

La primera tarea a realizar el análisis léxico es tener un programa fuente (documento) para separarlo en palabras, por lo que es necesario que el usuario seleccione el documento. En la figura 2 muestra la pantalla en la que el usuario selecciona el documento.

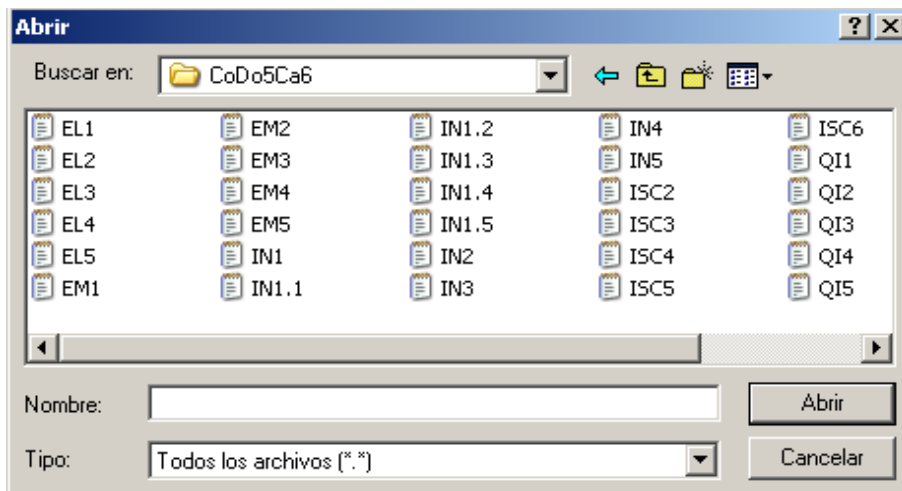


Figura 2 Pantalla para seleccionar un documento.

Una vez que ya se tiene el documento se lee carácter por carácter, verificando si el carácter pertenece a un separador, si el carácter no pertenece a los definidos en la lista de separadores se lee el siguiente carácter, en caso contrario, si el carácter pertenece a los definidos en la lista de separadores, la palabra es separada y etiquetada, una ya que se ha etiquetado la palabra es almacenada en una tabla temporal, la cual contiene los campos lexema y etiqueta, este proceso se repita mientras exista algún carácter en el documento. La figura 3 muestra como el software separa los documentos en palabras.

Analizador de Documentos - Informacion de Archivos			
Archivo Actual			
Documento1	Palabra	Longitud	Peso
EL1.txt	titul	5	1
EL1.txt	analog	6	1
EL1.txt	nombr	5	1
EL1.txt	marlon	6	1
EL1.txt	sern	4	1
EL1.txt	pier	4	1
EL1.txt	carrer	6	1
EL1.txt	ingenier	8	1
EL1.txt	electromecan	12	1
EL1.txt	conclusion	10	1
EL1.txt	proyect	7	1

Figura 3 Análisis léxico.

3.3 Eliminación de palabras vacías

Después de que se ha separado la palabra se verifica si ésta no se encuentra en la lista de palabras vacías, si la palabra es un separador, un número o pertenece al conjunto de las palabras definidas en la lista de palabras vacías debe ser eliminada.

Para el presente trabajo se utilizaron dos listas de palabras vacías, la primera de ellas es la propuesta por el grupo de Recuperación de Información Avanzada (REINA) [Reina, 06], la lista de palabras vacías consta de 276 palabras, las cuales no incluyen acentos.

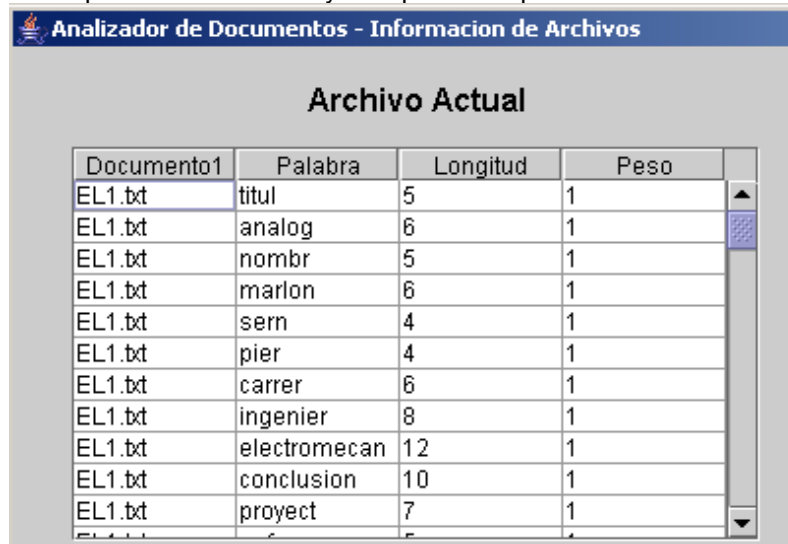
La segunda lista de palabras vacías fue tomada de los anexos del trabajo doctoral de Vilares [Vilares, 05], la cual consta de 348 palabras.

Para eliminar una palabra inicialmente se verifica si la palabra pertenece al conjunto de separadores, si pertenece al conjunto la palabra es eliminada, en caso contrario pregunta si la palabra pertenece a los números, de ser afirmativa la respuesta debe ser eliminada.

En caso de que la palabra no sea un separador o un número compara si la palabra pertenece a la lista de palabras vacías, si efectivamente la palabra se encuentra en la lista de palabras vacías es eliminada, en caso contrario la palabra se conserva en la lista.

Para verificar que la tarea de eliminación de palabras vacías se está llevando de manera adecuada, es necesario mostrarle al usuario del software las palabras que no son eliminadas y así comprobar que el proceso se está efectuando de manera precisa.

La figura 4 muestra la pantalla la cual incluye las palabras que no son eliminadas.



Documento1	Palabra	Longitud	Peso
EL1.txt	titul	5	1
EL1.txt	analog	6	1
EL1.txt	nombr	5	1
EL1.txt	marlon	6	1
EL1.txt	sern	4	1
EL1.txt	pier	4	1
EL1.txt	carrer	6	1
EL1.txt	ingenier	8	1
EL1.txt	electromecan	12	1
EL1.txt	conclusion	10	1
EL1.txt	proyect	7	1

Figura 4 Pantalla de eliminación de palabras vacías

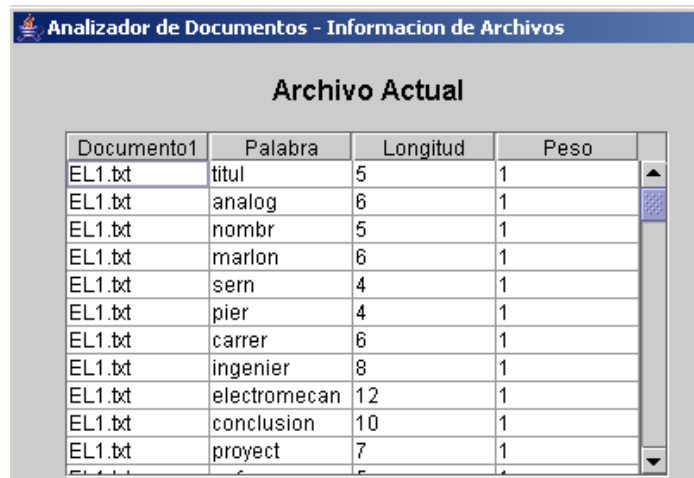
3.4 Obtención de raíces

En general los pasos se pueden resumir de la siguiente manera:

- Paso 1: Eliminación de pronombre adjunto.
- Paso 2: Eliminación de sufijos usuales. Hacer el paso 3a si no aplicó alguna de las reglas en el paso 2.
- Paso 3a: Eliminación de sufijos de verbos que inician en **y**. Hacer el paso 3b, si no ha eliminado algún sufijo.
- Paso 3b: Eliminación de sufijos de otros verbos.
- Paso 4: Eliminación de sufijo residual.
- Paso 5: Al final quite los acentos y pase la palabra a minúsculas.

Para aplicar los pasos anteriores es necesario calcular previamente las regiones *R1*, *R2* y *RV*. Los pasos se aplican de manera secuencial y tiene prioridad el mayor de los sufijos que cumplan con las condiciones establecidas.

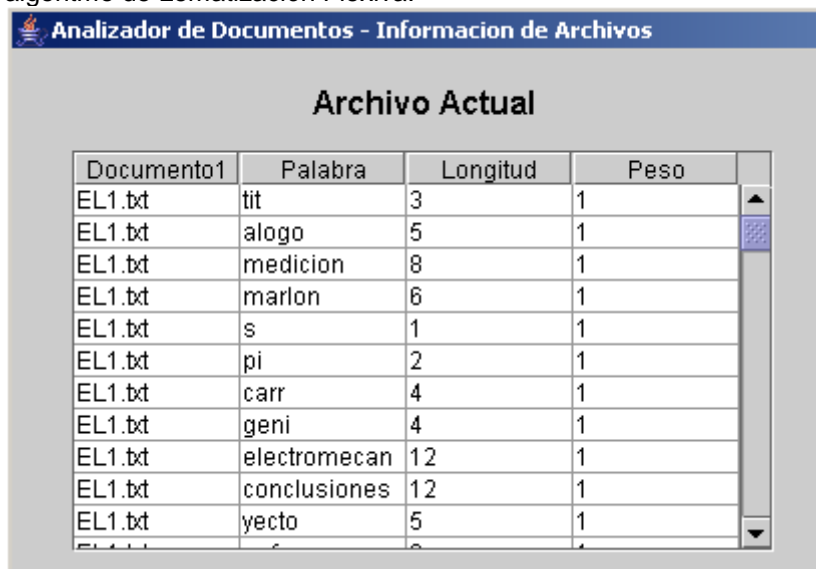
En la figura 5 muestra la pantalla en la cual se muestran las raíces obtenidas después de que se ha aplicado Snowball.



Documento1	Palabra	Longitud	Peso
EL1.txt	titul	5	1
EL1.txt	analog	6	1
EL1.txt	nombr	5	1
EL1.txt	marlon	6	1
EL1.txt	sern	4	1
EL1.txt	pier	4	1
EL1.txt	carrer	6	1
EL1.txt	ingenier	8	1
EL1.txt	electromecan	12	1
EL1.txt	conclusion	10	1
EL1.txt	proyect	7	1

Figura 5 Pantalla de obtención de raíces mediante el algoritmo de Snowball.

En la figura 6 muestra la pantalla en la cual se muestran las raíces obtenidas después de que se ha aplicado el algoritmo de Lematización Flexiva.



Documento1	Palabra	Longitud	Peso
EL1.txt	tit	3	1
EL1.txt	alogo	5	1
EL1.txt	medicion	8	1
EL1.txt	marlon	6	1
EL1.txt	s	1	1
EL1.txt	pi	2	1
EL1.txt	carr	4	1
EL1.txt	geni	4	1
EL1.txt	electromecan	12	1
EL1.txt	conclusiones	12	1
EL1.txt	yecto	5	1

Figura 6 Pantalla de obtención de raíces mediante el algoritmo de Lematización Flexiva.

3.5 Esquema de ponderación

Para aplicar el esquema de ponderación $tf.rf$ es necesario efectuar una serie de cálculos previos, el primer paso consiste en calcular el esquema tf el cual cuenta cuantas veces a parece un término en un documento. Ya obtenido el esquema tf se procede a contar cuantos términos diferentes existen en la colección de documentos, la operación se efectúa con la finalidad de que los vectores sean del mismo número de características. Posteriormente se calcula cuantas clases diferentes existen, con el número de clases y términos diferentes se genera una matriz para obtener los valores n_i y n_{i-} de la ecuación. Donde n_i es el número de documentos que contienen el término i , n_{i-} es el número de documentos que contienen el término i pero que no pertenecen a la clase.

$$\log_2 \left(1 + \frac{n_i}{n_{i-}} \right)$$

Obtenidos los valores correspondientes para n_i y n_{i-} para cada una de las categorías se realizan los cálculos conforme la ecuación y se multiplica por el esquema de ponderación tf para obtener la matriz de pesos $tf.rf$.

Agentes Inteligentes (AI), Búsqueda. Heurística (BH), Interacción persona-ordenador (IP), Redes Neuronales (RN), Robótica (RO) y Razonamiento Temporal (RT) la tabla 1 muestra Documentos por cada una de las categorías creadas a esta colección la llamamos CoDo_VCa_8Pa_100. Para nombrar a una colección de documentos se utilizó la siguiente notación: CoDo_#Ca_\$_Pa&, Donde: Co de colección, Do_ de documentos, # indica el número de documentos contenidos en una categoría, se utiliza V (variado) cuando el número de documentos es diferente para al menos dos categorías, \$ es un número entero e indica el número de categorías existentes en la colección, Pa_ de patrones y & es el número de documentos.

Tabla 1 Documentos por categoría en la colección CoDo_VCa_6Pa_100

Categoría	Número de documentos
Electrónica	5
Electromecánica	10
Industrial	25
Sistemas	30
Química	30

Tabla 1 Documentos por categoría en la colección CoDo_VCa_8Pa_100

Para poder llevar a cabo la categorización fue necesario generar los vectores de los documentos utilizando el esquema de ponderación *tf.rf* por lo cual se generaron dieciséis matrices de documentos, las primeras cuatro se crearon utilizando el algoritmo de Porter, las otras cuatro emplearon el algoritmo de Lematización Flexiva. En la tabla 2 se muestran el nombre de los archivos generados, a la colección original se agregó la terminación Po1 para las matrices generadas utilizando el algoritmo de Porter y LF1 para las matrices generadas el algoritmo de Lematización Flexiva.

Tabla 2 Nombres de archivos generados

Nombre	Algoritmo de Porter	Algoritmo de Lematización Flexible
CoDo_5Ca_6Pa_30	CoDo_30Ca_5Pa_1233Po1	CoDo_30Ca_5Pa_417LF1
CoDo_15Ca_4Pa_60	CoDo_60Ca_4Pa_2184Po1	CoDo_60Ca_4Pa_985LF1
CoDo_vCa_4Pa_65	CoDo_65Ca_4Pa_2312Po1	CoDo_66Ca_4Pa_1090LF1
CoDo_VCa_6Pa_100	CoDo_100Ca_5Pa_2920Po1	CoDo_100Ca_5Pa_2031LF1
CoDo_VCa_8Pa_99	CoDo_99Ca_8Pa_1922PoM	CoDo_80Ca_5Pa_1589LM
CoDo_5Ca_8Pa_40	CoDo_40Ca_8Pa_1115PoM	CoDo_40Ca_8Pa_983LM
CoDo_11Ca_5Pa_54	CoDo_54Ca_5Pa_1339PoM	CoDo_56Ca_5Pa_1229LM
CoDo_VCa_5Pa_81	CoDo_81Ca_5Pa_1683PoM	CoDo_100Ca_8Pa_1820LM

4.2 Diseño de experimentos

Para comprobar que el esquema de ponderación *tf.rf* tiene un comportamiento similar para categorizar textos escritos en Español, fue necesario probar las modificaciones hechas en los pasos 2 y 3 al algoritmo de Lan [Lan, 05] bajo condiciones similares a las que se probó dicho algoritmo en su versión original. En el algoritmo de clasificación se utilizó el 66% de muestra de entrenamiento y el resto de muestra de control, se conservaron los parámetros originales definidos por Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) [García, 04-b] es una herramienta que cuenta con una extensa colección de algoritmos; útiles para ser aplicados sobre datos mediante interfaces. Para cada una de las colecciones de documentos generadas se calculó la Precisión, Exhaustividad y F-Measure.

4.3 Resultados obtenidos

Se realizaron las pruebas para cada una de las colecciones, en la tabla 3 se muestran los promedios obtenidos con la colección.

Tabla 3 Promedios obtenidos con todas las colecciones.

Colección	Porter	Lematización Flexiva
-----------	--------	----------------------

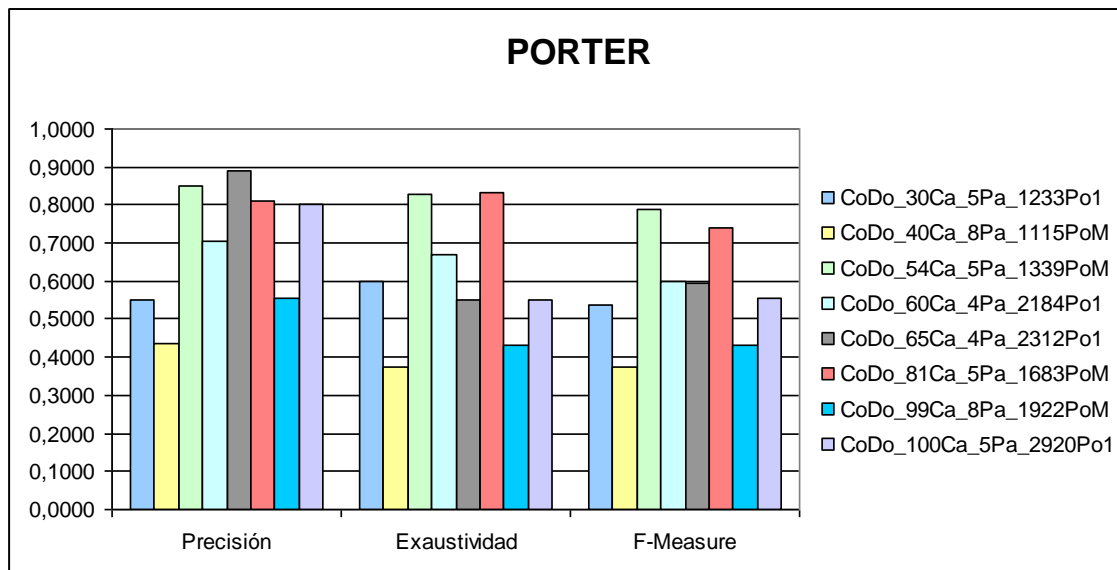
	Precisión	Exhaustividad	F-Measure	Precisión	Exhaustividad	F-Measure
CoDo_30Ca_5Pa_1233Po1	0,55	0,6000	0,5382			
CoDo_40Ca_8Pa_1115PoM	0,4375	0,3750	0,3751			
CoDo_54Ca_5Pa_1339PoM	0,8500	0,8300	0,7904			
CoDo_60Ca_4Pa_2184Po1	0,7063	0,6715	0,5980			
CoDo_65Ca_4Pa_2312Po1	0,8890	0,5500	0,5953			
CoDo_81Ca_5Pa_1683PoM	0,8112	0,8334	0,7388			
CoDo_99Ca_8Pa_1922PoM	0,5529	0,4313	0,4326			
CoDo_100Ca_5Pa_2920Po1	0,8010	0,5498	0,5552			
CoDo_30Ca_5Pa_417LF1				0,2600	0,3000	0,2778
CoDo_40Ca_8Pa_983LM				0,0114	0,1250	0,0209
CoDo_56Ca_5Pa_1229LM				0,4000	0,1500	0,2134
CoDo_60Ca_4Pa_985LF1				0,6678	0,6143	0,5725
CoDo_66Ca_4Pa_1090LF1				0,7818	0,7000	0,6550
CoDo_80Ca_5Pa_1589LM				0,1248	0,2230	0,1450
CoDo_100Ca_8Pa_1820LM				0,0511	0,0750	0,0608
CoDo_100Ca_5Pa_2031LF1				0,2500	0,2500	0,1600

4.4 Análisis de resultados

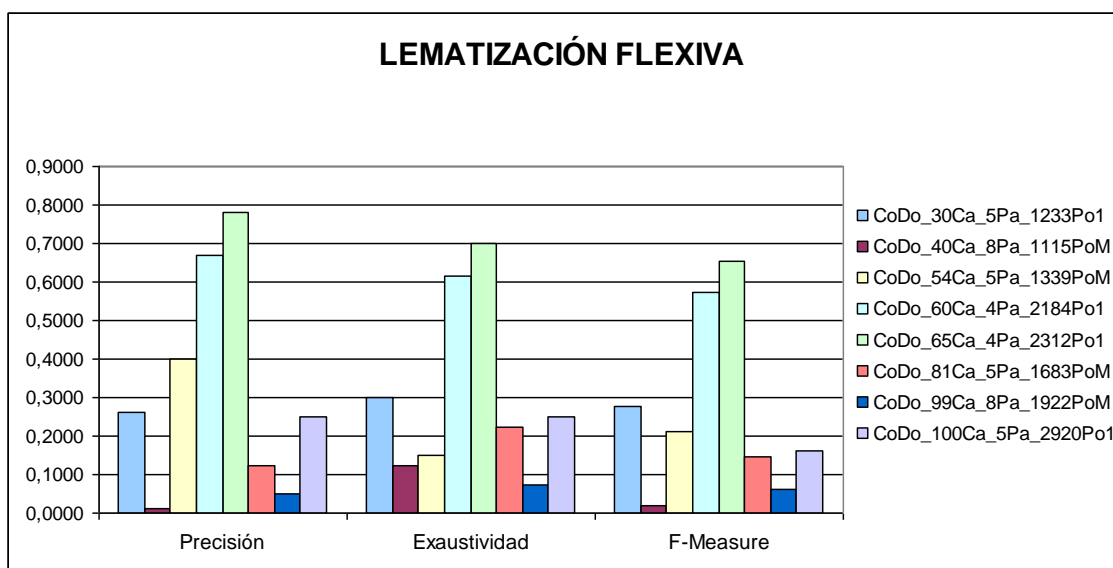
En los experimentos realizados con las colecciones de documentos se obtuvieron los siguientes resultados, al realizar pruebas con el Algoritmo de Porter y con el algoritmo de Lematización Flexiva.

La figura 8 Muestra los niveles de Precisión, Exhaustividad y F-Measure obtenidos para las colecciones, obtenidas con el Algoritmo de Porter.

La figura 9 Precisión, Exhaustividad y F-Measure obtenidas con el Algoritmo de Lematización Flexiva.



La figura 8 Precisión, Exhaustividad y F-Measure obtenidas con el algoritmo de Porter.



La figura 9 Precisión, Exhaustividad y F-Measure, obtenidas con el algoritmo de Lematización Flexiva.

5. CONCLUSIONES

Con respecto a los resultados obtenidos en las pruebas anteriores en las diferentes colecciones se puede concluir que el algoritmo de Porter es más efectivo para la obtención de raíces que el algoritmo de Lematización Flexiva, ya que los resultados muestran ser más eficientes en cuanto a Exhaustividad, Precisión y F-Measure.

Lo que al principio del presente trabajo se maneja como una hipótesis, se ha comprobado mediante esta serie de pruebas, y se concluye que el Algoritmo de Porter muestra más eficiencia en cuanto a Exhaustividad, Precisión y F-Measure en las pruebas realizadas y con dos colecciones de los diferentes Documentos.

6. TRABAJOS FUTUROS

Los experimentos realizados se efectuaron sobre colecciones de 30, 60, 65 y 100 documentos (Tesis del Instituto Tecnológico de Toluca), y con colecciones de 40, 55, 81 y 100 documentos (artículos publicados en la Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial [AEPIA, 06]) por lo que resultaría de interés conocer cual es el comportamiento de las modificaciones hechas al algoritmo de Lan para una colección con un número mayor de documentos.

Modificar el porcentaje de muestra de entrenamiento, ya que para las pruebas realizadas se utilizó el 66% para cada una de las colecciones.

El trabajo de investigación utilizó el algoritmo de Máquinas de Soporte Vectorial por lo que sería de interés que se probara el esquema de ponderación *tf.rf* con otros algoritmos de clasificación como el algoritmo Rocchio y el vecino más cercano.

Comparar el esquema de ponderación *tf.rf* con otros esquemas de ponderación como *tf*, *log(tf)*, *itf*, *idf*, *tf.idf* para categorizar textos escritos en el idioma Español.

Utilizar otras técnicas para detectar palabras poco relevantes para la tarea de categorización, como la del umbral de frecuencia documental, ganancia de información y fuerza del término.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[Alonso, 03] Alonso, Miguel A., Jesús Vilares, Francisco J. Ribadas. "Experiencias del Grupo COLE en la aplicación de técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural a la Recuperación de Información en español". Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. Número 20, España, 2003.

[Betancourt, 05] Betancourt, Orozco Gustavo Andrés. "Las Máquinas de Soporte Vectorial (SVMs)" Scientia et Technica, Número 27, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2005.

- [García, 00-b] García Figuerola, Carlos. Ángel Francisco Zazo Rodríguez, José Luís Alonso Berrocal. "Categorización automática de documentos en español: algunos resultados experimentales". Primeras Jornadas de Bibliotecas Digitales, JBIDI-2000, Valladolid, España, Noviembre 2000.
- [García, 01] García Figuerola, Carlos. Ángel Francisco Zazo Rodríguez, José Luís Alonso Berrocal. "Stemming in Spanish, A First Approach to its Impact on Information Retrieval". In Carol Peters, Alemania, 2001.
- [García, 04] García Figuerola, Carlos. José Luís Alonso Berrocal, Ángel Francisco Zazo Rodríguez, Emilio Rodríguez Vázquez. "La recuperación de información en español y la normalización de términos". Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. Vol. 7, Número 22, España, 2004.
- [Lan, 05] LAN Man, Sam-Yuan Sung, Hwee-Boon Low, Chew-Lim Tan. "A comprehensive Comparative Study on Term Weighting Schemes for text Categorization with Support Vector Machines". 14th International Conference on Word Wide Web. Chiba, Japón, 2005.
- [López, 07] Benjamín López González. "Categorización de textos en Español, Utilizando el esquema de ponderación tf.rf" Tesis de Maestría en Ciencias, Computacionales, Instituto Tecnológico de Toluca, México, 2007.
- [Porter, 80] Porter, Martin "An algorithm for suffix stripping". Ed. Program, Volumen 14, Número 3. Inglaterra, 1980.
- [Reina, 06] Grupo de Recuperación de Información Avanzada, "Lista de palabras vacías", Universidad de Salamanca, España, 2006. <http://reina.usal.es/materiales.htm>, (Julio, 2006).

LA IMPORTANCIA DE LA DOCUMENTACIÓN DE SOFTWARE EN PROGRAMAS “HECHOS A LA MEDIDA”

Teresita A. de Jesús Rivero Salazar, Mario R. Moreno Sabido,
Canul Novelo, Larissa J. Peniche Ruiz

Grely del S.

Instituto Tecnológico de Mérida
Av. Tecnológico km 4.5 s/n, Mérida, Yucatán, México, CP 97118

trivero_s@hotmail.com, mario@itmerida.mx,
larissa.peniche@itmerida.mx

grely75@hotmail.com,

ABSTRACT

One of the most common errors in the software industry is to believe that if a program is well designed and coded, documentation is not important. Experience in software development suggests the need for the documentation of the automated processes, because if this is not carried out, when the company needs to correct or modify any or some program modules, this will not be easy.

This paper discusses the importance of documenting the software programs developed according to specific requirements, because if it is not done, the cost for errors correction and maintenance will increase.

KEYWORDS: Software documentation, documentation process, documentation quality, software documentation standards.

RESUMEN

Una de los errores más comunes en la industria de software es creer que si un programa está bien diseñado o codificado, la documentación no es importante. La experiencia en el desarrollo de software indica que es necesario documentar todos y cada uno de los procesos automatizados, ya que si esto no se lleva a cabo, cuando la empresa tenga la necesidad de corregir o modificar alguno o algunos de los módulos del programa, esta no será tarea fácil.

El presente artículo discute la importancia de documentar programas “hechos a la medida”, ya que si esto no se realiza, el costo para la corrección de errores y el mantenimiento y corrección de errores incrementará.

PALABRAS CLAVE: Documentación de software, proceso de documentación, calidad en la documentación, estándares de documentación de software.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la necesidad de crear software a la medida de los requerimientos empresariales, organizacionales e institucionales se incrementa cada vez más. Si bien es cierto que existen muchas compañías que se han dado a la tarea de crear programas de necesidades generales, también es cierto que cada organización tiene necesidades específicas que la diferencian de otras que se dedican a lo mismo.

Cuando se va a desarrollar un programa, es importante documentar todo el proceso de desarrollo, así como todo lo relacionado al programa que se está desarrollando. Debido a que cada programador tiene una manera muy particular de programar, cada uno crea un estándar propio, por lo que al momento de leer y tratar comprender el código creado por otra persona, éste se vuelve una tarea titánica, ya que muchas veces no existe ningún documento que lo apoye y así pueda comprenderlo mejor.

2. DESARROLLO DE SOFTWARE A LA MEDIDA.

Las empresas de hoy en día requieren cada vez más ingenieros de software que desarrollen sistemas de acuerdo a sus necesidades específicas, por lo que la tarea del departamento de sistemas se vuelve más y más pesada cada día. En ocasiones son muchos los requisitos que éstas tienen al momento de contratar personal para asignarla a esta área. Muchos profesionistas son especialistas en el área de redes, de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, de programación, etc., pero muy pocos de estos son los que programan sistemas bajo estándares, tanto de métodos y técnicas de ingeniería de software y de múltiples lenguajes de programación. Y siendo realistas, son pocos los que documentan de manera correcta su trabajo.

3. EL ROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE SOFTWARE.

La documentación de software puede ser definida como un artefacto cuyo propósito es comunicar información acerca del sistema de software a quien pertenece.

Su rol en un proyecto de software muchas veces no es bien entendido en los equipos de desarrollo y por lo mismo, no le dan la suficiente importancia cuando desarrollan un proyecto. De hecho, la documentación en la práctica es generalmente incompleta y la mayoría de las veces de baja calidad. A pesar de eso, el software es diseñado, desarrollado y entregado.

El problema de la documentación es usualmente descrito como la carencia de la misma (lo que lleva a programas de baja calidad) o como algo que dificulta la comprensión del sistema en su conjunto [1].

Bill Thomas, Dennis Smith y Scott Tilley [2] plantean varias preguntas que son fundamentales en su discusión acerca de la documentación del software:

- ¿Que tipo de documentación necesita producir un ingeniero de software?
- ¿Quién debe producir, mantener y verificar la documentación para asegurar que cumple con un nivel adecuado de calidad?
- ¿Por qué se debe realizar la documentación?

Benson H. Scheff y Tom Georgon [3] tiene una perspectiva acerca de las preguntas anteriores. Ellos creen que los ingenieros de software realizan la "parte de la ingeniería de software, mientras que los "sistemas" de documentación, el cual consiste de personal de soporte y herramientas automatizadas, hacen el resto.

De acuerdo a la perspectiva de Scheff y Georgon, el rol del ingeniero de ingeniero de software con respecto a la documentación incluye:

- Proporcionar plantillas
- Identificar el formato y contenido del documento

Andrew Forward [1] cree que hay dos problemas inherentes cuando se excluye a los ingenieros de software de la documentación. Primero, aunque las plantillas proporcionan un marco eficiente para su reutilización, la comunicación (y por lo tanto la información) difiere entre los proyectos de software. Por lo tanto, las plantillas no siempre proporcionan la solución más eficiente basado en que cada proyecto tiene necesidades únicas. Segundo, la mayoría de las personas expertas en el área admiten y Abdulaziz Jazzar y Walt Scacchi afirman [4] que la mayoría del conocimiento acerca de un sistema de software está en la mente de los ingenieros de software.

4. LA IMPORTANCIA DE LA DOCUMENTACIÓN

Las organizaciones desarrolladoras de software pueden elegir ignorar el hecho de que la documentación de software es realmente importante, debido a que no se han dado cuenta de su verdadero potencial y del papel que juega en la ingeniería de software. Actualmente, muchas de estas organizaciones tienen la percepción de que la documentación no es tan importante como el análisis, el diseño o el código, lo cual es una percepción completamente errónea.

La documentación es importante cuando se desean corregir errores y cuando se le desea dar un mantenimiento a futuro al software desarrollado, pero si esta no existe, no es correcta o completa, esto puede originar a la organización grandes costos cuando quieran detectar errores o darle mantenimiento al sistema. Estos costos, muchas veces, son mayores que el costo estimado inicialmente para el desarrollo del sistema.

Actualmente muchas organizaciones y personas expertas en el área, le están dando la suficiente importancia a la documentación de software. Tal es así, que incluso la percepción total de calidad de un proyecto de software está asociado a que tan buena sea la documentación del mismo.

La documentación es algo que se requiere para los usuarios finales que usarán el sistema, así como para las personas encargadas de su desarrollo. También sirve también como base para las personas encargadas de la mercadotecnia para que sepan entender y explicar el producto que venden.

Debido a que el software es por naturaleza intangible, lo único con lo que se cuenta en un determinado momento es la documentación. Las organizaciones deben cuidar que sus desarrolladores documenten todo su trabajo, iniciando desde la fase de análisis, pasando por la fase de diseño, de implementación, de integración, de mantenimiento, y concluyendo la documentación del proyecto cuando éste ya no sea utilizado. A medida que esto sea realizado, la organización obtendrá muchos beneficios de tiempo y dinero.

Los ingenieros de software debería aprender de otras disciplinas y comprender la importancia que tiene la documentación de software. Un arquitecto, por ejemplo, siempre realiza el diseño de la obra que desea realizar, sin embargo, en el área de software, la gente raramente documenta su trabajo y siempre alegan que *“no hay tiempo”*, *“no es importante”*, entre otras cosas. El día que estas personas comprendan la importancia de la documentación, los programas que desarrollan serán de mayor calidad y sus procesos de desarrollo serán cada vez más *“maduros”*.

Muchos de los errores en el desarrollo de software están relacionados a una mala documentación o la ausencia de ésta, sobretodo errores relacionados al desarrollo de software y mantenimiento del mismo. Cuando un programador quiere darle mantenimiento a un programa invierte mucho tiempo en tratar de entender primero el código fuente que quiere modificar y la documentación asociada a éste. Muchas veces, debido a lo difícil que resulta esta labor, muchos de ellos prefieren empezar de *“cero”*, lo cual atenta contra uno de los atributos de calidad del software, la reusabilidad. Lo anterior es debido a que a la mayoría de los programadores no les gusta documentar y cuando lo hacen, no es de una manera correcta.

Las organizaciones que encargan un sistema para su desarrollo también tienen parte de culpa en todo esto, debido a que no casi nadie quiere pagar por documentación. A las organizaciones solo les interesa el sistema, y por lo mismo no están dispuestos a pagar mayores cantidades de dinero por la documentación asociado a éste.

Existen muchas historias de proyectos de software (y de las organizaciones encargadas de desarrollarlos) que han fracasado debido a una mala documentación o incluso la ausencia de la misma. Algunas de estas organizaciones muchas veces saben como realizarla, sin embargo, el problema principal que se presenta es que no le dan la suficiente importancia. Entonces, se puede pensar que el problema no es la falta de conocimientos técnicos, sino que más bien son problemas culturales y de actitud, y mientras el cambio no venga de niveles superiores en la estructura de la organización, éste no será realizado por personas de niveles inferiores en el organigrama.

5. TIPOS DE DOCUMENTACIÓN

La documentación de un proyecto de software debe incluir varios tipos de documentos. Entre los más importantes se encuentran los siguientes [5]:

- **Documentación de requerimientos:** Contiene todos los requerimientos de un proyecto de software, pudiendo ser estos requerimientos funcionales y requerimientos no funcionales. Además de los requerimientos, contiene todas las características, funcionalidades, capacidades, atributos y características del sistema de software. Este tipo de documentación sirve como base para para otros documentos.
- **Documentación técnica:** Contiene el código del sistema. Proporciona el conocimiento acerca de la interface del sistema de software y de la Interfaz de Programación de Aplicaciones (Application Programming Interface, API)
- **Documentación de mercadotecnia:** Proporciona consejos e información para las personas que se encargarán de vender el sistema de software.
- **Documentación de la arquitectura:** Contiene la estructura interna del sistema de software. Explica como el sistema está relacionado al ambiente y bajo que principios de desarrollo está basado el sistema.
- **Documentación del usuario final o manual de usuario:** Contiene el tipo de conocimiento que un usuario podría necesitar para operar el sistema o para solucionar algún problema que se le presente durante su uso.

6. PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACION

La preparación de la documentación es el proceso de crear un documento y darle el formato adecuado para su publicación. Los sistemas de procesamiento de palabras modernos integran paquetes de herramientas de software que soportan este proceso. Sin embargo, si se desea lograr una alta calidad en la documentación, es mejor usar herramientas separadas en vez de los sistemas de procesamiento de palabras. La figura 1 muestra el proceso para la preparación de un documento [6].

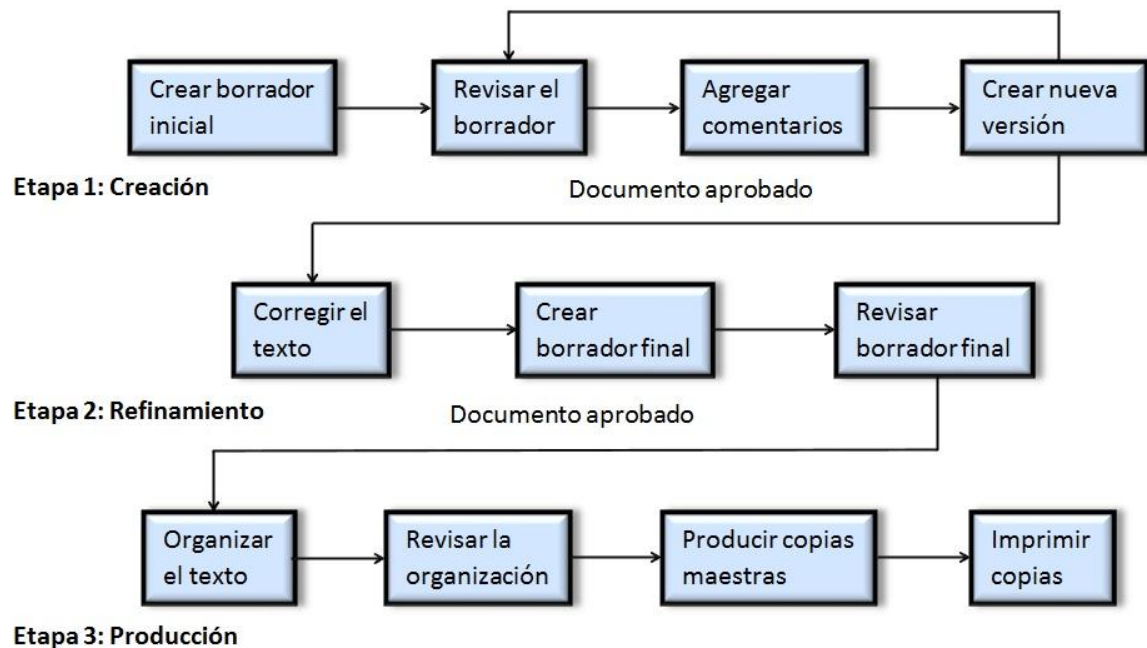


Figura 1: Preparación de un documento.

7. CALIDAD EN LA DOCUMENTACION

Desafortunadamente, la mayoría de la documentación de los proyectos de software está incompleta (en el mejor de los casos de que exista), con una pobre calidad y en otras ocasiones ya obsoleta [6]. Aunque actualmente estas situaciones han ido mejorando, muchas organizaciones todavía no le dan la suficiente importancia cuando desarrollan un proyecto de software “hecho a la medida”.

La calidad en la documentación, es tan importante, incluso como la calidad del producto de software. Sin información acerca de como usar un sistema, o como entenderlo, la calidad final del producto de software se ve incluso afectada. La calidad en la documentación requiere un compromiso en la gente que realiza la gestión de un proyecto de software así como en la gente que realiza el trabajo. Producir documentos de calidad no es fácil, incluso cuesta dinero, y muchas organizaciones, por lo tanto, encuentran más dificultad a la hora de desarrollar programas que tengan una buena calidad.

8. ESTÁNDARES DE DOCUMENTACION DE SOFTWARE

Los estándares de documentación sirven como una base para producir documentos de calidad en el desarrollo de software. Los documentos producidos basados en estándares presentan una consistente apariencia, estructura y calidad.

Los estándares son, por su naturaleza, diseñados para abarcar lo mayor posible, sin embargo, debido a que son generalizados, es responsabilidad del equipo de desarrollo escoger el estándar que más se apegue a las necesidades del proyecto a desarrollar, e incluso, modificarlos con la finalidad de adaptarlos a lo que necesite la organización.

Existen varios estándares actualmente, sin embargo, uno de los más utilizados es el IEEE 1063-2001, "Norma para la documentación de software", diseñado por el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (Institute for Electrical and Electronic Engineering, IEEE). Este documento detalla el contenido, arquitectura e importancia de un manual de documentación de software. Al igual que otros estándares, éste agrupa sabiduría y experiencia acerca de la documentación de software y propone una estructura para la documentación del usuario.

Una de las ventajas del estándar es que es flexible y por lo tanto, las distintas convenciones utilizadas por la mayoría de las organizaciones que se dedican al desarrollo de software pueden ser fácilmente adaptadas al estándar [7].

Otros estándares conocidos son el ISO/IEC 18019 – 2004 y el ISO/IEC TR 9294 los cuales fueron establecidos por la Organización Internacional de Normas (International Standards Organization, ISO) y por la Comisión Internacional Electrotécnica (International Electrotechnical Commission, IEC). Estos estándares se enfocan en la documentación de software y su respectiva gestión. Cada uno de estos estándares enfatiza que la documentación de software es una parte integral del ciclo de vida del software [8][9].

9. CONCLUSIONES

La documentación de software en programa hechos a la medida es una actividad esencial para el éxito del proceso y del producto desarrollado, sin embargo muchas organizaciones e individuos no le dan la suficiente importancia. Debido a que estos programas son desarrollados de acuerdo a las necesidades específicas de los clientes o comúnmente denominados "hechos a la medida" (a diferencia de los sistemas de software de propósito general), la documentación se vuelve todavía más importante.

Como se pudo apreciar en este artículo, la documentación forma parte del ciclo de vida de software, y muchos costos asociados a la corrección de errores y al mantenimiento del sistema pueden ser reducidos si existiera la una documentación correcta y completa.

Cada organización debe concientizar a los ingenieros de software para que estos comprendan los beneficios personales (y también beneficios para la organización) que conlleva el que ellos documenten su trabajo.

Actualmente, existen varios estándares para la documentación, los cuales proporcionan una guía para las organizaciones que quieran realizar esta actividad tan importante en el desarrollo de software.

A medida que las organizaciones vayan documentando el software que desarrollan, éste será de mayor calidad y se acercarán cada vez más a crear una disciplina que sin duda alguna les redituará en mayores ganancias debido a que los sistemas que desarrollen tendrán una mejor calidad.

10. REFERENCIAS

1. A. Forward, *Software Documentation – Building and Maintaining Artefacts of Communication*. (Master Degree Thesis, University of Ottawa). Recuperado de <http://www.site.uottawa.ca/~tcl/gradtheses/afoward/>
2. B. Thomas, D. Smith and Scott Tilley, *Documentation for software engineers: what is needed to aid system understanding?*, p 235 – 236, SIGDOC'01, Santa Fe, New Mexico, USA, (2001).
3. B. Scheff and T. Georgon, *Letting software engineers do software engineering or freeing software engineers from the shackles of documentation*. p 81 – 91, SIGDOC'88, Ann Arbor, Michigan, USA, ACM Press, (1988).

4. A. Jazzar and W. Scacchi, *Understanding the requirements for information system documentation: an empirical investigation*, p 268 – 279, COOCS'95, Sheraton Silicon Valley, California, USA, ACM Press, (1995).
5. M. Markel (2009), *Technical Communication*. (General Technical Report ISBN 0312485972, 9780312485979). Editorial MacMillan.
6. I. Sommerville, *Software Engineering*, (Editorial Addison Wesley), Chapter 30, (1992).
7. *IEEE 1063 – 2001, Standard for Software User Documentation*, Institute for Electrical and Electronic Engineering (IEEE). Recuperado de <http://www.ieee.org/index.html>. [Última fecha de consulta: 26 de Marzo de 2012].
8. *Standard ISO/IEC 18019 – 2004*, International Standards Organization (ISO). Recuperado de <http://www.iso.org/iso/home.html>. [Última fecha de consulta: 26 de Marzo de 2012].
9. *Standard ISO/IEC TR 9294*, International Electrotechnical Commission (IEC). Recuperado de <http://www.iec.ch/>. [Última fecha de consulta: 26 de Marzo de 2012].

“CONTROL DE AMBIENTACIÓN PARA PINTURA DE ARTÍSTICA CON TECNOLOGÍA CAPSENSE”

Margarita Alvarez Cervera, David Ochoa Morales, Felipe de Jesús Canche Canul.
malvarez@itmerida.mx, atust_x3@hotmail.com, hades_cap20@hotmail.com
Instituto Tecnológico de Mérida.

With the innovation of LED technology and the use of CapSense technology, we designed a control that interacts with these technologies can be implemented as a generic driver for the purpose of setting in paintings or works of art. The type of LED lighting is implemented, and is composed of RGB LED modules. This control is ideal for these pictures, because the installation would be faster and less robust, well that would not be necessary to make any type of drilling that can damage these pictures.

Con la innovación de la tecnología LED y el empleo de tecnología CapSense, se diseñó un control que interactúa con estas tecnologías, pueda ser implementado como un controlador genérico para efectos de ambientación en cuadros u obras de arte. El tipo de iluminación a implementar es LED, y está compuesta por módulos de LEDs RGB.

Este control es ideal para estos cuadros, ya que la instalación sería rápida y menos robusta, además de que no sería necesario hacer algún tipo de perforación que pueda dañar estos cuadros.

I. Introducción

En el presente trabajo de investigación desarrolla un Control de ambientación tanto de pinturas de arte como para letreros luminosos, dicho control estará basado en la implementación de sensores que utilicen la tecnología CapSense, siendo estos los encargados de sustituir a los botones mecánicos o activadores.

Utilizando este control tendremos acceso a varios modos de iluminación o de ambientación con los cuales podremos hacer efectos que favorezcan o que resalten los colores de la pintura. Para crear estos efectos utilizaremos tecnología LED RGB con la que se podrá formar varios tipos de colores para la iluminación y con ésta se logrará satisfacer las necesidades de los usuarios y de los espectadores.

Al utilizar la tecnología CapSense como la tecnología LED RGB, lograremos hacer un sistema de control que no sea demasiado robusto y que sea fácil de montar. Lo cual beneficiará en tiempo, dinero y esfuerzo.

II. Problemas a resolver.

Hoy en día es muy común encontrar teclados y controles mecánicos que con el paso del tiempo se van deteriorando debido al uso continuo, a los materiales para su fabricación y a la fricción que tienen estos al momento de su activación, otra de las cosas que hay que mencionar es que con la innovación de nuevas tecnologías estos se van volviendo obsoletos.

Actualmente la tecnología CapSense está predominando ampliamente en los equipos que se van desarrollando, esto se debe a la versatilidad que ofrecen, además del bajo consumo que estos tienen y el costo menor que generan al momento de su fabricación.

III. Variables de Entrada y Salida.

Antes de describir el proceso de elaboración de este proyecto, es necesario definir cuáles van a ser las variables que influyan en nuestro sistema. Éste va a ser el encargado de controlar

primeramente del encendido y apagado, esto se logra por medio de la variable **ON/OFF**, luego por medio de las Variables **pwm up** y **pwm down** podemos controlar el incremento o decremento de la intensidad luminosa proporcionada y por último la selección del color de los LEDS RGB por medio de la variable **color**. También va a ser el encargado de monitorear el estado de los sensores de contacto, así como el número de sensor pulsado y el número de sensores a implementar con tecnología CapSense.

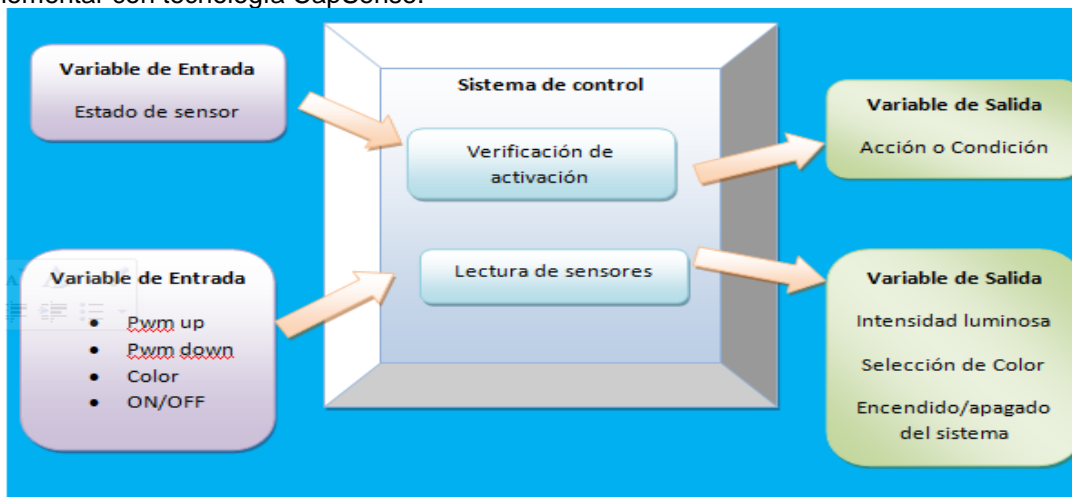


Fig. 1.- Variables de entrada y salida del sistema de control.

IV. Diseño del hardware.

Para poder llevar a cabo este proyecto fue necesario, comenzar por la parte del hardware para así poder realizar las pruebas correspondientes con el Microcontrolador, el módulo CSM y el control de los LEDS.

Lo primero que se hizo fue diseñar una tarjeta de prueba, cuya finalidad era comprobar el estado de los sensores CapSense, por medio de unos LEDS que sirvieran para visualizar la lectura del sensor. Todo el diseño del hardware fue realizado con el programa Eagle Cadsoft.

Empezamos por la creación de la librería para el microcontrolador PIC16lf727 ya que el programa que utilizamos para el diseño no contaba con este microcontrolador dentro de sus librerías.

Para este diseño seguimos con las referencias que se encontraban en la nota de aplicación "Layout and Physical Design" de la página de microchip. En el cual se hace referencia al uso de pads con un tamaño recomendado de 12.7mm por lado y de forma cuadrada, también la separación mínima que debe de haber entre un pad y otro. Otro aspecto importante es que la figura del pad no es tan importante como lo es su área, ya que nos sirve como parámetro para determinar la capacitancia. Por lo tanto hemos optado por utilizar pads con forma circular pero con un área semejante a la recomendada.

FIGURE 1: EXAMPLE PAD SIZES AND SHAPE

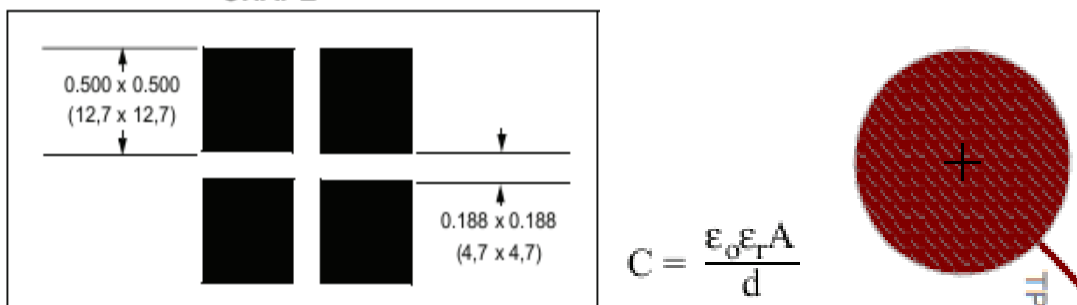


Fig. 2 Ejemplo de tamaño y distancia que mencionaba la hoja de datos.

V. El microcontrolador.

Lo siguiente fue escoger los pines del microcontrolador, tanto para los sensores como para la salida de los leds, por lo que se escogió parte del puerto B para los sensores ya que estos son los primeros canales del módulo CSM del microcontrolador, para los LEDS preferimos emplear pines que no tengan entradas analógicas, como por ejemplo el pin RB7 y RB6, debido a que nos sería más fácil de configurar en el código.

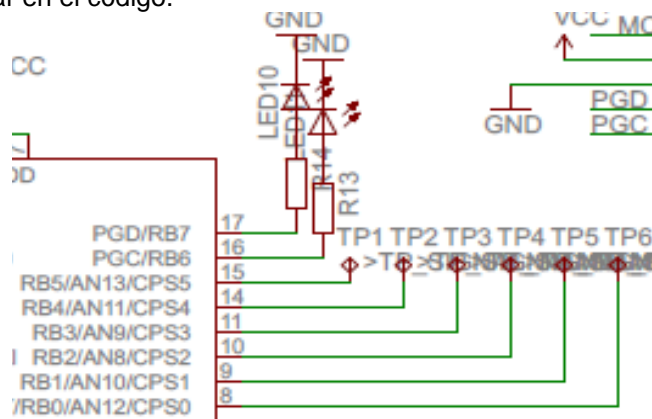


Figura 3.- Puerto B utilizado para los pad Capsense y para los LEDS.

VI. Prueba y error.

Bien para la primera prueba, fue necesario descargarle un programa el cual tenía una rutina en la que solo se encendían y apagaban los LEDS conectados en la tarjeta, para cerciorarnos que el micro no se haya dañado por el proceso de soldado, una vez que comprobamos esto y verificamos que hacía lo correspondiente, pasamos a lo que sería la verificación del módulo CapSense, para esto se reprogramó de nuevo el microcontrolador pero ahora se configuro el módulo Capsense como se indica en la nota de aplicación del dispositivo.

Luego de hacer las pruebas correspondientes, era momento de realizar lo que sería nuestro diseño a implementar. Para esto, primero se utilizó una fuente de alimentación de 3.3V ya que el microcontrolador trabaja a ese voltaje, debido a que el Microcontrolador es de tecnología LOW POWER o nanoWatt XLP de bajo consumo, para esto se manejó el regulador LM78R33 y la conexión sugerida en el datasheet del dispositivo.

Typical Application

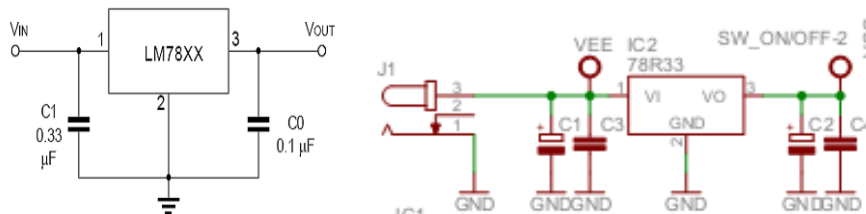


Figura 4.- Aplicación típica regulador LM78R33 y conexión en el esquemático.

Sabiendo que los sensores funcionaban correctamente, solo faltaba diseñar la etapa que se encargara de controlar los módulos de LEDS RGB para ello se utilizaron arreglos con transistores para controlar la corriente que iban a requerir nuestra tira de LEDS RGB. Para su correcta conexión de la tira con este diseño utilizamos la siguiente formula.

$$I_{MAXIMA} = 30 \text{ LEDS} \times 20\text{mA} = 600\text{mA}$$

Cabe mencionar que esta corriente máxima equivale a una sola fila de LEDS, es decir corresponde a los LEDS de un solo color, debido a esto fue necesario utilizar mínimo 3 transistores. Otra cosa importante que hay que aclarar es que se usa el PWM para reducir el consumo también por lo que 600mA sería en caso de que los LEDS estén con un ciclo de trabajo del 100%.

Teniendo en cuenta la corriente máxima era momento de calcular los valores de las resistencias para la polarización del transistor que controlaría dicha corriente. Los cálculos tomamos una beta de 40 para el transistor.

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{600mA}{40} = 15mA$$

$$R_B = \frac{V_{PIC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{3.3 - 0.7}{15mA} = 1333.3 \text{ ohms}$$

Por lo que utilizamos una resistencia de 1Kohm para la base del transistor.

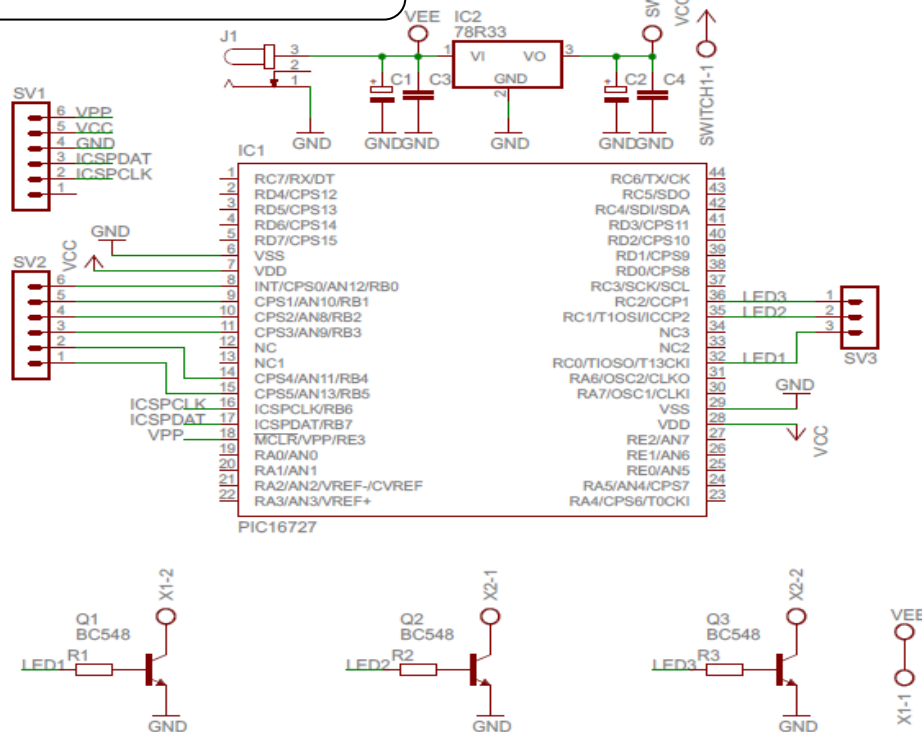


Fig. 5.- Diagrama esquemático del primer prototipo.

VII. Correcciones.

Posteriormente a la realización de este diseño, se identificó que tenía errores, los cuales había que corregir uno de esos errores fue uso de los transistores bc548 ya que estos solo podrían proporcionar una limitada corriente la cual no era necesaria para los LEDS ya que al paso de un rato los transistores comenzaban a calentarse a tal grado que podrían afectar a por completo el sistema, para resolver este problema se sustituyeron dichos transistores por transistores 2n2222A ya que estos soportan más corriente que los anteriores debido a su tipo de encapsulado.

También fue necesario rediseñar el PCB y corregir todos los problemas anteriormente mencionados, además de que también se corrigió la pista de conexión a tierra de los transistores ya que en el diseño anterior era muy delgada y por ella circulaba una corriente grande y era necesario que mínimo fuese de 1mm. A continuación se muestran las imágenes del diseño realizado.

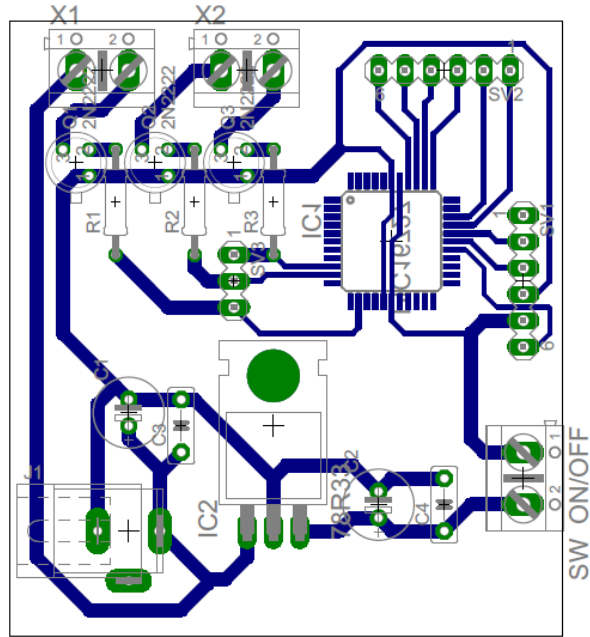


Fig. 6.- Diseño del PCB.

Para terminar el diseño del sistema en la parte de hardware solo faltaba la creación del panel Touch con el cual podamos controlar todo el sistema.

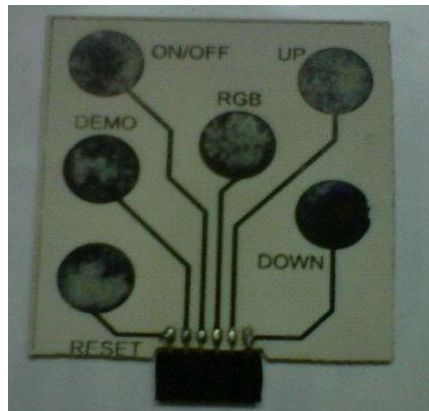
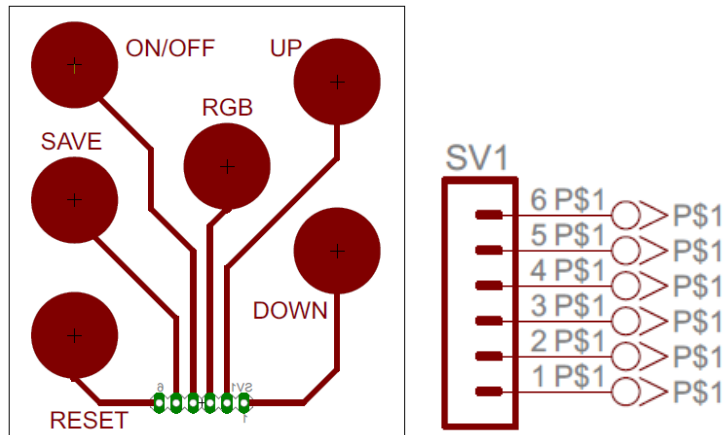


Fig. 7.- Panel de control Touch

VIII. Diseño del software.

Para este diseño se implemento una técnica de CapSense implementado por Microcontroladores de la Marca Microchip. Esta técnica se basa en el empleo de un oscilador de relajación en el cual por medio del Timer2 genera pulsos los cuales son enviados a los sensores, posteriormente estos pulsos son contabilizados por el Timer1 y en base a eso se hace un promedio de pulsos leídos en un determinado tiempo. Esta cuenta o este promedio se ven alterados al momento de detectar un objeto sobre el sensor o un cuando pulsamos el sensor capacitivo, ya que produce que el ancho de los pulsos enviado por el Timer2 se haga más grande, en consecuencia varía la frecuencia y el número de pulsos leídos por el Timer1 disminuye.

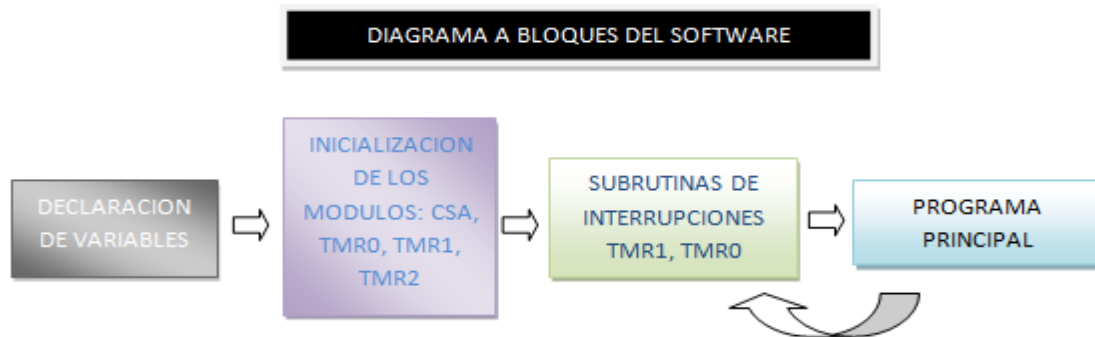


Diagrama a bloques del sistema de control.

Fig. 8.- Diagrama a bloques del software.

Se ha tratado que todo el sistema a implementar sea lo más sencillo posible, por tal motivo ha simplificado de igual manera parte del software a utilizar para el sistema de control, en resumen el software empleado para el control de la iluminación se divide en cuatro bloques.

Referencias:

Microchip Technology Inc.: Capacitive mTouch™ Sensing Solutions [en línea]

⁽¹⁾ <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/PIC10F%20Capacitive%20Touch%20Board_ds41359a.pdf> [consulta: 26/9/11]

Microchip Technology Inc.: Touch Technology from Microchip [en línea]

⁽²⁾ <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/01272a.pdf>>

[Consulta: 2/10/11]

Damián Lasso. Contactato <http://www.ledfacil.com.ar/contacti.html>; Guía complementaria para el Manual Básico para Trabajar con **LEDs** [en línea]

⁽³⁾ <<http://www.ledfacil.com.ar/LEDs%20RGB%20demo.pdf>> [consulta: 2/10/11]

Por M. Echeverría, I. Angulo, J.M. Angulo: Pantallas táctiles para mejorar la presentación y el funcionamiento de nuestros productos [en línea] Última modificación julio de 2008;

⁽⁵⁾ <http://www.redeweb.com/_txt/644_645/34.pdf> [consulta: 5/10/11]

Univision.com; Las pantallas táctiles hoy [en línea] Última modificación 20/02/2008

⁽⁶⁾ <<http://archivo.univision.com/content/content.jhtml;jsessionid=YEBTRBKGT5F4QCWIAA4CFFAKZAAD0IWC?chid=1&schid=23531&secid=23532&cid=1421280&pagenum=2>> [consulta: 12/10/11]

Por JORDI SABATÉ: Pantallas táctiles: la tecnología en la punta de los dedos [en línea] Publicación 10 de octubre de 2007.

DESARROLLO DE SOFTWARE CLIENTE-SERVIDOR INTEGRANDO HERRAMIENTA DE CÓDIGO ABIERTO PARA MAPEO OBJETO-RELACIONAL EN .NET

Melissa Blanqueto Estrada, Vladimir Cabañas Victoria, Laura Dávalos Castilla,
Mauricio Colunga Velazco
Universidad de Quintana Roo

melissa@uqroo.mx, vdrakul@uqroo.mx, laurad@uqroo.mx, [0406082@uqroo.mx](tel:0406082)

Área de interés: Computación

RESUMEN

Actualmente los entornos de programación para el desarrollo de software permiten integrar herramientas de terceras partes de acuerdo a los requisitos que debe cumplir el producto final o las facilidades que brindan a los desarrolladores de software. En aplicaciones donde la arquitectura es de tres capas, los entornos de programación brindan elementos para la interfaz, el control de la aplicación y la persistencia, sin embargo, cuando se trabaja bajo el paradigma orientado a objetos y deben utilizarse bases de datos relacionales se requiere llevar a cabo una conversión entre clases-objetos y tablas-restricciones. El mapeo objeto-relacional es una técnica de programación que permite hacer transparente esta conversión de esquemas y existen varias opciones (JPA, MyBatis, NHibernate) para integrar el mapeo objeto-relacional con entornos de programación. Este trabajo presenta las etapas de desarrollo de una aplicación cliente/servidor para la administración de un restaurante donde el entorno de programación fue configurado con Microsoft © Visual C#, Microsoft © SQL Server 2008 y Fluent NHibernate, para aprovechar las ventajas de integración de una herramienta de código abierto para mapeo objeto-relacional (ORM).

Palabras clave: ORM, desarrollo de software, programación orientada a objetos.

1. INTRODUCCIÓN

Parte del desarrollo de una aplicación de software se lleva a cabo en entornos de programación con diversas herramientas integradas que facilitan el diseño y construcción de interfaces gráficas, la programación de la lógica de negocio y la interacción con las bases de datos. Existen diversos paradigmas que dictan el enfoque para crear una aplicación, entre ellos encontramos el paradigma orientado a objetos. Sin embargo, la persistencia de datos puede utilizar otro enfoque. Uno de estos casos es el problema del *Diferencial de Impedancia* (Impedance Mismatch) [1] debido a que se utiliza el paradigma orientado a objetos para programar la lógica de negocios y las bases de datos relacionales para la persistencia de los datos [2]. El mapeo objeto-relacional (ORM – por sus siglas en inglés-) se desarrolló para resolver la impedancia y facilitar al desarrollador la persistencia de objetos, convirtiéndose en un intermediario entre el código orientado a objetos y las bases de datos relacionales. Entre las soluciones para el mapeo objeto-relacional podemos encontrar a NHibernate [3], MyBatis [4], nHydrate [5], entre otros.

La tecnología ORM incluye algunos términos estándar tales como [6]: archivos de mapeo, carga diferida o perezosa (lazy load) y lenguaje de consulta ORM. Por lo regular, cada herramienta provee algún lenguaje propio para escribir consultas SQL usando nombres de objetos, propiedades y relaciones. Al principio el mapeo era más utilizado entre la comunidad Java y actualmente algunos lenguajes como Ruby incluyen dentro de su framework una solución ORM.

Una solución ORM está compuesta de [7]: una API encargada de realizar operaciones CRUD (Create, Read, Update, Delete) para los objetos de las clases persistentes, un lenguaje para especificar consultas que permitirá referirse a las clases y atributos, una utilidad para especificar los metadatos de mapeo; y técnicas de optimización de transacciones.

El objetivo de este trabajo es describir las etapas de desarrollo de una aplicación de software para administración de restaurantes que se construyó bajo el paradigma orientado a objetos, el lenguaje para la programación de la lógica de negocios fue C# y se integró NHibernate como framework ORM para la construcción de la capa de acceso a datos.

2. METODOLOGÍA

La metodología que se siguió para el desarrollo de la aplicación para la administración de restaurantes consistió en el análisis del problema, diseño de la solución, construcción del código, pruebas e implementación [8]. Durante el proceso de análisis y diseño se utilizó el modelado del dominio del problema y el diagrama de clases a través de la notación UML.

3. DESARROLLO

3.1. Análisis

La problemática que presentaba el restaurante para el cual se desarrolló el sistema fue el proceso para la generación de recibos y facturas, así como la falta de administración de materia prima debido a que no se tenía un control de las entradas y salidas de los insumos para la preparación de los platillos. La deficiencia en la organización ocasionaba que algunos clientes se sintieran incómodos con la atención por el tiempo que se dedicaba en la elaboración de las cuentas, y por otra parte, el dueño del establecimiento no podía obtener información veraz sobre la administración de insumos para la correcta operación del restaurant. Además se requería que la aplicación a desarrollar permitiera la interacción con pantallas táctiles.

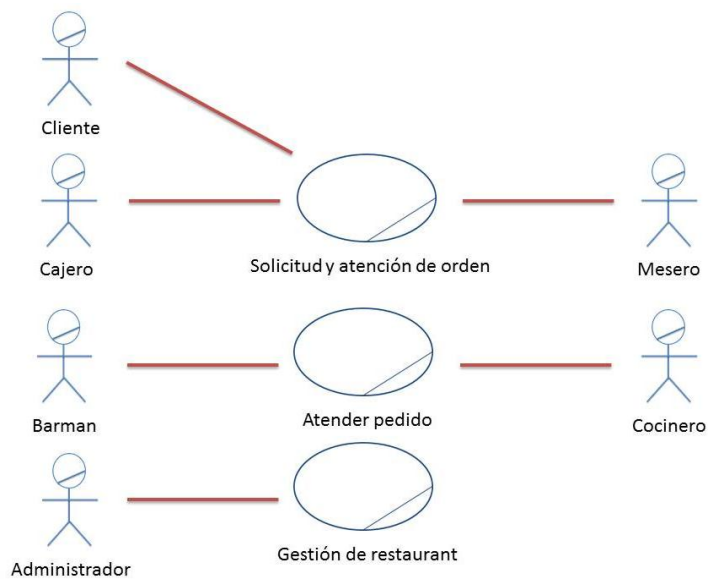


Figura 25. Casos de uso del negocio

Como parte del modelado del dominio (ver Figura 54), se identificaron las siguientes clases: Empleado, Cliente, Orden y Artículo. También se realizó una descripción inicial de los casos de uso identificados.

3.2. Diseño

Después de realizar un análisis inicial se empezó a trabajar con las clases, creando un modelo de dominio, para posteriormente crear el modelo de datos. En la Figura 26 se encuentran las relaciones entre las entidades de datos.

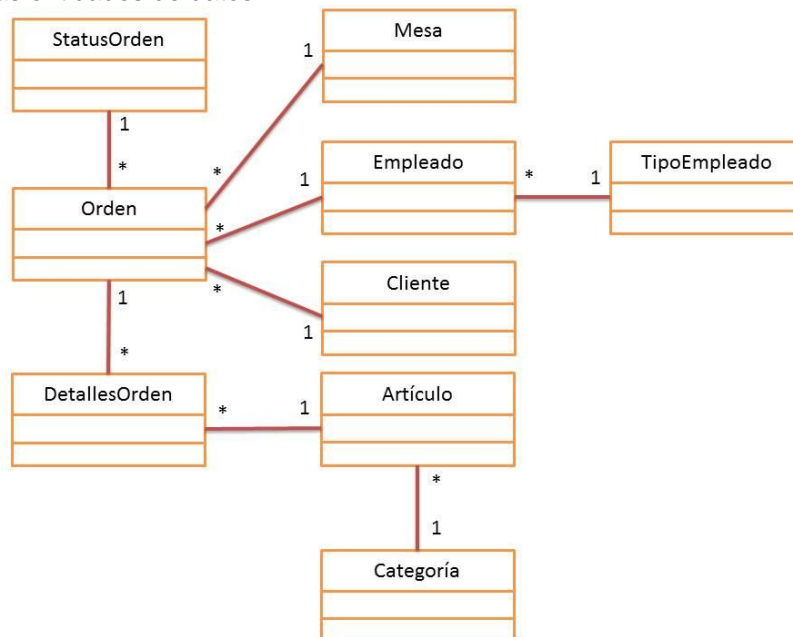


Figura 26. Relaciones identificadas en el modelo de datos

Después del modelado de datos se consideraron las características que debería cumplir la interfaz gráfica para permitir la interacción a través de pantallas táctiles. Se lograron establecer las directrices para la construcción de la interfaz con el usuario.

3.3. Construcción

3.3.1. Modelado de interfaces

Para llevar a cabo un seguimiento de los casos de uso y las interfaces relacionadas se creó la siguiente tabla:

Tabla 2. Relación de interfaces y casos de uso

Caso de uso													
Interfaz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		+											
2													
3		+								+			+
4				+				+	+				
5								+	+				
6		+	+										
...n		+		+	+								

Aunque en la Tabla 2 se observa un ejemplo de la relación entre interfaces y casos de uso, se crearon un total de 25 interfaces diferentes para 13 casos de uso que surgieron durante el análisis. También se determinó la información que presentaría cada interfaz y el estilo de los gráficos a utilizar (ver Figura 27).

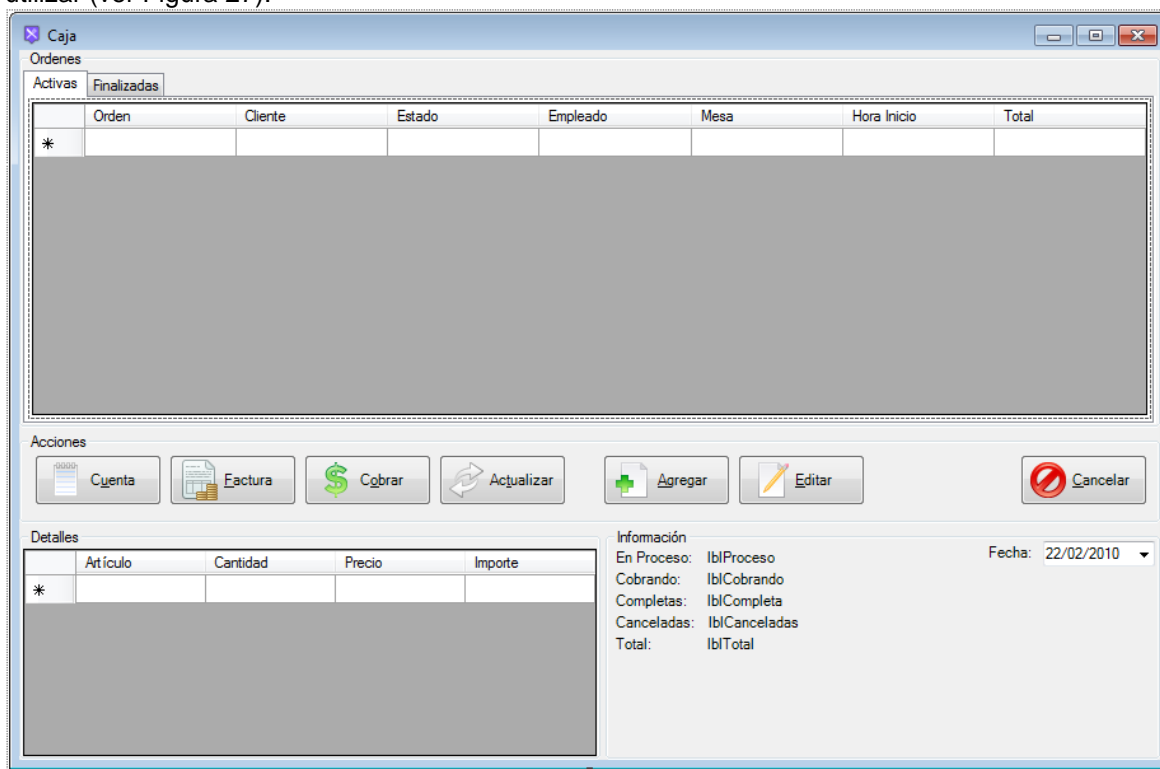


Figura 27. Interfaz para utilización del cajero.

3.3.2. Configuración del entorno y programación

Para configurar el entorno de trabajo, se creó una solución en Microsoft Visual Studio 2010, eligiendo C# como lenguaje de programación. En la solución se incluyeron dos proyectos: el primero de tipo Windows Form Application y el segundo de tipo Class Library. El primer proyecto

tiene por nombre Restaurante y se configuró para utilizar las características de la versión .NET Framework 4.0, en este proyecto se creó la interfaz del sistema. En el segundo proyecto también se seleccionó el Framework 4.0 y se crearon las clases identificadas durante el análisis y diseño para atender los casos de uso del sistema. Además, se agregaron las clases para la integración con NHibernate, lo que permitió el acceso a datos.

Para usar Fluent NHibernate se agregó una referencia a los archivos dll. Estos archivos son los que se descargaron del portal oficial del proyecto NHibernate [3]. La configuración de estas referencias se realizó en el proyecto de la librería de clases.

La base de datos se creó a través de la herramienta Microsoft SQLServer 2008 Management Studio. Posterior a esto, se creó la conexión en el explorador de servidores de Visual Studio. Para efectos de probar el desarrollo, se utilizó el servidor en modo local. En cada proyecto se configuró el archivo app.config. Este archivo se configura en la pestaña Settings de las propiedades del proyecto. Para esto, se creó una conexión tipo cadena de nombre "conexionString" con la especificación de la cadena de conexión a la base de datos.

En el caso de Fluent NHibernate, este framework proporciona una API (Application Program Interface) para la configuración. La API se divide en cinco métodos principales [9]:

- `Fluently.Configure`, inicia el proceso de configuración.
- `Database`, donde se especifica la configuración de la base de datos.
- `Mappings`, donde se proporciona el mapeo a usar.
- `ExposeConfiguration` es opcional, pero permite modificar el objeto `Configuration`.
- `BuildSessionFactory` es la llamada final para crear una instancia de `NHibernate.SessionFactory` desde la configuración.

Para crear la conexión de Fluent NHibernate a la base de datos se agregó la clase `Conexion.cs`, agregando los parámetros a los métodos anteriores.

Para agregar las clases del sistema que trabajarían con NHibernate, se necesitó declarar una clase con la sintaxis de C# incorporando al nombre la denominación "Class" y una clase `ClassMap<T>` donde se configura el mapeo hacia la base de datos. Por ej., se declaró la clase `ClienteClass` y también la clase `ClienteClassMap`. Fue importante verificar los requisitos y recomendaciones para el mapeo en [10]. Puede observarse la clase `ClienteClassMap` en la Figura 28.

En la programación de la lógica de negocios fue necesario crear una sesión a través de una instancia de `ISession`. Posteriormente, se utilizó el lenguaje de consulta `HQuery` [3] de NHibernate para la interacción con la base de datos de una forma simplificada.

3.4. Pruebas

Se realizaron pruebas funcionales de las interfaces gráficas y clases, de acuerdo a los casos de uso del sistema.

```

using FluentNHibernate.Mapping;

namespace Datos
{
    public class ClienteClassMap : ClassMap<ClienteClass>
    {
        public ClienteClassMap()
        {
            /*Determinamos el nombre de la tabla*/
            Table("Clientes");
            /*Determinamos la columna llave*/
            Id(x => x.Id).Column("Id_Cliente").GeneratedBy.Identity();
            /*Determinamos los campos*/
            /*La opción Column ; indica el nombre del campo que se va crear en la base de datos*/
            /*La opción de Length; especifica el tamaño del campo, si no se especifica toma uno por defecto*/
            Map(x => x.Nombre).Column("Nombre").Length(100);
            Map(x => x.Rfc).Column("Descripcion").Length(20);
            Map(x => x.RazonSocial).Column("RazonSocial");
            Map(x => x.Direccion).Column("Direccion");
            Map(x => x.Telefono).Column("Telefono").Length(20);
            Map(x => x.Ciudad).Column("Ciudad").Length(20);
            Map(x => x.Colonia).Column("Colonia").Length(30);
            Map(x => x.CodigoPostal).Column("Codigo_Postal").Length(15);
            Map(x => x.Fax).Column("Fax").Length(20);
            Map(x => x.Email).Column("Email").Length(50);
            Map(x => x.FechaNacimiento).Column("Fecha_Nacimiento");
            Map(x => x.Activo).Column("Activo");
        }
    }
}

```

Figura 28. Código de la clase ClienteClassMap.

Después de las pruebas funcionales se creó un proyecto de instalación, donde se seleccionó el tipo de aplicación, las características del instalador, así como los requisitos previos como la versión .NET Framework 4.0 (x86 y x64), SQL Server 2008 Express y Windows Installer 4.5. También se editaron las propiedades del autor, el desarrollador, título del proyecto, y la versión del software. Las especificaciones técnicas de los equipos donde se realizaron las pruebas son:

- 3 computadoras Intel Dual Core 2 Duo 3.2Ghz con 160GB de disco duro.
- Sistema operativo Windows XP SP3 y Windows 7.
- 2 monitores LCD de 15.6".
- 1 monitor Touch Elo Modelo 1937L.
- 3 impresoras de Ticket Epson Tm-u220pa.

Después de las pruebas se determinó la versión estable de la aplicación para su implementación en el restaurante.

4. CONCLUSIONES

La evolución constante de la tecnología asociada al desarrollo de software presenta diversos retos. Es importante el uso de una metodología para cuidar la calidad del software, derivado de esto se generan modelos que posteriormente se concretan en la construcción del código. Por otra parte, las herramientas que apoyan el desarrollo tienen un papel fundamental para la construcción basado en un paradigma de programación. En este caso, se presentó el ejemplo de un sistema de software que se desarrolló bajo el enfoque de orientación a objetos e integró una herramienta para el mapeo objeto-relacional. Al utilizar Fluent NHibernate se facilitó el uso de la semántica de clases y objetos en el código, volviendo transparentes las operaciones CRUD que corresponden al modelo relacional. Sin embargo, es importante revisar la documentación de esta herramienta ORM y verificar la configuración del entorno de programación para evitar algún funcionamiento erróneo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. W. Ambler, *The Object-Relational Impedance Mismatch*, 2009. [En línea]. Available: <http://www.agiledata.org/essays/impedanceMismatch.html>. [Último acceso: 18 03 2012].
- [2] C. Russel, *Bridging the Object-Relational Divide*, *Queue Magazine*, vol. 6, nº 3, Mayo 2008.

- [3] NHibernate, *NHibernate Forge*, 2012. [En línea]. Available: <http://nhforge.org/Default.aspx>. [Último acceso: 20 02 2012].
- [4] Google, *mybatis.NET*, 2011. [En línea]. Available: <http://code.google.com/p/mybatisnet/>. [Último acceso: 16 03 2012].
- [5] M. Knight y C. Davis, *nHydrate*, 2012. [En línea]. Available: <http://www.nhydrate.org/>. [Último acceso: 16 03 2012].
- [6] J. Avery y J. Holmes, *Windows Developer Power Tools*, O'Reilly Media, Inc, 2006.
- [7] J. B. Quintero, D. M. Hernández y A. Yanza, *Directrices para la construcción de artefactos de persistencia en el proceso de desarrollo de software*, *Revista EIA [En línea]*, nº 9, pp. 77-90, Julio 2008.
- [8] S. Sharch, *Análisis y diseño orientado a objetos con UML y el proceso unificado*, McGraw-Hill, 2005.
- [9] J. Gregory, *Fluent NHibernate: Configuring your application*, 03 Febrero 2009. [En línea]. Available: http://wiki.fluentnhibernate.org/Fluent_configuration. [Último acceso: 10 02 2012].
- [10] Fluent NHibernate, *Fluent NHibernate Wiki*, 2012. [En línea]. Available: http://wiki.fluentnhibernate.org/Fluent_mapping. [Último acceso: 25 02 2012].

“DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DESDE UN TELEFONO CELULAR PARA USUARIOS EN TARIFA DOMESTICA (1C)”

JOSE DEL CARMEN HERNÁNDEZ ARCOS, GILBERTO GUERRA SANTIAGO, JUAN DIAZ LOPEZ, JOSE DEL CARMEN ONOFRE LOPEZ

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARMEN

jc_oggy89@hotmail.com gguerra@pampano.unacar.mx

Av. Central S/N Esquina Fraccionamiento Mundo Maya, C.P. 24115, Cd. Del Carmen, Camp.

Tel. (938)3811018 Ext. 1702, 1703.

RESUMEN

En este artículo se presenta un software para teléfono celular, que ayude a llevar un control del consumo de energía eléctrica, al estimar el costo de la facturación a partir de la última facturación y que puede usarse como instrumento para el control del consumo de energía, para los usuarios de la tarifa 1C.

ABSTRACT

In this paper it present a cell phone software, to help to take control of electrical energy consumption, to estimate the cost of electrical bill, taking note of last bill, and it can use like a instrument to the control of energy consumption, to tarifa 1C user's.

1. INTRODUCCION.

Anualmente la empresa suministradora de energía eléctrica en México recibe una gran cantidad de denuncias por los altos cobros en el consumo de energía eléctrica, principalmente de usuarios en tarifa domestica, una de las razones es por la manera tan confusa que se presentan los cobros debido a las diferentes tarifas, ya que existen varias tarifas eléctricas de uso general, se establecen con base en una estructura de 34 categorías de acuerdo a criterios tales como energía demandada, tensión, temperatura, uso, tipo y garantía de servicio. Pero principalmente estas demandas se dan porque el usuario no lleva un control del consumo para poder controlar o ahorrar energía.

2. TARIFAS ELECTRICAS

En México existen 34 tarifas, divididos en tarifas especificas y tarifas generales, estas se dividen en domesticas de bajo y alto consumo DAC, tarifas comerciales, de alumbrado público, servicio agrícola e industrial. En este trabajo nos remitiremos al análisis de la tarifa 1C, esta tarifa se aplica a lugares donde la temperatura media mínima es de 30 °C, esta tarifa es hasta un consumo de 850 kWh [1].

La tarifa 1C se aplica a todos los servicios que destinan la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no se consideran de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 30

grados centígrados como mínimo. Estos servicios sólo se suministran en baja tensión y no se les aplica ninguna otra tarifa de uso general [1].

Las tarifas domesticas se dividen de acuerdo a la temperatura media mínima medida en verano y de tal forma que se tienen diferentes tarifas 1, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla I

Tarifa	Aplica
1	A Medidor y Cuota Fija, aplica a servicios domésticos sin considerar criterios de temperaturas mínimas de verano
1 A	Para/localidades con /temperatura media mínima en verano de 25° C.
1 B	Para/localidades con /temperatura media mínima en verano de 28° C.
1 C	Para/localidades con /temperatura media mínima en verano de 30° C.
1 D	Para/localidades con /temperatura media mínima en verano de 31° C.
1 E	Para/localidades con /temperatura media mínima en verano de 32° C
1 F	Para/localidades con /temperatura media mínima en verano de 33° C
DAC	Servicio Domestico de Alto Consumo

Tabla I. Clasificación de tarifas Servicio doméstico [1]

En la tarifa 1C se aplican los cargos por la energía consumida en función de la temporada del año tal como se muestra en las tablas 2a y 2b, en la cual se puede apreciar el costo mensual en temporada de verano y en la tabla 3a y 3b los costos para la temporada fuera de verano [1].

Tabla Ila

Rango de consumo	Dic./2011	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-150	0.653	0.655	0.657	0.659	0.661	0.663	0.665	0.667	0.669	0.671	0.673	0.675	0.677
Intermedio	0.754	0.756	0.758	0.76	0.762	0.764	0.766	0.769	0.772	0.775	0.778	0.781	0.784

Tabla 2a. Tarifa 1C, temporada de verano, para consumo hasta 300 kWh mensuales

Tabla Iib

Rango de consumo	Dic./2011	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-150	0.653	0.655	0.657	0.659	0.661	0.663	0.665	0.667	0.669	0.671	0.673	0.675	0.677
Intermedio 151-450	0.98	0.983	0.986	0.989	0.992	0.995	0.998	1.001	1.004	1.007	1.01	1.013	1.016
Excedente	2.593	2.601	2.61	2.619	2.628	2.637	2.646	2.655	2.664	2.673	2.682	2.691	2.7

Tabla Iib. Tarifa 1C, temporada de verano, para consumo superior a 300 kWh mensuales

En Cd. Del Carmen, Cam., la tarifa aplicable es la 1C, y es en esta tarifa que se programa el software, a fin que beneficie la población o las poblaciones que se encuentran en esta tarifa.

Tabla IIIa. Tarifa 1C, temporada fuera de verano, para consumo hasta 175 kWh mensuales

Rango de consumo	Dic./2011	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.733	0.735	0.737	0.739	0.741	0.743	0.745	0.747	0.749	0.751	0.753	0.755	0.757
Intermedio	0.888	0.891	0.894	0.897	0.9	0.903	0.906	0.909	0.912	0.915	0.918	0.921	0.924

Tabla IIIa. Tarifa 1C, temporada fuera de verano, para consumo hasta 175 kWh mensuales

Tabla IIIb

Rango de consumo	Dic./2011	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.733	0.735	0.737	0.739	0.741	0.743	0.745	0.747	0.749	0.751	0.753	0.755	0.757
Intermedio 76-150	1.229	1.233	1.237	1.241	1.245	1.249	1.253	1.257	1.261	1.265	1.269	1.273	1.277
Excedente	2.593	2.601	2.61	2.619	2.628	2.637	2.646	2.655	2.664	2.673	2.682	2.691	2.7

Tabla IIIb. Tarifa 1C, temporada fuera de verano, para consumo hasta 175 kWh mensuales

3. COSTO DE CONSUMO

Para poder mostrar como varían los costos en función del periodo del año, se toma el recibo de un usuario cuyo consumo mensual en promedio es de 516 kWh y se simula con los diferentes costos mensuales, tal como se muestra en la figura 1.

Costo de un Consumo Mensual 516 kWh

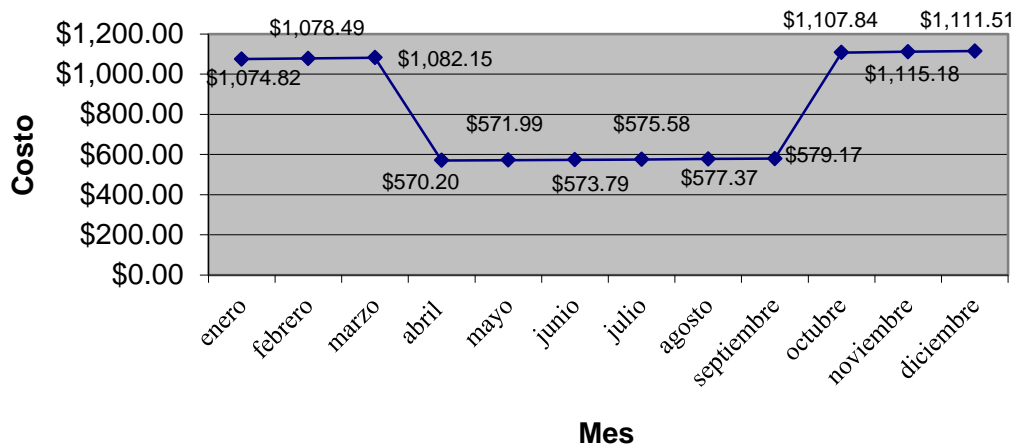


Figura 1. Variación de precios en un consumo de 516 kWh.

En la Figura 1 se muestra el costo que se produce en cada uno de los meses del año con un consumo constante de 516 kWh, las tarifas domésticas tienen un incremento fijo mensual de ajuste, el cual se ve reflejado en las gráficas aunque sea un consumo fijo., como se puede apreciar el mes de abril es el de menor costo pero de igual manera se puede visualizar que el mes de diciembre es el que tiene un mayor costo, a pesar que se mantiene un consumo constante de 516 kWh, se puede observar que esta tiene variación en costo, que es mayor en la temporada fuera de verano, debido a que se reduce la cantidad de kWh que se toman para la clasificación de consumos básico, intermedio y excedente, de pasar de 150 kWh en temporada de verano a 75 kWh en temporada fuera de verano como la cantidad a considerarse en el consumo básico, de igual manera en el consumo intermedio de 300 kWh en temporada de verano, a 75 en temporada fuera de verano y en el consumo excedente se toma después de 175 kWh en temporada fuera de verano, y en temporada de verano se toma después de los 450 kWh, y por tanto los precios por consumo aumentan.

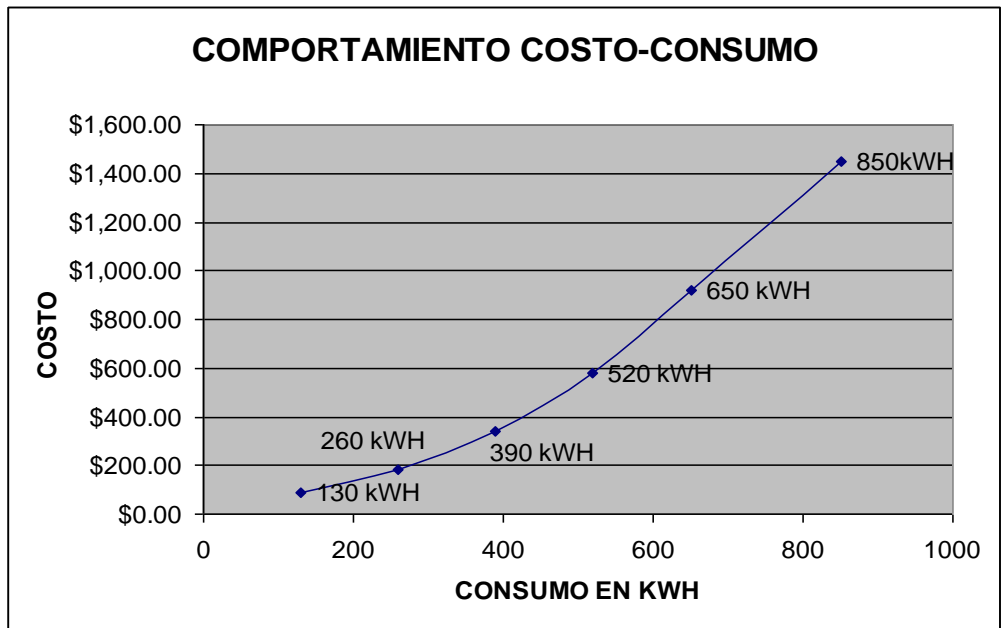


Figura 2. Comportamiento del costo en base al consumo mensual.

Se puede observar la importancia del ahorro energía en la gráfica de la figura 2, como se aprecia, depende mucho del consumo que el usuario realiza, el costo que se vera reflejado en la facturación, si se tiene un consumo bajo, menos de 175 kWh en la temporada fuera de verano y de 450 kWh en temporada de verano, el costo será bajo, mientras que, si se tiene un consumo alto, mayor de 175 kWh en temporada fuera de verano y mayor de 450 en temporadas de verano, el costo por facturación de igual forma será alto, es decir, evitar tener consumos altos clasificados como excedentes, como se aprecia en las tablas 2, después de estos limites el costo por cada kWh casi se triplica en comparación con el consumo base y se duplica en comparación con el consumo intermedio.

Tomando el control para no tener demasiado consumo clasificado como excedente, se puede tener una facturación con un costo menor. Para realizar este control del consumo es necesario tomar lecturas constantes durante el bimestre, sin embargo, para realizar el calculo del costo le resulta complicado a los usuarios.

4. DISEÑO DE SOFTWARE

A fin permitir que los usuarios residenciales en tarifa domestica puedan realizar las lecturas y tener un costo aproximado de los kWh consumido, se desarrolla un software que permite realizar los cálculos y entregue el costo a pagar hasta ese momento.

El software fue desarrollado en JAVA y puede ejecutarse en todos los teléfonos celulares que utilizan este sistema. Se presenta dos opciones de medidores, debido a que CFE esta en proceso de cambio de medidores analógicos por medidores digitales, se considera dar una opción de medidor analógico al usuario del software, y cuando tiene un medidor digital, también se incluye una opción para los medidores digitales. Esto se puede apreciar en la figura 3, donde se muestra la primera ventana de dialogo.

Para el diseño del software, cuando el medidor es de tipo analógico, se analizaron las carátulas de un medidor de tarifa domestica. En este caso, se tiene que conocer a leer las cinco caratulas Para obtener la lectura se comienza de la carátula de la extrema derecha, y se toma en cuenta el

sentido de la manecillas se invierte de una a otra carátula, para ello aplican las siguientes reglas [1].

a)- si la manecilla está entre dos números, se anota

Siempre el menor y considera que si señala entre el 0 y el 9 se anota siempre el 9.

b). si la manecilla esta sobre un numero, consulta la posición de la carátula derecha si esta última ha rebasado el cero, toma el número señalado. En caso contrario considere el número anterior al señalado.

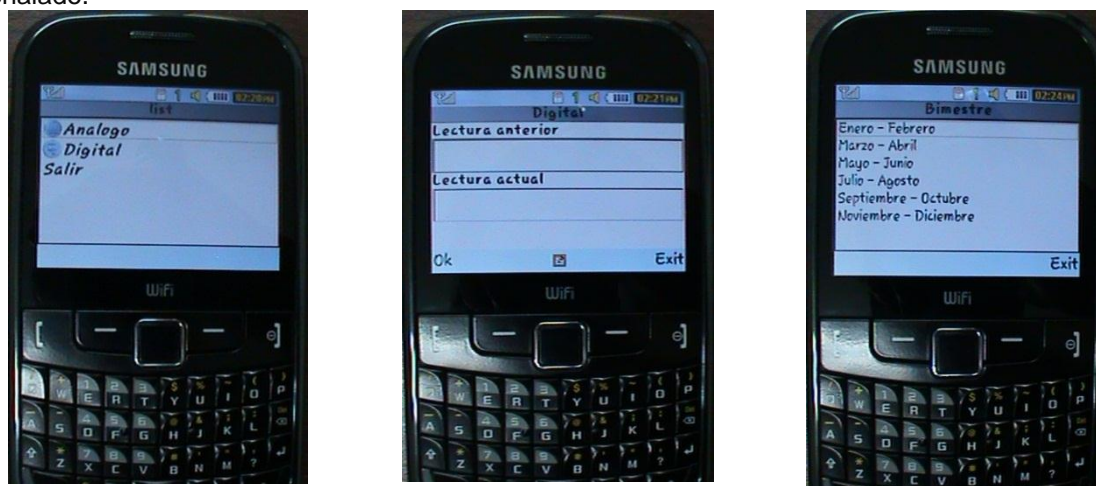


Figura 3. Pantalla de Inicio y de dialogo del software

Cuando el equipo de medición del usuario es de tipo digital, el programa está diseñado para que arroje los valores sobre el consumo, teniendo como dato de entrada, el valor del consumo en kWh del recibo anterior y la lectura actual tomada de la caratula del equipo de medición. Como resultado se mostrara el consumo en kWh y el costo de ese consumo o lo que se pagaría. También se puede tomar la lectura del consumo del último corte desde el medidor.

En el diseño se tomó en cuenta las tarifas por cada bimestre, teniendo la lectura de cada carátula del medidor se podrá ingresar al programa para que este arroje los resultados dependiendo del periodo calculado y así se podrá calcular el costo de la energía eléctrica durante los bimestres del año 2012. Específicamente el software diseñado se enfoca en la tarifa domestica 1C.

En la figura 3, se muestra la ventana de captura del software, realizado desde un teléfono celular, el cual proporciona un diseño amigable y de fácil uso para los usuarios, este a su vez muestra el consumo en kWh por bimestre y el precio en pesos.

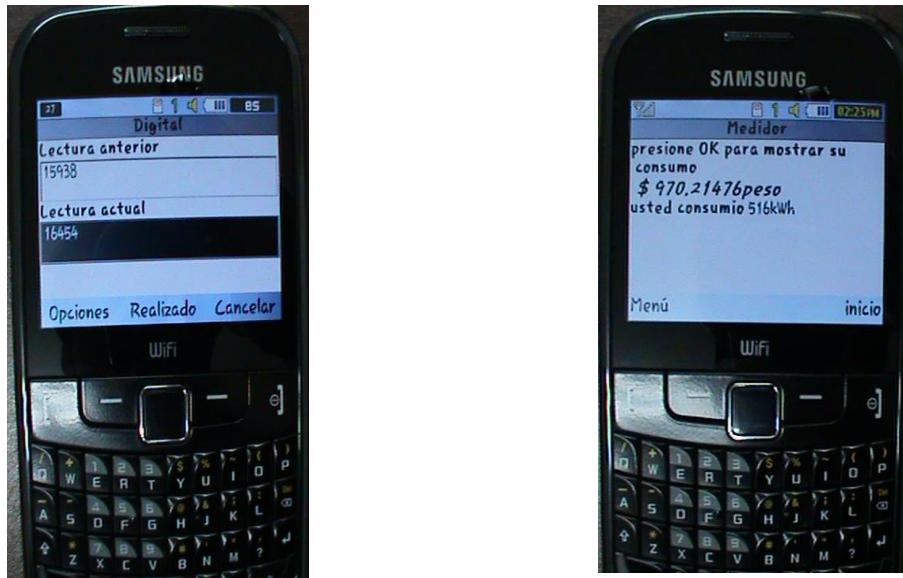


Figura 4. Pantalla de dialogo del software

El software proporciona una sección para introducir el consumo del bimestre anterior y 5 ventanas distribuidas una por cada carátula para así poder introducir la lectura de dichas carátulas en cada una de ellas, luego cuenta con un modulo donde el usuario puede elegir su periodo de consumo bimestral ya sea enero-febrero, marzo-abril, etc.; inmediatamente se encuentra un botón para poder realizar los cálculos, seguidamente arroja tanto los kWh consumidos así como el precio a pagar, cabe mencionar que este precio arrojado ya incluyen la tarifa de acuerdo al bimestre ya sea fuera de verano o en verano, el impuesto al valor agregado (IVA) y el derecho de alumbrado público (DAP)..

CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se diseño un software en Java para llevar un control del consumo de energía eléctrica, que ayuda al usuario y que es muy fácil y muy amigable, que puede ser utilizado en cualquier celular que permita ejecutar aplicaciones en ambiente Java. Se demostró que el comportamiento de las graficas varían dependiendo del bimestre, aun teniendo un consumo constante se puede visualizar que los costos se duplican y en ocasiones se triplican, por ello se ha desarrollado el software que será de gran ayuda, para que el usuario tenga un mayor control de su consumo ya que las temperaturas día a día superan los 30 °C y por lo tanto esto hace que los usuarios aumenten su consumo y por ello los altos costos se vean reflejado en su facturación.

Con este software lo que se busca es que el usuario tenga un mayor control sobre su consumo de energía y con ello no rebasar su presupuesto, pronto estará disponible en la página de la Universidad Autónoma del Carmen para su distribución gratuita.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.cfe.gob.mx>

DIFUSIÓN DE ARTESANÍAS POR INTERNET

Benjamín López González¹, Roberto Cano Rojas², Mauro Sánchez Sánchez³, Roberto David Vera Torres⁴, Angélica Millán Díaz⁵

1, 2, 3, 4, 5 Instituto Tecnológico de Toluca
Av. Tecnológico s/n , Exrancho la Virgen , Metepec Estado de México c. p. 52140 tel.
(722)2087200

1, 5 Unidad Académica Profesional Tianguistenco
Paraje el Tejocote, San Pedro Tlaltizapan, Tianguistenco Estado de México c. p. 52640
tel. (722) 4810800

1 blopezg@uaemex.mx, blopezg@ittoluca.edu.mx, 2 bob_cano25@hotmail.com, 3
mss_ms2@hotmail.com

RESUMEN

En la actualidad en los municipios de Santa María Rayón y San Antonio la Isla ha tomado una gran importancia el comercio de las artesanías hechas en madera y resulta de mucho interés incrementar el mercado de venta para los artesanos ya que por medio de esta maravillosa actividad los artesanos también encuentran un medio de sustento para sus familias lo que nos lleva a dar una difusión masiva como la que proporciona el Internet. "Difusión de artesanías por Internet", es un proyecto realizado para el impulso comercial de artesanías de madera, donde se podrá ver un catalogo completo de las artesanías creadas en los municipios antes mencionados, y se podrá hacer pedidos desde cualquier parte de la república mexicana y el extranjero.

ABSTRACT

Currently in the municipalities of Santa Maria and San Antonio Rayon Island has taken a very important trade of handicrafts made of wood and is of great interest to increase the sales market for artisans and that through this wonderful activity the artisans also find a livelihood for their families which leads us to give a mass distribution as provided by the Internet. "Dissemination of crafts on the Internet" is a project for the commercial momentum of wooden handicrafts, where you can see a complete catalog of crafts created in the municipalities listed above, and you can place orders from anywhere in the Mexican Republic and abroad.

1. INTRODUCCIÓN

Con la aparición del hombre surgen también sus necesidades, tanto físicas como de expresión, estas últimas manifestadas de muchas maneras, clara prueba de ello están las pinturas rupestres que fue un concepto de la manifestación artística más antigua de las que se tiene conocimiento, con el paso del tiempo, el hombre ha perfeccionado sus técnicas de expresión artística, utilizando diversos materiales, dentro de los cuales está la madera, que por su buena maleabilidad es utilizada para realizar artesanías de enorme belleza y gran calidad artística.

México es un país rico en artesanía y su pueblo la trabaja con tradiciones que subsisten desde tiempos ancestrales. La artesanía en México y particularmente en los municipios de Santa María Rayón y San Antonio la Isla, municipios del Estado de México es un valuarte que se pasa de generación en generación y entrega al visitante un objeto digno de colección o de un apreciado regalo y siempre con algo al alcance de su presupuesto, es por eso que las artesanías, aparte de ser una manifestación artística es también una evidente actividad productiva y sustento de muchas familias mexicanas.

El presente proyecto está orientado hacia la difusión masiva de los productos artesanales hechos en madera, ya que debido al gran crecimiento que ha tenido esta área de trabajo resulta de gran importancia dar a conocer todos estos productos a nivel nacional e internacional. El objetivo principal es que las artesanías se puedan reconocer y

comercializar vía Internet para que de este modo se pueda ampliar el conocimiento de estas bellas piezas dignas de exportación y por supuesto que los artesanos tengan un mercado mucho más amplio de venta.

El interés por realizar la investigación que rodea al “Difusión de Artesanías por Internet”, no es más que poder extraer un poco de la extraordinaria cultura que guarda este gran país y poderlo mostrar al mundo entero, y por otro lado ampliar el crecimiento económico de los municipios mencionados con anterioridad.

Cabe mencionar que los municipios inmersos en la temática que se aborda en el presente trabajo han sido galardonados con premio de nivel internacional, por la gran calidad que los artesanos emplean en la elaboración de tan distinguidas piezas artesanales, motivo por el cual es imprescindible que se den a conocer al mundo entero.

Dentro de la investigación se realizó una serie de entrevistas para conocer más acerca de los artesanos y el proceso de cómo se realizan todas sus artesanías, esto con el fin de plasmar con la mayor fidelidad el proceso de realización de las piezas artesanales.

Objetivos:

- Proporcionar un software que permita la difusión, promoción y comercialización de artesanías elaboradas en los municipios de Santa María Rayón y San Antonio la Isla.
- El desarrollo de nuevas relaciones comerciales.
- Mejora en los servicios de atención a clientes.
- Penetración en nuevos mercados.
- Reducción de costos de promoción y difusión de productos.
- Transacciones ilimitadas, sin obstáculos geográficos.
- Generación de nuevos contactos y relaciones potenciales.
- Tener su negocio operativo las 24hs x 365 días.

2 MÉTODO

2.1 Actividades del desarrollo:

- Recabar información personal de los artesanos.
- Diseño de la base de datos.
- Diseño de la página de difusión.
- Modulo de productos.
- Modulo de proveedores.
- Modulo de clientes.
- Modulo de pedidos.

2.2 Recabar información personal de los artesanos.

Se aplico un cuestionario de manera personal, con los artesanos del los municipios de Santa María Rayón y San Antonio la Isla, con el objetivo de recabar su información personal y encontrar la forma más rápida de hacer contacto con ellos para los futuros pedidos de las artesanías hechas en madera.

2.3 Diseño de la base de datos.

Para poder hacer el diseño de la Base de Datos se hizo el estudio pertinente, y dado que se manejaran ventas por internet, tenemos que respaldar datos como los de los clientes, proveedores, compras realizadas, productos y las ventas. Todos los datos anteriores se resguardan en una base de datos llamada **Artesanías** la cual guarda dentro de si las siguientes tablas: Cliente, Proveedor, D_Proveedores, Ventas, Compras, Producto, Comentarios.

2.4 Diseño de la página de difusión.

Como cualquier persona o empresa, primero se debe de presentar, es decir, para crear la página de difusión primero se tiene que pensar en dar a conocer a la empresa como su giro, su misión y su visión, para eso se creó la primera parte del proyecto de "Difusión de Artesanías por Internet". Se creó una primera página diseñada en html en la cual se da a conocer, el giro de la empresa, como se muestra en figura 1

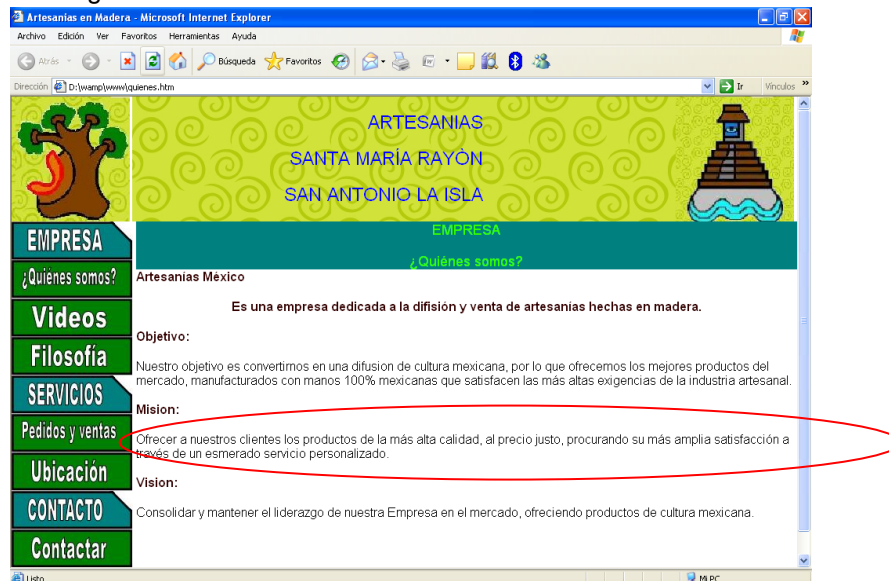


Figura 1 Giro de la empresa

De esta manera nuestros clientes sabrán en donde se encuentran y las posibilidades que tienen de hacer una transacción que satisfaga sus necesidades.

Dentro de los videos se encuentran algunos de los artículos de mucha antigüedad como por ejemplo el rodillo, que se puede ver en la figura 2.

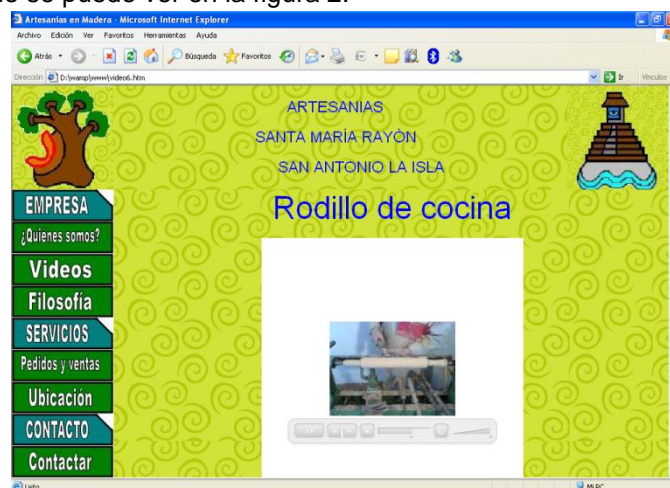


Figura 2 Video de la realización del rodillo

Dentro de los servicios que se ofrecen esta un apartado de pedidos y ventas dentro de la cual se exhibe, el catalogo de piezas artesanales así como un breve descripción y su costo unitario.

Previo a mostrar todos nuestros productos se pide hacer una validación para conocer quien de nuestros clientes es el que necesita de nuestros productos.

Se crea una validación dentro de una tabla diseñada en Mysql llamada cliente, de donde obtenemos si existe o no dicho cliente.

Dicha validación se puede observar en la figura 3

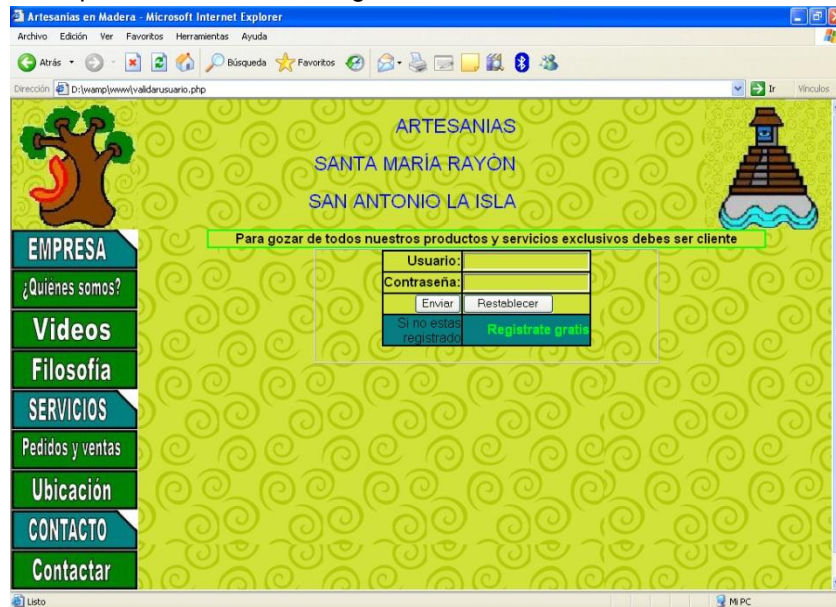


Figura 3 Validación de usuario y contraseña

2.5 Modulo de productos.

Posteriormente se ofrece todo el catalogo de artesanías que el cliente podría comprar.

Para esto se creó una tabla diseñada en Mysql llamada producto, en la cual se almacenaran todos los aspectos relacionados con nuestros productos.

El catalogo ofrecido al cliente, muestra una clasificación y subclasificación según corresponda de los productos con el fin de optimizar más su búsqueda y reducir el tiempo de espera para la búsqueda de un producto, este catalogo se puede ver en la figura 4.

2.6 Modulo de proveedores.

Para el modulo de proveedores se tomo en cuenta que por cada producto se manejan 3 diferentes proveedores por lo que se crearon dos diferentes tablas para lograr tener esta relación.

De esta manera se consigue manejar hasta 3 diferentes proveedores por cada producto lo que es muy apto por si se necesita de una mayor producción o en su defecto por la escases del producto, contar con más alternativas de compra.

2.7 Modulo de clientes.

En el momento de poder ingresar como un cliente, se tiene la opción de que si no se es cliente se puede registrar de manera gratuita.

Para eso existe un apartado de registro, en donde se le pide al cliente datos personales, dirección y la forma de hacer contacto con el, como se puede observar en la figura 5.

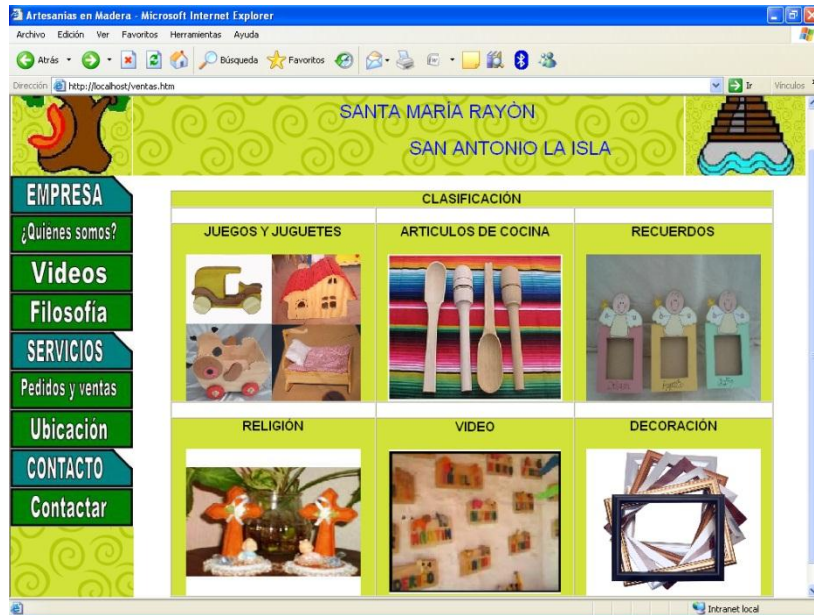


Figura 4 Catalogo de productos

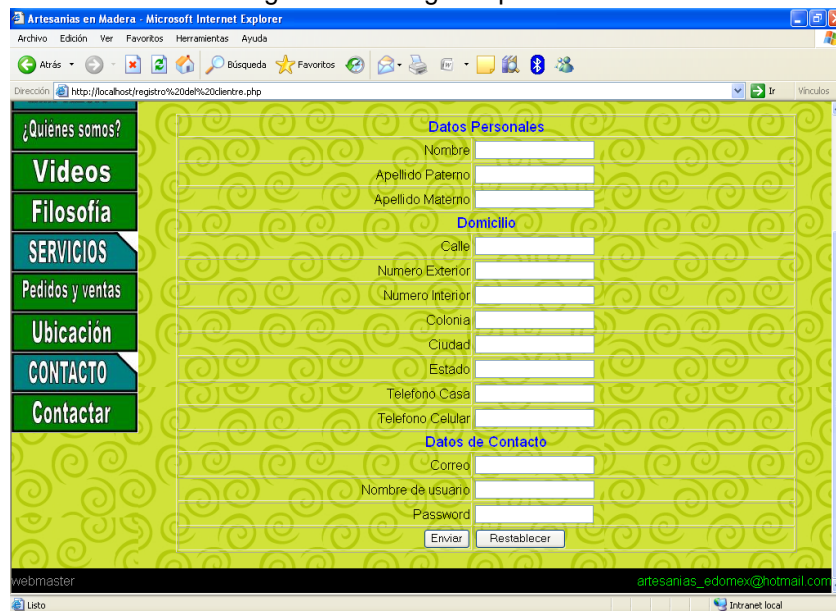


Figura 5 Registro del cliente

Estos datos son registrados en la tabla de clientes, de la base de datos.

2.8 Modulo de pedidos.

En este apartado se manejan todos los pedidos hechos por los clientes, manejando, las piezas que necesita e informándole del costo total de su transacción, como se puede ver un ejemplo en la figura 6

Toda esta transacción se resguarda en la tabla de ventas de nuestra base de datos.

De la misma forma se hace mención en un diferente apartado la forma en que se puede hacer contacto con la empresa, mencionando la ubicación exacta de las instalaciones por medio de un correo electrónico, los apartados son:



Figura 6 Pedido del cliente

3. RESULTADOS

Con el fin de difundir el concepto de nacionalizar la difusión de las artesanías realizadas dentro de las comunidades de Santa María Rayón y San Antonio la Isla y lograr una cultura de valoración y respeto por estas, se aplicó un cuestionario que reúne datos generales de los artesanos de ambas comunidades, así como datos que permitan estar en contacto directo con todos ellos.

Toda la información recabada está insertada en la base de datos, en los apartados correspondientes a dicha información, con el fin de poder contar con ella para futuras consultas.

Dentro de los resultados se encuentran acuerdos y alianzas relevantes para sostener las acciones de difusión. Las reuniones y negociaciones con los artesanos de las comunidades locales, crear redes de apoyo para construir y consolidar este gran proyecto.

Los artesanos de las comunidades locales están convencidos de que este proyecto de difusión es un trabajo de todos, en el que se verán beneficiados ambos pueblos cumpliendo con los objetivos planteados y poder crear más fuentes de empleo que beneficia a los habitantes que tienen tan hermoso oficio.

4. CONCLUSIONES

En conclusión se puede decir que, como el comercio electrónico está en una de sus etapas de mayor importancia, tenemos que explotarlo al máximo, es por eso que el “Difusión de Artesanías por Internet” está diseñado para la difusión masiva, promoción y comercialización vía electrónica, puesto que con esta nueva forma de hacer negocios, no solo aumenta la productividad si no que aumentan las posibilidades de llegar al mundo entero, creando de esta forma nuevas y muy eficientes relaciones comerciales.

De igual manera la penetración en nuevos mercados es una gran satisfacción puesto que en cualquier lugar donde exista una conexión a internet, ahí podremos llegar con nuestros productos y servicios.

Se tiene la satisfacción de haber logrado una gran difusión de los productos hechos en Santa María Rayón y San Antonio la Isla con una reducción de costos considerable, al utilizar herramientas como las que nos ofrece la red de redes (internet), al igual podemos mencionar que las transacciones que se realizan son ilimitadas, y que por supuesto no tienen obstáculos geográficos.

Se generaron nuevos contactos y relaciones altamente potenciales ya que un negocio que esté disponible las 24 horas del día y los 365 días del año es altamente reconocido y remunerado.

Por otra parte se llega a la conclusión de que con el desarrollo de este tipo de proyectos fomentan en las personas un espíritu de ingenio, lleno inquietudes que aumentan el deseo de cada día saber más y más, al grado de crear grandes y maravillosos proyectos.

5. RECOMENDACIONES

1.- Como recomendaciones para “Difusión de Artesanías por Internet”, se puede desarrollar en un futuro un módulo en donde se maneje la forma de pago por parte de los clientes para así ofrecer un servicio más amplio y completo.

2.- Se puede ampliar el proyecto agregando una sección de dudas y comentarios, abierta a todo el público que desee saber más acerca de los productos y servicios, ofreciendo las dudas de los clientes y las respuestas de los moderadores.

6. FUENTES CONSULTADAS

[1] Tutorial de bases de datos I, Tecnológico de la paz, Disponible en: <http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/basedat1/index.htm> (Consultado el 14 de abril de 2008, 12:00)

[2] Héctor Julio Rodríguez, Bibliotecología de la Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: http://recursostic.javeriana.edu.co/wiki/index.php/Historia_de_las_bases_de_datos_en_Ciencia_de_la_Informaci%C3%B3n (Consultado el 15 de abril de 2008, 14:13)

[3] Wikipedia, la Enciclopedia Libre. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_magn%C3%A9tica (Consultado el 15 de abril de 2008, 14:48).

[4] Wikipedia, la Enciclopedia Libre. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/CD> (Consultado el 15 de abril de 2008, 15:48).

[5] Wikipedia, la Enciclopedia Libre. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Edgar_Frank_Codd (Consultado el 15 de abril de 2008, 15:55).

[6] Daniel Pecos Martínez, Net Pecos, Disponible en: http://www.netpecos.org/docs/mysql_postgres/x57.html (Consultado 17 de abril de 2008, 12:00)

[7] Wikipedia, la Enciclopedia Libre. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_interpretado (Consultado el 17 de abril de 2008, 17:00)

[8] Wikipedia, la enciclopedia Libre. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki.php> (consultado el 20 de abril de 2008).

[9] Wikipedia, la Enciclopedia Libre. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Apache_http_server (Consultado el 25 de abril de 2008).

Diseño y desarrollo de un sistema de geolocalización de servicios

Mario R. Moreno Sabido¹, Danice D. Cano Barrón²,
Didier R. Moreno Vázquez¹, Grely del S. Canul Novelo¹, José R. Atoche Enseñat¹

¹Instituto Tecnológico de Mérida
Av. Tecnológico km 4.5 s/n, Mérida, Yucatán, México, CP 97118

²Instituto Tecnológico Superior de Motul
Carretera Mérida – Motul Tablaje Catastral 383 Motul, Yucatán, México, CP 97430

mario@itmerida.mx, deyita_cano@hotmail.com, mvidier@hotmail.com, grely75@hotmail.com,
jratoche@gmail.com

ABSTRACT

This paper describes the process of designing and developing a Web Application for geolocalization services using the Application Programming Interface (API) of Google Maps. It also describes the design from the perspective of the “4 + 1” View Model, using Unified Modeling Language diagrams. It shows the integration of various technologies used to develop this application and a description of it. We present the conclusions that were reached at the end of this work.

KEYWORDS: Web Application, “4 + 1” View Model, Unified Modeling Language, Web Services.

RESUMEN

El presente artículo describe el proceso de diseño y desarrollo de una aplicación Web orientada a la geolocalización de ciertos prestadores de servicios utilizando la Interfaz de Programación de Aplicaciones (Application Programming Interface, API) de Google Maps. También se describe el diseño desde la perspectiva de la arquitectura 4+1 vistas, utilizando diagramas del Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language, UML). Se muestra la forma en la que se fueron integrando las diversas tecnologías utilizadas para el desarrollo de este trabajo, así como una descripción del sistema. Se presentan los resultados y las conclusiones a las que se llegaron al terminar este trabajo.

PALABRAS CLAVE: Aplicación Web, Arquitectura 4 + 1 vistas, Lenguaje Unificado de Modelado, Servicios Web.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de aplicaciones que faciliten la vida cotidiana de las personas a través de software en sus dispositivos móviles es una necesidad en estos días. Estas aplicaciones generalmente contienen elementos que permiten interactuar al usuario, como por ejemplo rellenar y enviar formularios, participar en juegos o usar gestores de datos en tiempo real. Entre estas aplicaciones están las aplicaciones web, las cuales pueden ser de acceso público como las tiendas virtuales, gestión de tareas y proyectos, gestores de documentos, etc., o extranet para facilitar, gestionar, y agilizar su trabajo diario con proveedores, clientes y distribuidores.

El diseño de aplicaciones Web es una tarea compleja que requiere de la integración de diferentes métodos y técnicas, e involucra una gran variedad de tecnologías. Algunas de estas tecnologías son utilizadas para manejar elementos de presentación y otras para resolver lo relacionado con la funcionalidad de la aplicación. Ambos aspectos requieren de habilidades bastante diferentes de parte del desarrollador, lo que conduce a la necesidad de una separación de tareas [2].

Para implementar un sistema se pueden hacer uso de una gran cantidad de herramientas, tanto conceptuales como de desarrollo; lo interesante es poder interaccionarlas para conseguir que el sistema se adapte mejor a las necesidades del usuario, además de facilitar el proceso de mantenimiento y adecuación en fases posteriores. Para este caso en particular se utilizó la arquitectura 4 + 1 vistas [3] que permite el modelado desde diversas perspectivas de un mismo sistema, y aunque esta propuesta incluye su propia propuesta de esquematización se decidió utilizar UML, ya que aunque no se puede decir que por sí misma es una metodología formal, sí provee de una serie de diagramas que cuando se utilizan bien, facilitan la comprensión de la aplicación que se desea desarrollar [1], además de que tiene un gran nivel de aceptación entre los desarrolladores.

Para este trabajo se decidió modelar utilizando los diagramas más comunes siendo estos: los diagramas de casos de uso, los diagramas de clase, los de secuencia, los de estado, de actividades y de componentes.

Las tecnologías utilizadas en el desarrollo e implementación del proyecto se basan en servicios web, así como la plataforma de Android 2.0, Asp.Net, el IIS 7.0, Mysql y C#.Net.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de este trabajo fue diseñar y desarrollar un sistema web que permita localizar en un mapa y en tiempo real ciertos proveedores de servicios inscritos en dicho sistema, utilizando para ello la API de Google Maps la cual recibe información geográfica proporcionada por el dispositivo móvil del proveedor, y que además le permite al cliente enviar su información geográfica hacia la base de datos del sistema, y así poder compartir su ubicación exacta en donde se encuentre trabajando en ese momento, además que le permite poder mostrar a los interesados las promociones que ofrece.

Cuando una persona que requiera un determinado servicio puede acceder al sistema y buscar que proveedor le queda más cerca de su actual ubicación, revisar sus promociones y de esta manera poder contactarlo. La aplicación móvil fue desarrollada en Android; la conexión para la actualización de las posiciones geográficas se realiza por medio de un proveedor de servicios de telefonía celular o mediante las redes inalámbricas.

3. DISEÑO

El proyecto se conceptualizó siguiendo la arquitectura 4+1 vistas que describe la arquitectura del software, usando cinco vistas concurrentes: vista lógica, vista de procesos, vista física, la vista de desarrollo y finalmente los escenarios. Los diseñadores de software deben organizar la descripción de las decisiones de arquitectura en estas cuatro vistas y luego ilustrarlas con un conjunto reducido de casos de uso o escenarios, los cuales constituyen la quinta vista [3]. La arquitectura evoluciona parcialmente a partir de estos escenarios (véase la Figura 1).

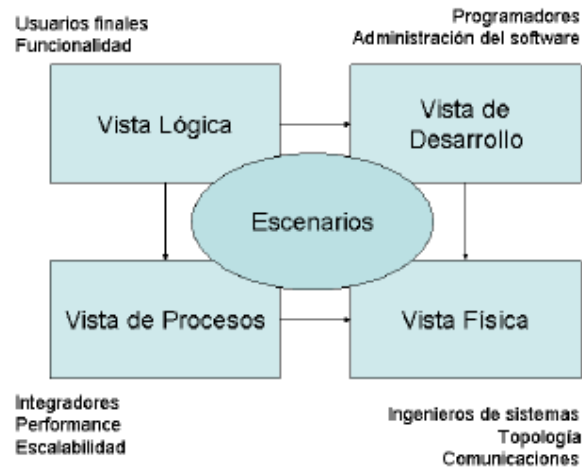


Figura 29: Esquema de la arquitectura 4 + 1 vistas.

Fundamentalmente a cada una de las vistas corresponde uno o varios diagramas UML como puede observarse en la tabla 1. Como se mencionó anteriormente, para este proyecto se utilizaron los diagramas de casos de uso, clases, secuencia, estados, actividades y componentes.

TABLA I

Vistas	Diagramas de UML
Escenarios	Casos de uso
Lógica	Clases, Estados y Colaboración
Procesos	Actividad, Estados y Secuencia
Física	Despliegue
Desarrollo	Componentes

Tabla I: Correspondencia entre las vistas de la arquitectura 4+1 y los diagramas UML.

3.1 Escenarios

Los escenarios son de alguna manera una abstracción de los requisitos más importantes, por lo que las cuatro vistas trabajan conjuntamente en forma natural mediante el uso de un conjunto pequeño de escenarios relevantes en llevar a cabo secuencias de interacciones entre objetos y entre procesos. Dichos escenarios son entendidos en UML a través de los diagramas de casos de uso. En la figura 2 se puede observar el caso de uso para los vendedores en el que se destaca el hecho de que es el único capaz de administrar las promociones, así como activar y desactivar el seguimiento de su posición.

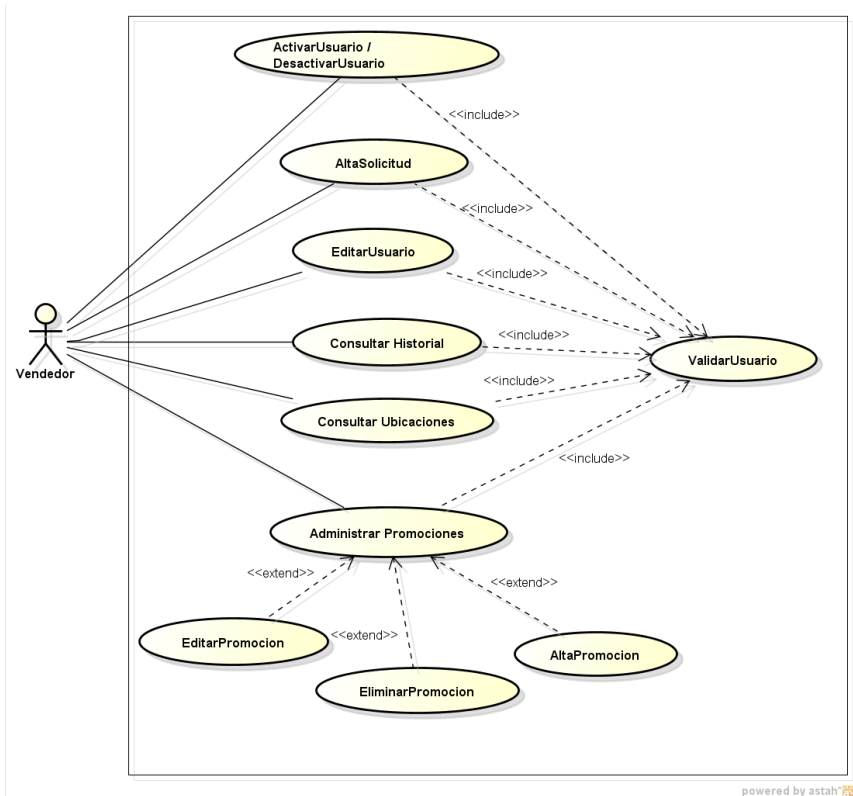


Figura 30: Diagrama de casos de uso de los vendedores.

Por cuestión de espacio, se mostrarán solamente los diagramas más representativos ya que el modelado de la aplicación fue exhaustivo.

3.2 Vista lógica

La vista lógica apoya principalmente los requisitos funcionales; se descompone el sistema en una serie de abstracciones clave, tomadas (principalmente) del dominio del problema en la forma de objetos o clases de objetos. Una parte de dicha abstracción se puede observar en la Figura 3 en la que se representan a través del diagrama de clases de la aplicación.

Los objetos identificados son: Los usuarios (registrados o no registrados), las promociones, la posición y el historial. Cabe mencionar que el historial es un conjunto de ubicaciones de un cierto vendedor, y que las ubicaciones son un conjunto de posiciones en el mapa. Dentro de los usuarios registrados se distinguen a los vendedores y a los administradores, siendo la principal diferencia la capacidad del administrador de consultar el historial de cualquier vendedor, mientras que los vendedores sólo pueden ver su historial.

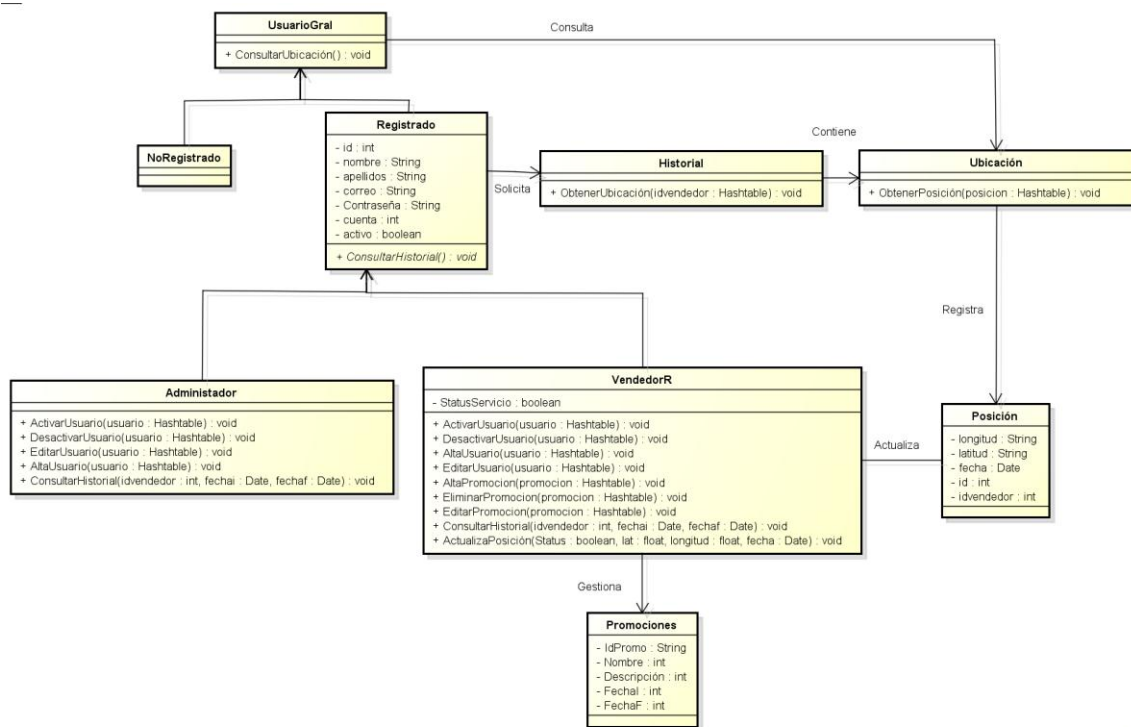


Figura 31: Diagrama de clases.

En la Figura 4, el diagrama de estados presenta los diversos estados por los que puede atravesar el sistema. El sistema se activa cuando el usuario (registrado o no) ingresa a la página; cuando el realiza alguna petición de información, ya sea ver el mapa, ingresar como usuario registrado o cualquier otra actividad, el sistema cambia a un estado procesando la información. Cuando el sistema termina de desplegar la información que se procesó, regresa al estado activo y espera una nueva solicitud de información del usuario.

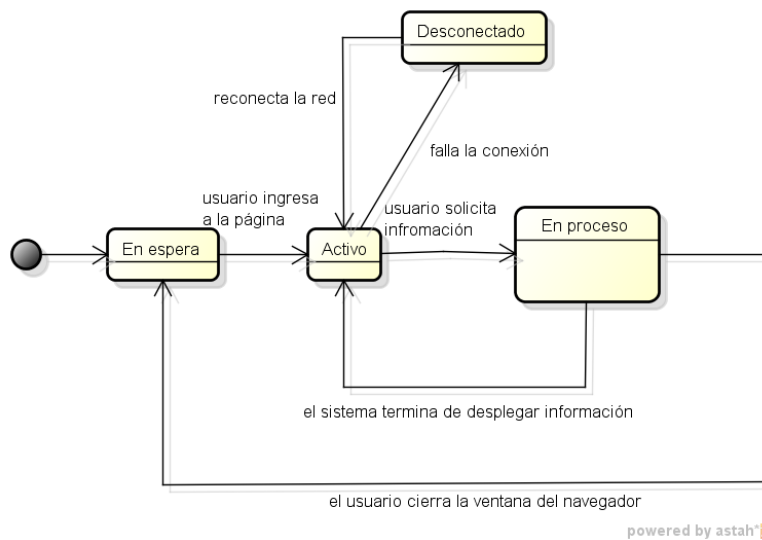


Figura 32: Diagrama de estados del sistema.

En este caso se consideró que siendo una aplicación Web, la caída de la conexión a Internet hace que el sistema pase al estado desconectado, y vuelve a ponerse en activo cuando la conexión se

restablece. Finalmente, el sistema regresa al estado en espera cuando el usuario cierra la ventana.

3.3 Vista de procesos

El diseño de procesos toma en cuenta algunos requisitos no funcionales, tales como el desempeño y la disponibilidad, se enfoca en asuntos de concurrencia y distribución, integridad del sistema, de tolerancia a fallas, etc. También determina en cuál hilo de control se ejecuta efectivamente una operación de una clase identificada en la vista lógica. Debido a lo anterior, describe esta vista a través de los diagramas de actividades, estados (véase figura 4) y secuencias.

En cuanto a las actividades, los vendedores fueron una clase de las más activas, por lo que su modelado fue el más interesante. Uno de las actividades más recurrentes resultó ser el administrar las promociones; en este sentido, los vendedores podrán seleccionar una de las tres opciones cuando quieran administrar las promociones como puede verse en la Figura 5.

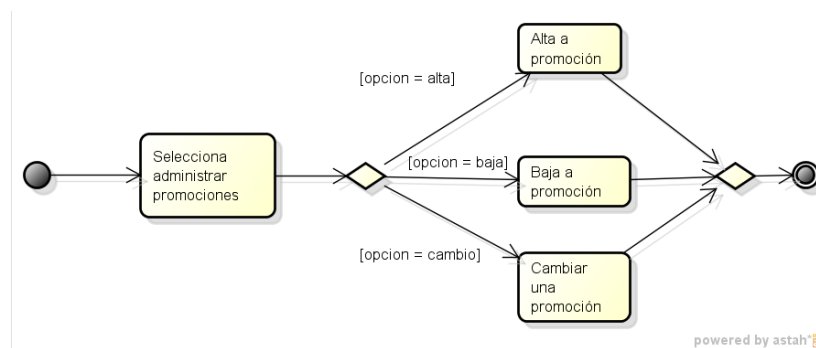
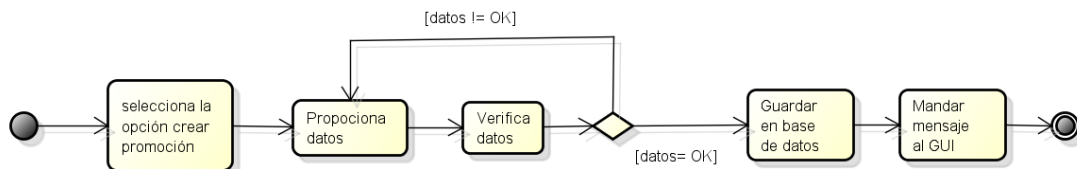


Figura 33: Diagrama de actividades de la administración de promociones.

En cuanto a la creación de las promociones, se puede observar como al momento de crear una nueva se deben de verificar la coherencia interna de los datos que proporciona el usuario y solo hasta que estén correctos se procede a realizar los cambios en la base de datos (véase Figura 6).



De manera similar se lleva a cabo las bajas y los cambios, cambiando la opción de crear promoción por la de eliminar promoción o cambiar promoción.

Figura 34: Diagrama de actividades para alta de las promociones.

Una de las funciones que fue interesante modelar utilizando los diagramas de secuencia fue el funcionamiento del mapa interactivo, ya que para ello se requería de un manejo de funciones un poco más compleja. Como puede observarse en la Figura 7, para poder dibujar el mapa se deben solicitar las ubicaciones de los vendedores y esto requiere de hacer un rastreo de la posición actual de cada uno de los vendedores.

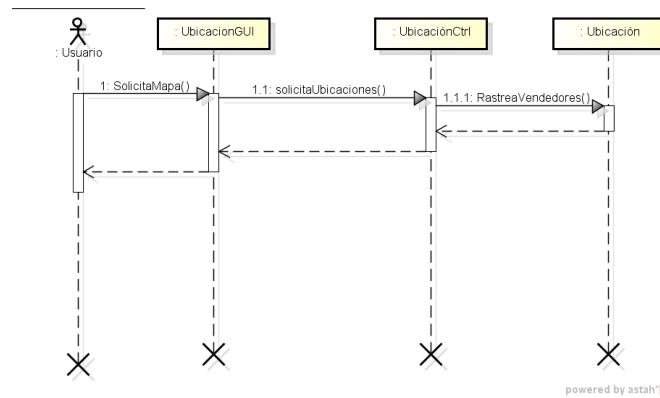


Figura 35: Diagrama de secuencia para la generación de mapas.

Otra de las funciones interesante fue la de los historiales cuando es solicitada por un administrador, ya que requiere de establecer de parámetros para la búsqueda. Como puede observarse en la Figura 8, las clases requieren de al menos dos llamadas para poder hacer la búsqueda entre los vendedores.

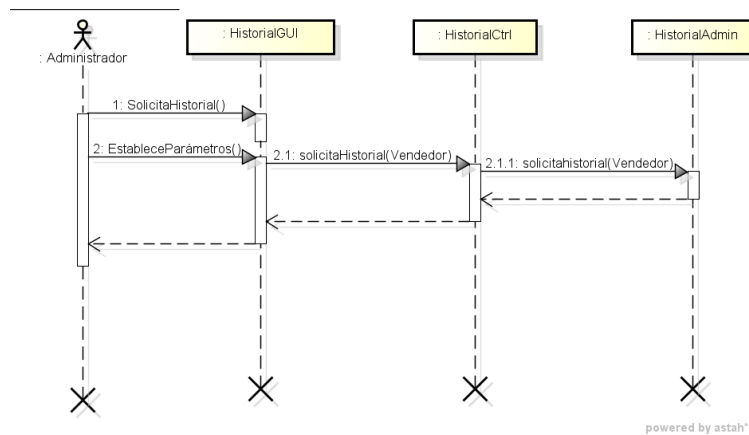


Figura 36: Diagrama de secuencia para solicitar el historial de los vendedores por parte de un administrador

Para el caso en el que quien solicita el historial es un vendedor, el diagrama queda de manera similar, pero restringiendo la búsqueda a su propia clave para hacer el historial.

3.4 Vista física

En cuanto a la arquitectura física, esta toma en cuenta primeramente los requisitos no funcionales del sistema tales como la disponibilidad, confiabilidad (tolerancia a fallas), desempeño, y escalabilidad. Los diversos elementos identificados (redes, procesos, tareas y objetos) requieren ser mapeados sobre los variados nodos. Para este tipo de vista se utilizan los diagramas de despliegue, sin embargo para el caso concreto del proyecto (como se mencionaba previamente) se utilizaron los diagramas UML más utilizados y no se recurrió a estos.

3.5 Vista de desarrollo

La vista de desarrollo se centra en la organización real de los módulos de software en el ambiente de desarrollo del software. El software se empaqueta en partes pequeñas –bibliotecas de programas o subsistemas– que pueden ser desarrollados por uno o un grupo pequeño de desarrolladores. Los subsistemas se organizan en una jerarquía de capas, cada una de las cuales brinda una interfaz estrecha y bien definida hacia las capas superiores. Para modelarlo se utilizan los diagramas de componentes que no fueron requeridos por la misma razón de los diagramas de despliegue.

4. IMPLEMENTACIÓN

El proyecto completo estuvo conformado por 3 partes esenciales, las cuales comprenden la aplicación web, el cliente en los dispositivos móviles y el desarrollo del servicio Web. El esquema tecnológico de la implementación se observa en la Figura 9; en ella se puede observar como a través de los servicios Web se accede a las bases de datos vía un buscador que puede ser invocado desde cualquier dispositivo móvil (teléfono celular, tableta, PDA) o computadora.

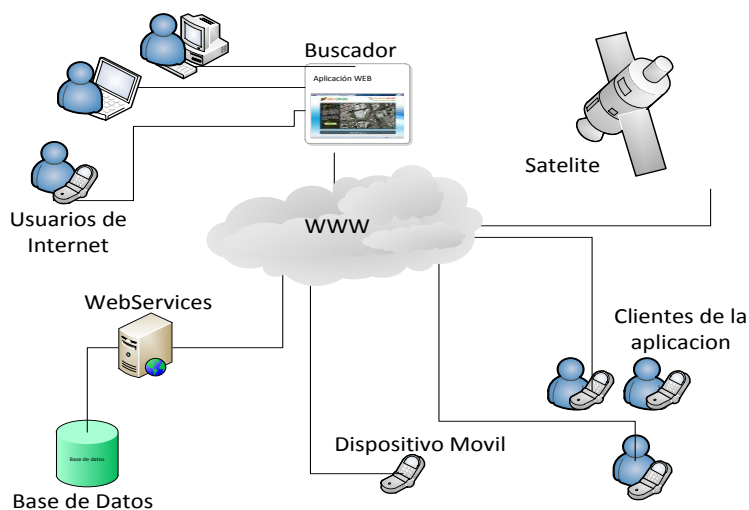


Figura 37: Esquema de trabajo del buscador geográfico.

4.1 Aplicación web

La aplicación web desarrollada (véase Figura 10) permite a los usuarios el que puedan buscar en tiempo real a todas aquellas personas que se hayan registrado previamente como proveedores de servicios en el portal, para poder localizarlos de una manera mucho eficiente, rápida, fácil y sencilla.

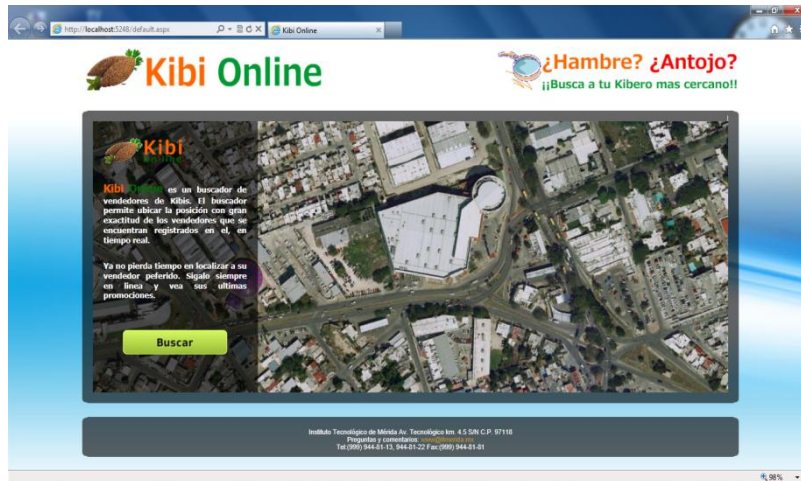


Figura 38: Página principal de la aplicación web.

El acceso al portal puede darse por parte de tres tipos de usuarios: los usuarios generales o no registrados, los proveedores de servicios o registrados y el administrador general. Cada uno con su propio perfil de permisos.

4.1.1 Usuario general (o usuario no registrado)

El usuario no registrado es toda aquella persona que entra al portal web y desea consultar una ubicación de algún proveedor de servicios en particular. Los permisos de este tipo de usuario son mínimos ya que el sistema únicamente le permite visualizar la última posición de cualquier proveedor de servicios en el día que este transcurriendo (véase Figura 11). Como puede observarse, se dibuja un mapa en el que se despliega la posición de los prestadores de servicios y una breve descripción; esto se logró gracias a la API del Google Maps.

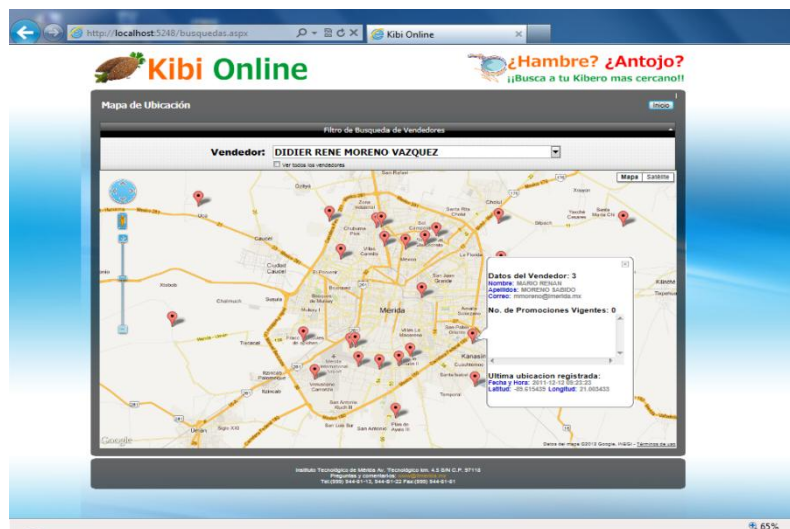


Figura 39: Búsqueda de servicios del usuario general.

4.1.2 Proveedor de servicios (o usuario registrado)

El proveedor de servicios es el usuario que tiene asignado una cuenta en el sistema la cual le permite el poder actualizar su posición geográfica desde su dispositivo móvil, a cualquier hora del día. Además cuenta con la posibilidad de poder capturar, editar y eliminar promociones que desee o maneje en su negocio, permitiéndole visualizarlas en el buscador de servicios. Los proveedores serán capaces de visualizar el mapa, además de administrar sus promociones y sus datos personales (véase Figura 12).



Figura 40: Administración de promociones de los proveedor de servicios.

4.1.3 Administrador general

El administrador general es el único usuario capaz de administrar el catálogo de proveedores. Se encarga entre otras cosas de aceptar las solicitudes generadas en el portal web para dar de alta en el sistema a nuevos proveedores de servicios, así como de darles mantenimiento a dicho catálogo. Además tiene la posibilidad de generar búsquedas de historiales de las posiciones geográficas de uno o varios de los proveedores en cualquier fecha determinada (véase Figura 13).

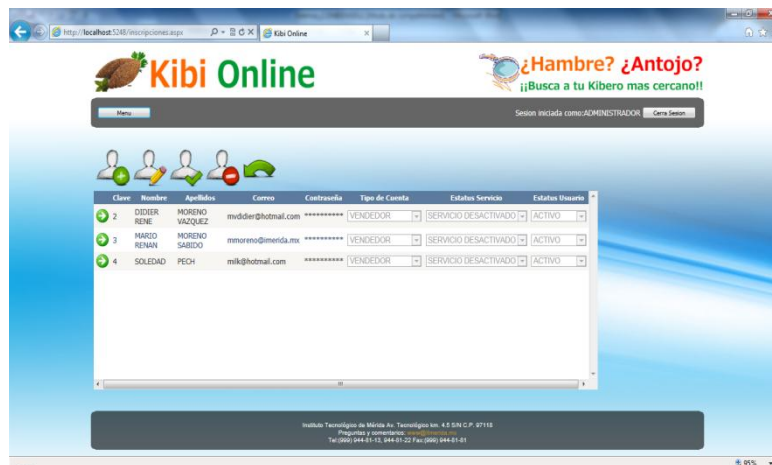


Figura 41: Vista del administrador general para la administración de proveedores.

4.2 Cliente móvil de actualización geográfica

El cliente móvil funciona sobre la plataforma de Android 2.0, la cual se instala en los celulares a través de un archivo apk. Esta aplicación se encarga de estar enviando al servicio web los datos de ubicación del proveedor en tiempo real para que se registren en el sistema.

La ubicación geográfica, además de almacenar la latitud y longitud en la que se encuentra el usuario registrado, añade dos parámetros más que son la cuenta y la contraseña con que el proveedor de servicios inició sesión desde el dispositivo móvil. Las posiciones geográficas que envía el dispositivo móvil son obtenidas del localizador GPS que posee el celular.

4.3 Servicios Web

El servicio web se desarrolló en C# y trabaja como mediador entre la aplicación cliente en el móvil del usuario registrado proveedor de servicios y la base de datos del sistema. En ella el usuario registrado al momento de instalar la aplicación cliente en su móvil puede observar una pantalla de acceso al sistema de rastreo satelital. Cuando se autentifica y presiona el botón de seguimiento, la aplicación comienza a enviar las posiciones geográficas al servicio web, para que éste la registre en el sistema, y de esta forma se pueda actualizar las posiciones en la aplicación web y permita la correcta ubicación de los usuarios registrados.

El servicio web antes de actualizar las posiciones geográficas de cualquier usuario registrado, primero autentifica nuevamente al usuario por medio de los parámetros de su cuenta y su contraseña que son enviados en la cadena de envío el dispositivo móvil.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Una de las principales conclusiones del trabajo resultó en la comprensión profunda de la forma en la que una arquitectura de software puede relacionarse con la diversidad de herramientas de diseño como las que pone a disposición UML y como gracias a ellas se puede describir ampliamente el funcionamiento de un sistema. En este sentido resultaría interesante destacar la importancia de conocer a profundidad como la ingeniería de software apoya las actividades de desarrollo y como la comprensión de una arquitectura permitirá a los programadores reutilizar código.

De la misma manera, el desarrollo de la aplicación permitió conocer una gran cantidad de tecnologías que involucran el desarrollo de una aplicación Web, la puesta en marcha, y la programación desde el lado del servidor y del cliente resultaron igualmente de interesantes.

Las aplicaciones en otros campos de la tecnología aquí presentada es muy diversa, por lo que la adaptación del sistema a nuevos contextos podría ser interesante y se podría comprender aún más como este tipo de arquitectura facilita la adaptación y el mantenimiento en versiones futuras. Sería igualmente interesante el analizar la aplicación desde la perspectiva del diseño responsivo, ya que el propósito no fue crear una aplicación cuyo diseño fuera el adecuado, sino probar las tecnologías y los proceso de modelado, por lo que aplicar estándares de diseño como el centrado en el usuario sería de gran utilidad.

6. REFERENCIAS

- [1] Bell, D. (2003), *UML basics: An introduction to the Unified Modeling Language*. IBM.
- [2] Bianchini, A., Blanch, R., Ortega, M., & Suárez, A. (2007), *Diseño de una herramienta para el desarrollo de aplicaciones Web en Struts*. Conferència IADIS Ibero-Americana, (págs. 91 - 98).
- [3] P. Kruchten, "The 4+1 View Model of Architecture", IEEE Software, vol. 12, no. 6, pp. 42-50, Nov. 1995, doi:10.1109/52.469759.

INDEXACIÓN DE DOCUMENTOS DE TITULACIÓN

Benjamín López González¹, Roberto Cano Rojas², Mauro Sánchez Sánchez³, Mayra Gryssel Ocampo Cardoso⁴, Bany Sabel Hernández Cardona⁵

1, 2, 3, 4, 5 Instituto Tecnológico de Toluca
Av. Tecnológico s/n , Exrancho la Virgen, Metepec Estado de México c. p. 52140 tel.
(722)2087200

1 Unidad Académica Profesional Tianguistenco
Paraje el Tejocote, San Pedro Tlaltizapan, Tianguistenco Estado de México c. p. 52640 tel. (722)
4810800

1 blopezg@uaemex.mx, blopezg@ittoluca.edu.mx, 2 bob_cano25@hotmail.com, 3
mss_ms2@hotmail.com 5 banyshc@yahoo.com.mx

RESUMEN

El presente trabajo se desarrollo con el objetivo de proporcionar un sistema que apoyara al departamento de Sistemas y Computación para mejorar los proyectos de titulación que son propuestos en esta área, se busco que este sistema agilizará el ingreso, seguimiento y conclusión de este proceso de los aspirantes al mismo.

Para ello se desarrollo una interfaz de usuario en ambiente web programada en HTML y JSP colocada en un servidor apache, la cual almacena la información en una base de datos creada en mysql.

La base de datos fue creada con un modelo entidad-relación y se utilizo UML para modelar el software.

ABSTRACT

This work was developed in order to provide a system to support the Department of Computer and Systems to improve titling projects that are proposed in this area, look for this system will streamline the entry, tracking and completion of this process of aspiring to it.

This will develop a user interface in a web environment programmed in HTML and JSP placed on an apache server, which stores information in a database created in mysql.

The database was created with an entity-relationship model and use UML to model software.

1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial ha sido utilizada en diferentes áreas del conocimiento, desarrollándose en proyectos como automatización de maquinaria en fábricas, comunicaciones, sistemas expertos, bibliotecas virtuales, y muchos más.

En el Instituto Tecnológico de Toluca se tuvo la inquietud de implementar un sistema capaz de facilitar la forma de catalogar los documentos de titulación del área de Sistemas Computacionales, los miembros del cuerpo académico Desarrollo de Aplicaciones Inteligentes, propusieron el diseño de una interfaz de usuario tipo web la cual realiza la tarea de almacenamiento, indexación y búsqueda de documentos en formato digital.

Este sistema permite que se realicen búsquedas eficientes sobre el contenido de los temas de titulación capaz de catalogar los proyectos, mediante la indexación de estos, y así evitar duplicidad en los proyectos en el Departamento de Sistemas Computacionales del Instituto, además de permitir innovar sobre temas que no se encuentren el acervo de esta área del Instituto.

El objetivo principal de este trabajo es que se permita llevar el control y dar seguimiento continuo al proceso de titulación de cada proyecto del Departamento de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Toluca.

Esta almacenada en una base de datos toda la información referente al proceso de titulación, desde la presentación del anteproyecto de titulación aprobado, pasando por la asignación de asesor, comisión revisora, y finalmente almacenando el documento final de titulación en formato electrónico indexado para utilizarlo posteriormente en búsquedas automatizadas sobre el contenido del mismo.

Permitiendo a los asesores determinar de una forma rápida, evitando realizar la búsqueda de los documentos en forma física, si el tema que se someterá a consideración ya se ha abordado y en qué porcentaje; o si es el caso de un proyecto nuevo del cual no se tenga registro por no encontrarse en la base de datos.

La base de datos fue diseñada en Mysql con una interfaz de usuario implementada en Apache Tomcat la cual fue manejada con Java Server Pages (JSP).

2. MÉTODO

En este apartado se describirá como se realizó el Sistema para la Indexación de Documentos de Titulación del Departamento de Sistemas Computacionales, el cual almacena versiones electrónicas que posteriormente ayuda a realizar búsquedas con mayor rapidez y eficiencia sobre los contenidos de los temas que se encuentran en el acervo de titulación, a demás servirá para que se pueda innovar sobre los temas que propondrán los nuevos aspirantes a titulación de esta área.

El sistema evita que los nuevos proyectos de titulación propuestos se dupliquen dentro del acervo de documentos además de permitir que los asesores determinen de una forma rápida sí el tema que se someterá a consideración ya ha sido abordado parcial o totalmente en titulaciones anteriores.

El diseño del sistema se elaboró utilizando recursos de código abierto, la base de datos se realizó en Mysql con una interfaz de usuario, se utilizó Apache Tomcat manejada con Java Server Pages (JSP).

2.1. Requerimientos funcionales.

A continuación se definen las tareas o funciones que el sistema será capaz de realizar, para ello se tienen los siguientes Requerimientos Funcionales (RF).

RF1.- El usuario podrá dar de alta a los asesores y revisores que posteriormente serán asignados a los trabajos de titulación, por medio de una pantalla de captura.

RF2.- Se capturaran los datos de los aspirantes a titulación.

RF3.- El usuario podrá consultar información sobre los aspirantes mostrando detalles como el nombre y sus revisores entre otros.

RF4.- El usuario realizará consultas sobre los asesores y revisores.

RF5.- El usuario podrá realizar modificaciones necesarias a los asesores y revisores cuando se necesite algún ajuste.

RF6.- El usuario podrá realizar modificaciones necesarias a los aspirantes a titulación cuando se necesite algún ajuste.

RF7.- El usuario podrá eliminar a los asesores y revisores en caso de que ya no sean indispensables. .

RF8.- El usuario podrá eliminar a los aspirantes a titulación.

RF9.- El usuario realizará consultas sobre los documentos de los aspirantes a titulación.

2.2. Requerimientos no funcionales.

RNF1.- Se mostrará al usuario la interfaz como página web.

RNF2.- La aplicación deberá funcionar bajo el sistema operativo Windows.

2.3. Modelado del sistema.

Después de haber obtenido y analizado los requerimientos necesarios para el sistema, utilizando el Modelado de Lenguaje Unificado se construyeron los casos de uso siguientes.

2.3.1. Diagramas de caso de uso.

Los siguientes diagramas describen el comportamiento del sistema, en base a los requerimientos funcionales antes visto, se muestran los casos de uso que pueden realizar los actores sobre el sistema.

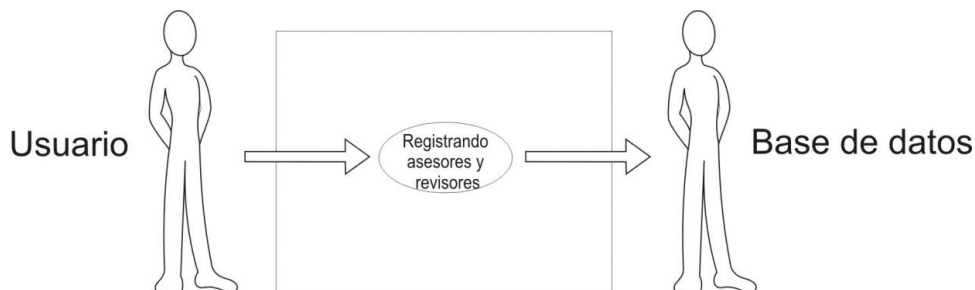


Fig. 1 Caso de uso Registrar asesor

El primer caso de uso se genera del primer requerimiento funcional; el usuario se encarga de registrar a todos los integrantes de la plantilla de asesores que estarán encargados de los trabajos de titulación de los alumnos, mediante un formulario que contiene los datos personales del profesor así como grados de estudio Fig. 1.

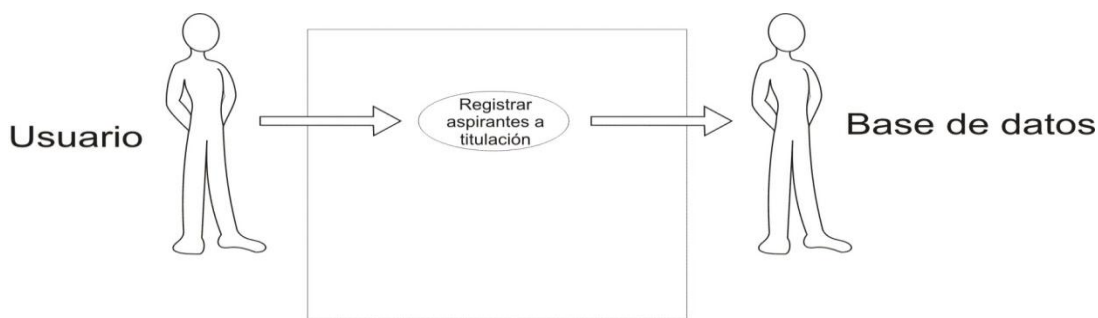


Fig. 2 Caso de uso Registrar aspirante

El segundo caso de uso se genera de nuestro segundo requerimiento funcional; se registra a los nuevos aspirantes a titulación ingresando en un formulario su número de control, nombre, la opción por la cual se van a titular, sus revisores, el título de su trabajo, se carga el documento del resumen de su trabajo así como el trabajo completo. Fig. 6

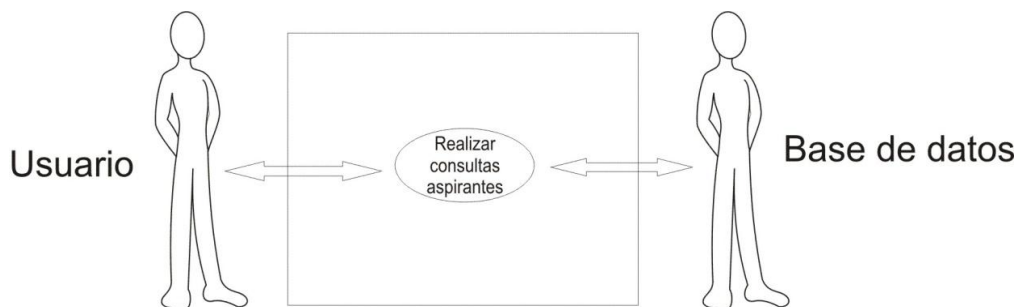


Fig. 3 Caso de uso Realizar consulta aspirante

El tercer caso de uso se genera del tercer requerimiento funcional; mediante el número de control se realiza una búsqueda de los aspirantes de forma individual, la cual muestra como resultado los datos personales del alumno, los asesores que le fueron asignados, la opción de su titulación y trabajo de titulación. Fig. 3

2.3.2. Diagramas de secuencia

En este apartado se verán las interacciones ordenadas según la secuencia temporal de objetos que se muestran como líneas de vida a lo largo de nuestro sistema, así como la forma en cómo los objetos se comunican unos con otros.

Se muestra el comportamiento del sistema describiendo que es lo que hace y como lo hace, tomando en cuenta los casos de uso anteriores.

Realizar Consulta Aspirante

El proceso que se realiza para llevar a cabo el flujo de nuestro caso de uso “Realizar Consulta Aspirante” deberá ser iniciado por el usuario, este al haber ingresado a la pantalla principal del sistema tendrá que seleccionar al alumno que requiera consultar, posteriormente se le mostrará la información del aspirante como es el nombre, su número de cuenta, sus asesores, el extenso de la tesis y su resumen. Ver Figura 4

Consultar Asesor/Revisor

El flujo de procesos se inicia con la petición del usuario, en el caso de uso “Realizar consulta asesor” una vez que se ingresa al sistema, se mostrará la pantalla principal el usuario deberá colocarse sobre el nombre del asesor y seleccionarlo, una vez realizada la búsqueda en la base de datos, se mostraran los resultados en pantalla. Ver figura 5

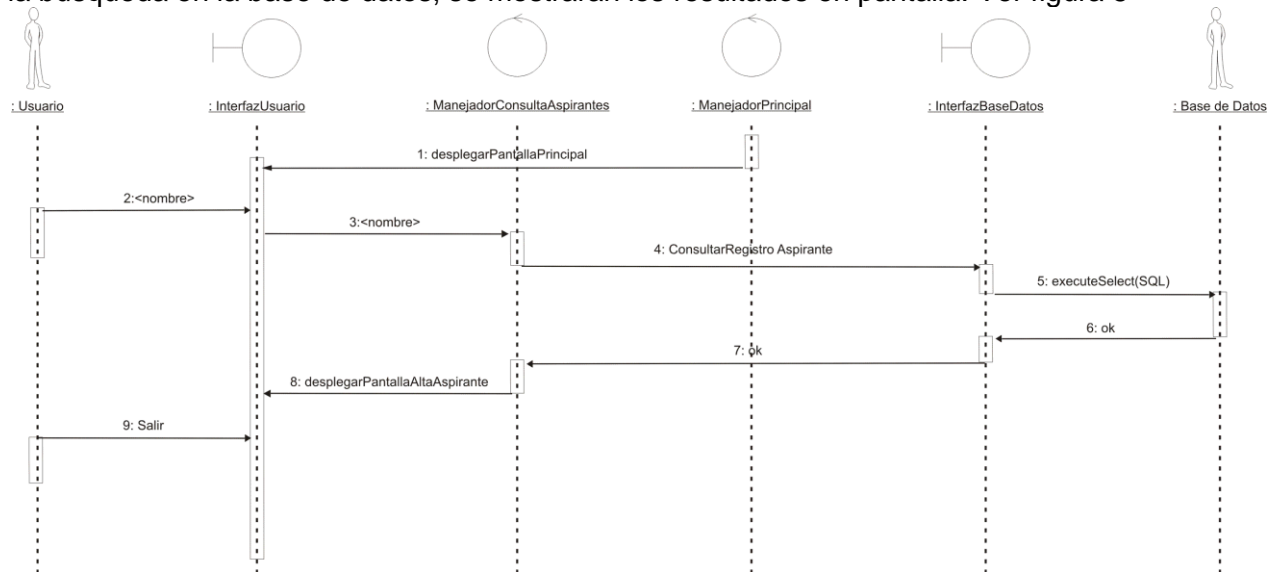


Fig. 4 Diagrama de secuencia Consulta aspirante

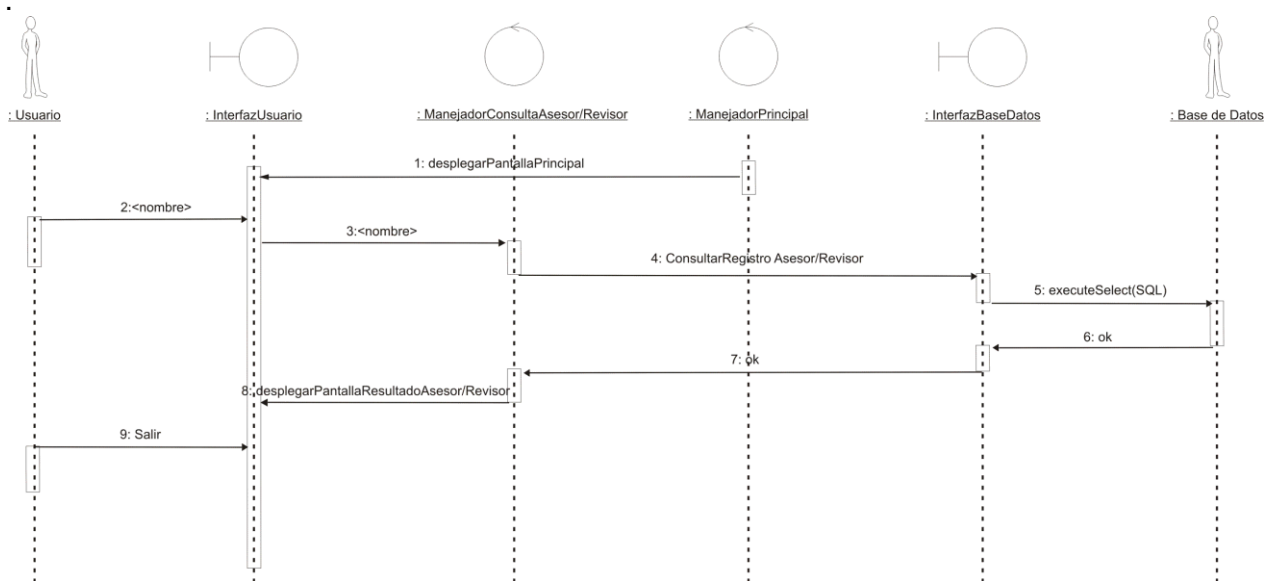


Fig. 5 Diagrama de secuencia Consultar asesor

Indexación de documentos

A continuación se describe el proceso más importante del sistema, que es la forma en cómo se indexaron los documentos.

Se inicia con el caso de uso “Registrando Aspirante”, el usuario ingresa sus datos personales e ingresa su documento completo de titulación así como su resumen, estos son guardados en una carpeta específica para posteriormente ser manipulado el resumen por el método de stemming el cual lematiza palabras para obtener sus raíces.

La obtención de las raíces se realizó mediante la adaptación del algoritmo de Porter,

Se busco una forma eficiente de almacenar las raíces de las palabras de tal forma que al realizar una búsqueda de información esta fuera rápida y eficiente, por lo que se planteo la posibilidad de utilizar la base de datos existente que almacena la información referente al proceso de titulación añadiendo a su estructura tablas para clasificar y manejar las raíces de los documentos correspondientes.

En primera instancia se propuso que las pruebas se realizaran sobre los resúmenes de las tesis existentes y posteriormente se anexarían los documentos completos (denominados extensos) de los proyectos de titulación.

Las tablas que se propuso añadir a esta base de datos fueron las correspondientes a las 27 letras del alfabeto existentes en el idioma español contempladas por la real academia de la lengua española las cuales son: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, n_, o. p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z; como se podrá observar la letra “ñ” se sustituyo con la nomenclatura “n_” debido a que en la base de datos no se pueden crear tablas que contengan este carácter, sin embargo en el contenido de los campos si es posible almacenarlo. Y como es de suponerse los dígrafos “ch”, “ll”, “rr” fueron omitidos ya que se encuentran incluidos dentro de las letras “c”, “l” y “r” respectivamente.

Cada tabla contaría con los campos siguientes:

Nombre	Tipo	Llave primaria	Acepta Nulos
id_lex	Entero (11)	Si	No

id_arch	Entero (11)	No	No
tipo	Carácter (1)	No	No
lex	Carácter variable (15)	No	No
frec	Entero (11)	No	No

Tabla 1. Campos con los que contarían las tablas a-z

El campo id_lex es un identificador único formado conforme al siguiente criterio: AAMMDDNNNNN

Donde:

- AA= Año en el que se ingreso el registro correspondiente
- MM= Mes en el que se ingreso el registro correspondiente
- DD= Día en el que se ingreso el registro correspondiente
- NNNNN= Número consecutivo

De esta forma el registro 11013100025 corresponderá al registro creado el año 2011, en el mes de Enero (01), el día 31 con el número consecutivo 25

Con esta estructura se pretende que el identificador deje de ser finito y que el programa evite inconvenientes futuros.

El campo id_arch es un identificador único formado de manera similar al campo anterior integrado de la siguiente forma: AAMMDDNNNNN

Donde:

- AA= Año en el que se ingreso el registro correspondiente
- MM= Mes en el que se ingreso el registro correspondiente
- DD= Día en el que se ingreso el registro correspondiente
- NNNNN= Número consecutivo

Análogamente el registro 11032500031 corresponderá al registro creado el año 2011, en el mes de Marzo (03), el día 25 con el número consecutivo 31

Con esta estructura se pretende que el identificador deje de ser finito y que el programa evite inconvenientes futuros.

El campo tipo identifica si el registro pertenece a un documento de titulación de acuerdo al siguiente criterio:

- R= Resumen del documento
- E= Extenso o documento completo

El campo lex almacenara propiamente la raíz para realizar las comparaciones

Y finalmente el campo frec proporcionara la información sobre cuántas veces se encuentra la raíz en el documento.

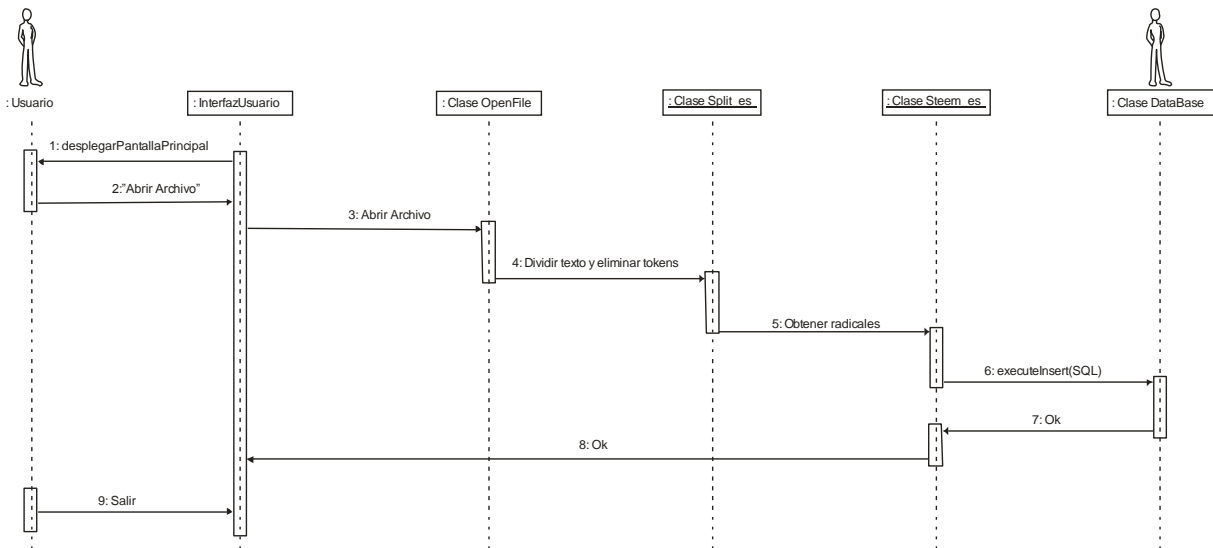


Fig. 6 Diagrama de secuencia almacenar y categorizar documentos

3. RESULTADOS

En este apartado se muestra el diseño de la interfaz de usuario realizada en java con Java Server Pages (JSP) con la finalidad de conocer como está estructurado el manejo del sistema con el objetivo del presente trabajo de realizar una búsqueda ágil de los proyectos de titulación del Departamento de Sistemas Computacionales

Las capturas de las pantallas muestran las diversas opciones con las que cuenta el sistema para realizar las operaciones que el usuario requiera.

3.1. Pantalla principal

Se muestra un menú donde el usuario puede realizar diferentes actividades de acuerdo a lo que requiera como agregar un alumno, editar un alumno, eliminar un alumno, agregar, editar o eliminar asesores y buscar un documento, verán todos los Documentos de Titulación del Departamento de Sistemas Computacionales de los alumnos que han sido registrados, así como sus asesores y la opción por la cual se titularon, estos resultados se pueden ordenar por nombre del alumno, opción, tema, número de control y por asesor. Fig. 7

Trabajos de Titulación									
Opción	Matrícula	Alumno	Revisor 1	Revisor 2	Revisor 3	Titulo	Fecha	Resumen	Extenso
opcion III	04280049	Mayra gryssel	M.en C. Benjamín Lopez González	Dra. Ana Lilia Sosa Albarrán	Ing. Marelis Carrillo Lara	Indexacion de documentos		VER	VER

Fig. 7 Pantalla principal

3.2 Nuevo registro de titulación

En esta pantalla se muestra el formulario para dar de alta el registro de un alumno, en el cual se ingresa el Nombre del Alumno, No. De Control, Fecha de Registro, Opción de Titulación la cual es una lista desplegable, posteriormente se encuentran una lista desplegable para seleccionar el asesor, el coasesor o revisor, delante de cada una de estas se muestran las listas desplegables con los nombres de los asesores registrados, el Título de la tesis, se carga el Resumen de la Tesis, el Extenso de la Tesis y se Guarda, todos los campos son obligatorios de lo contrario el formulario no se guardara. Fig. 8

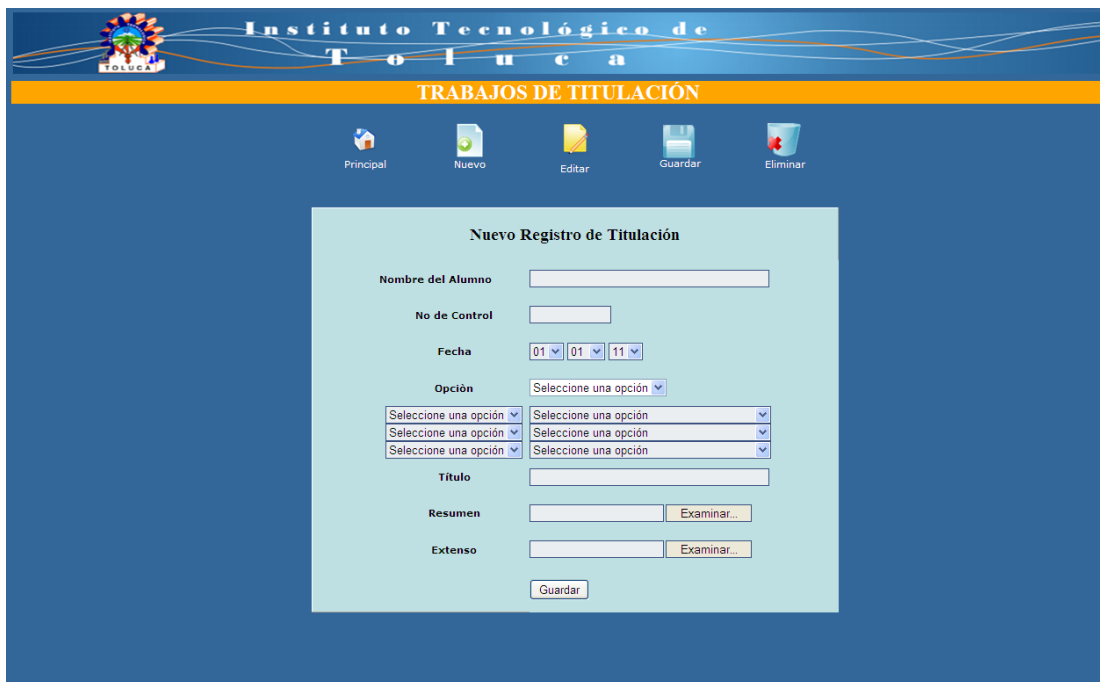


Fig. 8 Pantalla Nuevo registro alumno

3.3. Búsqueda de documentos

Se tiene una caja de texto en la pantalla principal, en la cual se introduce el conjunto de palabras alusivas al documento que se requiera buscar. Fig. 9

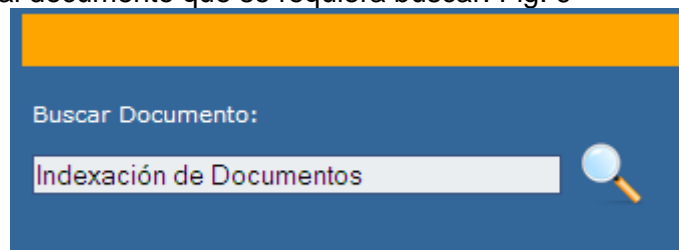


Fig. 9 Búsqueda de documentos

4. CONCLUSIONES

La realización de esta investigación nos permitió conocer algunos métodos por medio de los cuales el hombre ha buscado la forma de automatizar las actividades que realiza logrando mayor rapidez y eficiencia en ellas.

Desde la creación de la lengua castellana, los cambios que sufrió a través del tiempo, conociendo con esto las reglas generales que se deben seguir para hablar y escribir

correctamente las palabras, pasando por el desarrollo de las ciencias que se encargan de investigar los orígenes, desarrollo y reglas que rigen nuestra lengua; hasta llegar al procesamiento del lenguaje natural conociendo algunas técnicas empleadas para llevar a cabo estas tareas.

El desarrollo de la interfaz de usuario nos permitió conocer con mayor profundidad el lenguaje "HyperText Markup Language" (HTML) en el cual fue desarrollada la interfaz de usuario del sistema, además de utilizar el lenguaje de programación Java para diseñar las clases que son empleadas por algunas partes de este, y la combinación de ambos lenguajes utilizando "Java Server Pages" (JSP) utilizadas para el acceso a la base de datos y el manejo de la interfaz de usuario.

La ventaja de utilizar lenguajes de programación y una base de datos como MySQL, las cuales no requieren la compra de licencias de software para su uso, permitió ahorrar recursos en la compra de los mismos.

Por último el sistema desarrollado será capaz de agilizar las actividades concernientes al almacenamiento y búsquedas de documentos de titulación en el Departamento de Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Toluca.

5. TRABAJOS FUTUROS

Mantener en funcionamiento y monitoreo el sistema desarrollado es importante para el buen funcionamiento del mismo, además de que la programación modular que posee permita modificar o anexar nuevos módulos que el usuario requiera de acuerdo a sus necesidades como por ejemplo generación de reportes específicos, podría ser una opción para trabajos futuros.

Abordar las investigaciones restantes sobre lematización de documentos comparar su eficiencia y rapidez para realizar esta tarea, elegir el mejor método y aplicarlo al sistema es una buena opción para investigaciones futuras.

Simplemente anexar opciones para elegir el criterio de "Stemming" dentro de la interfaz, agregando un criterio dentro de la base de datos para saber bajo qué criterio fue procesado es otra buena opción de investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

[COSTA 1995] Carballo, Carlos da. Introducción a la Informática Documental: Fundamentos Teóricos, Prácticos y Jurídicos. Madrid: Síntesis, S.A., 1995.

[FAYYAD 1996] U.M.; PIATETSKY SHAPIRO G.; SMYTH P. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases

[GROLIER, 1987] Enciclopedia Autodidáctica Quillet, Tomo I, Cumbre S.A., Grolier Internacional, México 1986.

[QUESADA 2000] José Francisco Quesada Moreno, José Gabriel de Amores Carredano, 2000. Diseño e implementación de sistemas de traducción automática

[LEZCANO 2004] Mateo. "Procesamiento de Lenguaje Natural", Conferencia presentada en el Instituto Tecnológico de Toluca, Febrero, 2004.

[LÓPEZ 2007] Benjamín López González "Categorización de textos en Español, utilizando el esquema de ponderación tf.rf" Tesis Maestría, Metepec, Estado de México, 2007.

[MOLINA 2002], L.C. *Data mining*: torturando a los datos hasta que confiesen

[CACEIDO Y PARRA 2007] Javier Caceido Espinoza y Gonzalo Parra Chico "Marco de Trabajo para Indexación, Clasificación y Recopilación Automática de Documentos Digitales" Tesis de Grado, Guayaquil. Ecuador 2007

[RICH 1994], E.; Knight, K. Inteligencia Artificial. Madrid: McGraw-hill, D. L., 1994.

[R. STUART 1996] y P. Norving: "Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno", Prentice Hall, México, 1996.

[SECO 2009] Diego Seco Naveiras. "Técnicas de Indexación y Recuperación de Documentos Utilizando Referencias Geográficas y Textuales" Tesis Doctoral, Coruña 2009[TURING 1950] Alan, Computing machinery and intelligence, 1950
[VALLEZ 2007] Mari Vallez y Rafael Pedraza-Jimenez. El Procesamiento del Lenguaje Natural en la Recuperación de Información Textual y áreas afines [en línea]. "Hipertext.net", núm. 5, 2007. <<http://www.hipertext.net>>

INTEGRACIÓN DE PROCESOS METODOLÓGICOS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y GESTIÓN, PARA LA CONCEPCIÓN DE SOFTWARE

Citlalih Gutiérrez Estrada, Sergio Díaz Zagal, Rafael Cruz Reyes, Juan Fernando García Mejía, Claude Baron, Dorian Aguirre Brito, Guadalupe Macedo Miranda, Beatriz Barrientos Becerra, Celso Hernández Tenorio, Diana Rodríguez Guido.

Instituto Tecnológico de Toluca
Grupo de Ingeniería de Sistemas.

citlalih@ittoluca.edu.mx, sdiaz@ittoluca.edu.mx, rcruz@ittoluca.edu.mx,
juanfernando.garcia@upaep.edu.mx, dorianab801@hotmail.com, claude.baron@insa-toulouse.fr

RESUMEN

Actualmente la concepción de software, se centra en mejorar los métodos, técnicas y procesos, que permiten el desarrollo de aplicaciones funcionales, con el propósito de cumplir con los modelos y estándares de calidad. Bajo este contexto, en este artículo se analiza cómo se deben gestionar los procesos de la Ingeniería de Sistemas (IS), con los de la Inteligencia Artificial (IA), el resultado de esta combinación sirve como plataforma para el desarrollo de software, mediante un modelo de gestión integral. Así, desde la perspectiva de la IS y de la IA, estas disciplinas se centran en un mismo problema, para cumplir un objetivo común, obteniendo un producto de calidad, resultado de una investigación completa. Con el propósito de validar el trabajo, se realizó la aplicación de un software educativo para niños hipoacúsicos, siguiendo el modelo de gestión, lo que permitió verificar y validar la satisfacción de un conjunto de necesidades que cubren diversos criterios desde aspectos didácticos y de enseñanza-aprendizaje, hasta técnicas computacionales y de Inteligencia Artificial.

ABSTRACT

Actually software conception concentrates in improving the methods, techniques and processes that allow the development of functional applications, in order to accomplish the models and standards of quality. In this context, this paper, we analyzed, how we must manage the processes of the System Engineering (IS), with those of Artificial Intelligence (AI), the result of this combination serves as a platform for the software development, by means of a model of integral management. Thus, from the point of view of the IS and the AI, these disciplines concentrate in a same problem, to fulfill an objective common, obtaining a product of quality, result from a complete investigation. In order to validate the work, we made the application of an educative software for hypoacusis children, was realized by following the management model, which allowed to verify and to validate the satisfaction of a set of needs that cover diverse criteria from didactic aspects and with education-learning, to computer techniques and Artificial Intelligence.

-
-

1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería de Sistemas (IS) en su estado normal gestiona el conocimiento del experto, que corresponde al conocimiento proporcionado de manera verbal, centrado en el “know-how” e identificado como Conocimiento Explícito [01].

Por otra parte, la Ingeniería de Sistemas se manifiesta bastante limitada en su versión clásica para extraer lo que está implícito al quehacer del experto y lograr hacerlo regla o algo concreto que

pueda ser integrado en un sistema. Este conocimiento que no es proporcionado por el experto se conoce como Conocimiento Implícito y se genera como producto de la experiencia (“expertise”).

En este trabajo se analizó la forma de hacer la extracción del conocimiento implícito (lo que está detrás de la forma de operación de los datos con un experto), considerando las Metodologías de Gestión de Conocimiento (MGC) [02], [03], [04], [01]. A manera de ejemplo, el paradigma de la Inteligencia Artificial (IA), representa la gestión del conocimiento que el experto puede verbalizar, como conocimiento explícito que está detrás de toda información almacenada (datos) que el experto acumuló en su quehacer, sin embargo y solamente con metodologías como por ejemplo las de la Minería de Datos (Data Mining) se podrá extraer conocimiento implícito, siendo esta parte la que debe ser integrada a la Ingeniería de Sistemas tradicional.

De lo anterior se infiere que al trabajar con la Ingeniería de Sistemas tradicional y al integrar una metodología que permite extraer conocimiento, se visualiza todo el proceso de comunicación entre las diferentes etapas del quehacer del experto y el analista de sistemas, así como la información que fluye entre ellos como producto de las reglas de conocimiento. Además para utilizar la IA se debe guiar de los conceptos y saber qué herramienta es necesaria utilizar, por ejemplo: un árbol de decisión, un cálculo estadístico, un proceso de aprendizaje, etc. Pero quién guía en cómo ocupar la herramienta son las metodologías que están asociadas, como las metodologías para la gestión de conocimiento que se enfocan en los sistemas expertos, en los modelos y en los procesos de aprendizaje de conocimiento. Finalmente, las metodologías para la gestión de proyectos, propias de la Ingeniería de Sistemas, son las que formalizan y permiten la documentación del proceso de concepción de sistemas informáticos [05], [06], [07], [08], [09].

Este trabajo se enfoca al Modelo mostrado en la Figura 1, donde se involucra a la Ingeniería de Sistemas como guía en el quehacer, con las metodologías asociadas a la Inteligencia Artificial, para hacer aplicaciones que integren el conocimiento explícito e implícito, además se representa la forma de cómo usar, por ejemplo, los lenguajes, la computación, los datos y el comportamiento humano, para desarrollar una aplicación.

Dentro del mundo de la Ingeniería de Sistemas existen lenguajes y computadoras, así la IS toma al lenguaje e indica cómo manipularlo en función de las necesidades y requisitos de la realidad, sin embargo es necesario que este universo también interactúe con otro como lo es la IA, que trata de emular los comportamientos de la realidad.

La Ingeniería de Sistemas aplica sobre los lenguajes y computadoras los recursos de cómputo, que parten de necesidades o requisitos y a éstos los vuelve realidad, pero este tipo de realidad no cumple con todas las expectativas de una aplicación. Este es en muchos casos lo que sucede en la IA, donde en ocasiones no hay aplicaciones, sólo el resultado del comportamiento humano en forma de datos. Así las metodologías de Gestión del Conocimiento guían sobre cómo deberá funcionar el sistema emulando el comportamiento humano. Donde la IS trata de satisfacer las necesidades de la realidad y la IA trata de sustituir a la realidad.

De esta forma la unión de los requerimientos o el conocimiento explícito con los datos o conocimiento implícito (cuadro claro de la Figura 1), se denomina Ingeniería de Software para el desarrollo de aplicaciones Adaptativas. Este Modelo permitió efectuar la vinculación conceptual entre ambas disciplinas beneficiando a cada sistema en desarrollo. Para ello, se realizaron estudios sobre la aplicación de diversos marcos conceptuales y líneas de investigación. La mayoría de las investigaciones son de carácter interdisciplinario, pues incluyen desde el estudio de modelos matemáticos y teoría del control, hasta aspectos de metodología de la investigación y desarrollo de aplicaciones concretas. Con estas líneas de investigación se generan de estudios prácticos para contribuir a vislumbrar los procesos que modulan la actividad del qué hacer y cómo hacer, que en términos generales contribuyen a la generación de conocimiento.

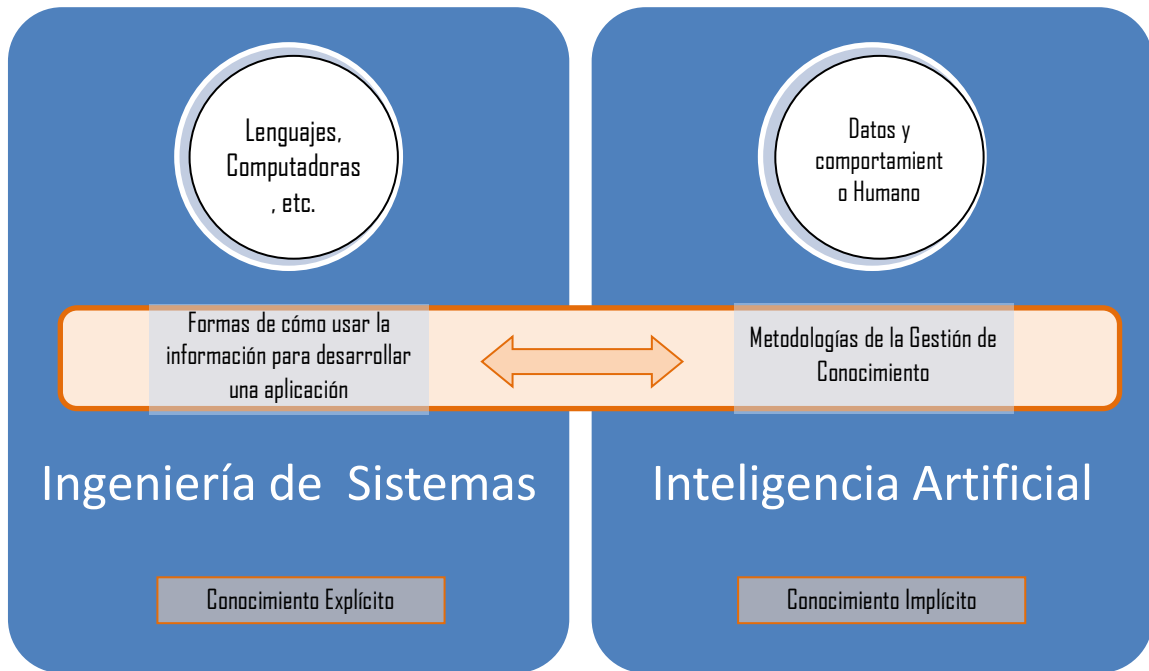


Figura 1. Esquema Integral para el desarrollo de Aplicaciones Adaptativas.

Tomando en cuenta estos factores, en este proyecto se contó con el apoyo de un equipo multidisciplinario, conformado por investigadores franceses e mexicanos, responsables de los intercambios y de la formación de recursos humanos, así como la aplicación de sus conocimientos sobre un caso de estudio real con el fin de probar y validar el modelo.

La meta (a tres años aproximadamente) consiste en implementar este modelo en Empresas e Institutos de nuestro entorno, cuya finalidad sea la obtención de sistemas de calidad y que además coincidan con los gustos y exigencias de los usuarios. Sin embargo, por el momento solo nos concretaremos a implementar este proceso en el desarrollo de sistemas que en el Instituto Tecnológico de Toluca se generen, particularmente con el grupo de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Ambiental.

- 2. METODOLOGÍA
-
- 2.1 Esquema de Colaboración

El esquema de la Figura 2, muestra una representación gráfica de la relación entre las diversas áreas y los responsables que contribuyeron al efecto de visualizar la Ingeniería de Sistemas como un modelo integral para el desarrollo de aplicaciones adaptativas. Bajo la perspectiva del enfoque de Modelo Integral, se analizaron los aportes metodológicos y tecnológicos del PLN, la Robótica la IA y la Ingeniería de Sistemas, así como las herramientas computacionales con las que se pueden contar para el estudio y desarrollo de las aplicaciones adaptativas y su resolución.

En el área computacional se contribuyó con herramientas y procedimientos sobre los que se apoya la Ingeniería de Sistemas para:

- Mejorar la calidad de los productos de software.

- Aumentar la productividad y trabajo de los ingenieros del software.
- Facilitar el control del proceso de desarrollo de software.
- Suministrar a los desarrolladores las bases para construir software de alta calidad en una forma eficiente.
- Definir la manera de garantizar la producción y el mantenimiento de los productos software desarrollados en el plazo fijado y dentro del costo estimado.

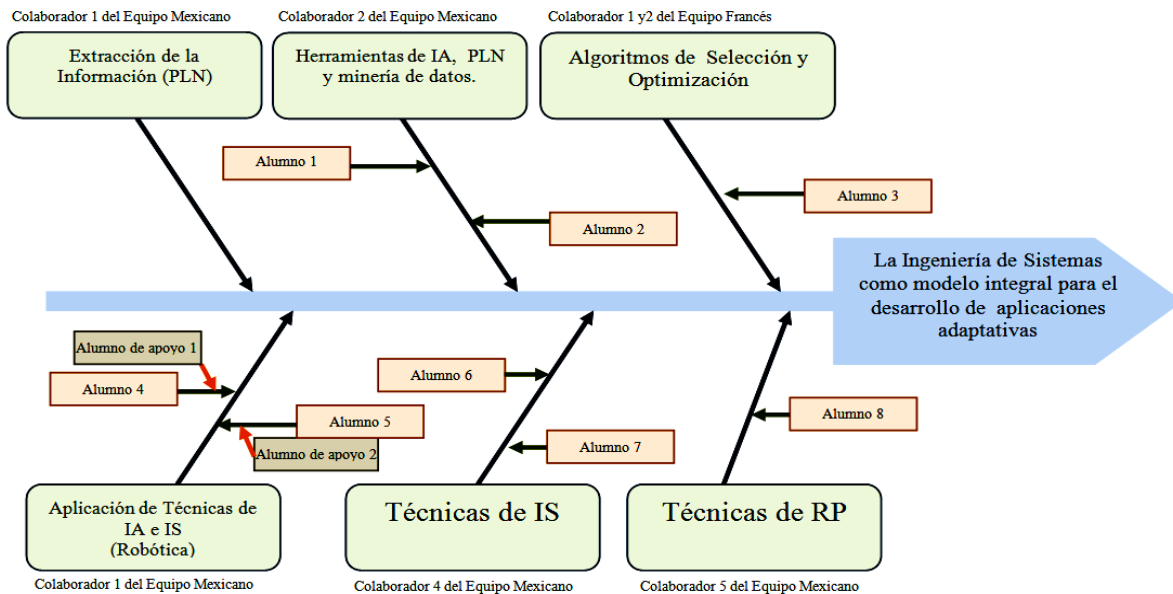


Figura 2. Diagrama Causa-Efecto.

Como parte integral de este modelo, la Ingeniería del Sistemas al Interactuar con la Inteligencia Artificial permite Modelar y simular los sistemas, aplicando las metodologías adecuadas y las técnicas de inteligencia Artificial para la solución de problemas, definiendo los pasos necesarios para la representación del conocimiento a través de la Lógica formal y reglas de producción (o de inferencia).

• 2.2 Propuesta del Modelo

El Modelo desarrollado está enfocado únicamente a las dos primeras fases del desarrollo de un sistema, como se representa en el esquema del *ciclo de vida de un sistema* (Figura 3), donde la transformación efectuada de las especificaciones (fase de definición) al proceso de análisis funcional (fase de desarrollo) representa un proceso arduo de realizar, sin embargo para nosotros esto representó un reto a vencer a través de la investigación que en este documento se describe.

Las fases de explotación y de mantenimiento quedan fuera de este estudio, debido a que al cliente se le hará la propuesta (con una serie de alternativas) de qué es lo que más le conviene realizar, para obtener mayores beneficios en su sistema, quedando la información lista para llevar a cabo la etapa siguiente: la fabricación.

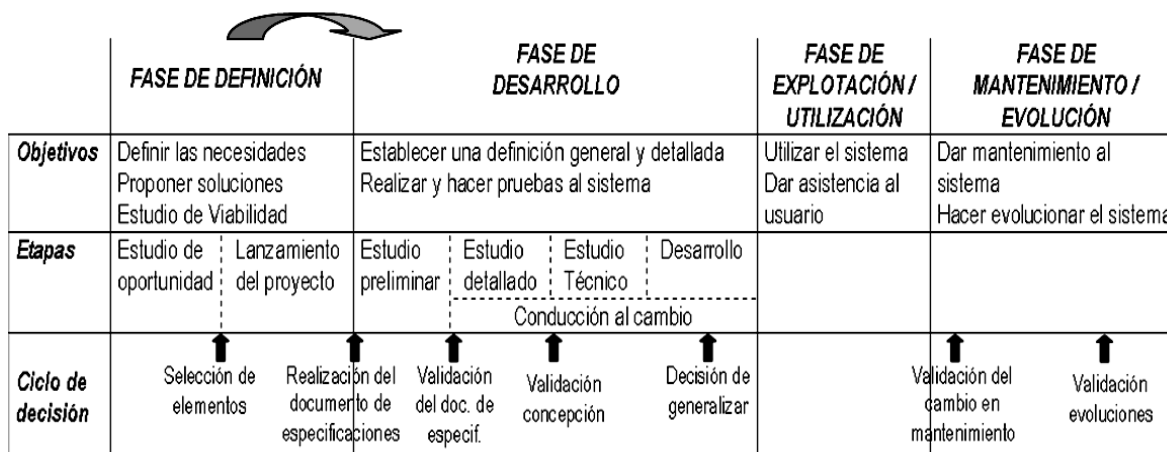


Figura 3. Ciclo de Vida de un Sistema.

En el desarrollo de sistemas, es importante seguir de manera estricta las especificaciones, que permitan a los desarrolladores, efectuar un proceso formal y estructurado que garantice en todo momento el cumplimiento de las especificaciones. Para ello se consideraron de manera estricta y ordenada las primeras etapas de la concepción, identificadas como análisis y diseño, que proporcionan el conocimiento bajo el cual fue desarrollado un Software Educativo para niños con Hipoacusia. Estas fases fueron fundamentales para seguir una estrategia computacional congruente a las metas académicas, ya que en ella se cumplen las funciones del modelaje del negocio y más la planeación de actividades para la concepción del sistema [09], [06].

El Modelo de la Figura 4, integra los procesos metodológicos de investigación, desarrollo y gestión, para la concepción de software. En el primer plano, identificado por el círculo de la izquierda, se enfoca a las etapas incluidas en cualquier Modelo de ciclo de Vida de un Sistema de Software. En este esquema se enfatiza en la primera fase identificada como Análisis, ya que el trabajo se centra en los procesos de negocio y definición de requerimientos. En este plano se toman en cuenta los objetivos que cada proceso del negocio debe cumplir. A este nivel se consideran diversos aspectos, entre ellos destacan, el entorno o campo de aplicación, condiciones externas que favorecen a los procesos, las herramientas y técnicas que se emplean en los procesos, el entorno psicológico y social, entre otros. Los objetivos permiten ligar los requisitos y expectativas de los usuarios con los objetivos de la Institución Educativa. El segundo plano, identificado por el círculo de la derecha, hace referencia a las etapas que se deben considerar al implementar técnicas de Inteligencia Artificial. La gestión y administración del proyecto fue basada en la metodología ágil Scrum, útil en el seguimiento de las diferentes etapas de la desarrollo del sistema. Así mismo se utilizó a Kanban para la gestión, la distribución y seguimiento de las tareas a realizar.

El proceso completo efectuado en el análisis y diseño para la concepción del software educativo, se detalla a continuación.

En la primera fase se identifican las necesidades del usuario, para ello se emplean técnicas de recopilación de información [10], expresadas en lenguaje natural, posteriormente se efectúa parte del proceso de la metodología de la investigación, con el que se complementa la información proporcionada por el usuario con la investigación del entorno, estándares, normas, etc., con la finalidad de integrar todos aquellos elementos que complementan las necesidades del usuario (conocimiento implícito), hasta transformar las necesidades a requisitos funcionales y requisitos no funcionales. A este nivel los requisitos son expresados en lenguaje técnico y cuantificable. En forma práctica, la investigación de campo efectuada en la primera fase, tuvo como propósito

identificar de qué modo era efectuado el proceso de enseñanza-aprendizaje y conocer sus necesidades y problemas. La investigación se desarrolló como se describe a continuación.

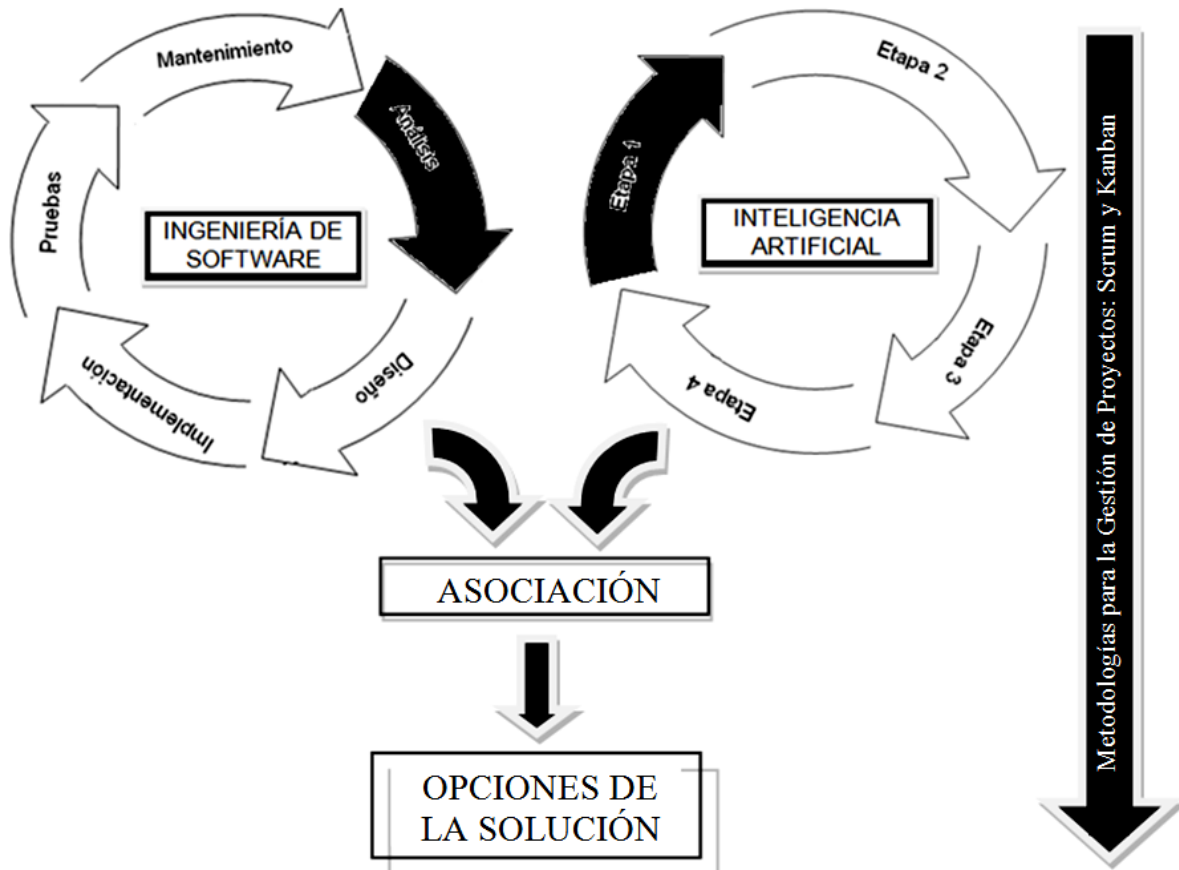


Figura 4. Modelo de integración.

- *Planteamiento del problema.* Para conocer la amplitud, el contenido, delimitar el alcance, la factibilidad y la relación con otros problemas relacionados a la Hipoacusia.
- *Etapa exploratoria.* Conformada por tres fases:
 - Visitas a diversas escuelas e instituciones donde se atienden niños hipoacúsicos.
 - Conversaciones con colegas y docentes de nivel primaria y de educación especial.
 - Entrevistas a padres de familia y a personas que conocen el problema por experiencia personal o debido a sus estudios.
- *Delimitaciones operativas del problema.* Permitió definir las variables y la información útil en este trabajo.
- *Construcción de los instrumentos de recolección de datos.* Para recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos y cualidades de los objetos involucrados en la investigación.
- *Redacción de un plan tentativo de procesamiento y análisis de los datos.* El plan fue implementado para obtener los datos requeridos y no olvidar los atributos, cualidades y variables a ser medibles.

- *Recolección de los datos.* Se concertaron citas con los diferentes expertos para solicitar apoyo en las características de la información (los ejercicios tomados del libro de texto) que en lo sucesivo serían utilizados.
- *Transformación del entorno donde se ubica el problema al área computacional.* Al hacer el análisis del programa de estudios, fue necesario elegir una herramienta que partiera de una secuencia de oraciones transformarla en una estructura computable [11].

Una vez planteado y analizado el problema, se aplicó la Inteligencia Artificial, específicamente se trabajó con la Inferencia Gramatical y para dar formalidad al trabajo, se siguieron las recomendaciones del Proceso de Reconocimiento de Patrones, según Ruby L. Kennedy [12]. Respecto al procesamiento, se planteó como entrada, el programa de estudios de la materia de matemáticas; como resultado se obtuvo una estructura computable definida por un árbol de decisión, el cual permitió efectuar el seguimiento individual a cada alumno.

En la segunda fase los requisitos son ordenados en una matriz de trazabilidad, donde se observan atributos como: ID del requisito, riesgo identificado, prioridad, prueba efectuada, etc. En esta etapa se requirió identificar los procesos del negocio, la información utilizada por ellos, las reglas políticas o reglas de negocio y las prácticas de la empresa relacionada con estos procesos. Posteriormente se procedió a asociar los procesos de negocio con los requerimientos del sistema. La fase finaliza hasta que se efectúa el modelado del área de aplicación por área del negocio.

La tercera fase consistió en modelar por cada proceso de negocio un Diagrama de Casos de Uso, así como los diagramas de secuencias y de actividades. El modelado de estos diagramas permitió proyectar las estrategias, procesos y flujos de datos de la empresa al igual que la relación entre procesos y datos, con el fin de guiar la concepción del sistema y dar cumplimiento a los objetivos. Los productos que surgen como resultado de esta fase son validados por el usuario y el equipo de trabajo, determinados por un prototipo virtual y las primeras pruebas experimentales.

En la etapa final se integra la documentación generada en cada fase en un solo manuscrito, para ello se utilizó el documento recomendado y basado conforme al estándar IEEE Std 830-1998, definido por una plantilla tipo para documentar requisitos de software.

-
- **3. PRUEBAS Y RESULTADOS**
-

Las pruebas efectuadas al modelo permitieron generar algunas aplicaciones en diversos campos de estudio [13], [14], destacando el software educativo para el área de español [15]. Así mismo se concretaron los aspectos siguientes:

- Los proyectos que resultaron exitosos todos fueron pequeños, realizados por un equipo de cinco personas, con duración de cuatro a seis meses.
- Todos los proyectos fueron multidisciplinarios.
- La necesidad de una fecha de entrega del proyecto, dejó de ser un problema, debido a que se tomó la decisión de planificar dos eventos recurrentes en el tiempo, con:
 - Reuniones diarias con el equipo, incluido el cliente, con el fin de sacar a la luz problemas y ayudar a crear una visión compartida de las tareas de todo el equipo.
 - Planificación semanal de la iteración.
- El modelo produjo un cambio positivo. En los equipos los profesores-investigadores, en colaboración con los alumnos, trabajaron para ayudar incluso en tareas difíciles y fuera de su campo de conocimiento, sin embargo al trabajar en colaboración las propuestas de solución surgían de manera espontánea, agilizando todo el proceso.

El fin primordial de la gestión del conocimiento reside en el valor agregado tomando como base el aprendizaje y el desarrollo organizacional. Por lo anterior, fue importante aprovechar la nueva información generada y la experiencia de las instituciones, para obtener conocimientos nuevos, en su uso posterior.

En proyectos posteriores será preciso identificar claramente los resultados obtenidos y el impacto de dichos resultados. De esta forma se podrán establecer criterios de éxito para la viabilidad y sustentabilidad del modelo, con la posibilidad de formular recomendaciones que permitan expandir la implantación del nuevo modelo a la totalidad de los proyectos de software que en el Instituto Tecnológico de Toluca se realizan.

- **4. AGRADECIMIENTOS**

- Agradecemos al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por su apoyo y patrocinio para la realización de este trabajo, que forma parte del proyecto “Modelado de Sistemas a partir de Lenguaje Natural estructurado definido en forma de Especificaciones Técnicas y Funcionales”, con clave ITTOL-PTC-003, de la convocatoria “Apoyo a la Incorporación de nuevos Profesores de Tiempo Completo. Convocatoria 2009”. De igual manera los autores agradecen el apoyo a la DGEST por aprobar el proyecto “La Ingeniería de Sistemas como modelo integral para el desarrollo de aplicaciones adaptativas”, con clave 4389.11-P, que ha servido como base para seguir avanzando en investigaciones relacionadas a este proyecto.

- **5. REFERENCIAS**

- [01] Measuring KM (CWA 14924-4) European Guide to Good Practice in Knowledge Management. European Committee for Standardization, April 2004.
- [02] Hernandez Forte Virgilio. "Mapas conceptuales. La gestión del conocimiento en la didáctica". Libro. 2da. edición Editado por Alfaomega Grupo Editor. (ISBN: 970-15-1076-3, 296 pp). 1998.
- [03] Culture and KM (CWA 14924-2) European Guide to Good Practice in Knowledge Management. European Committee for Standardization, April 2004.
- [04] JURAN, J.M. Análisis y Planeación de la Calidad: del desarrollo del Producto al uso. Mc Graw Hil. México, 1994
- [05] Sommerville I. Ingeniería de Software. (Libro) 7° Edición. Editorial Pearson Addison Wesley. Madrid. (2005).
- [06] Meinadier J-P. “Ingénierie et intégration des systèmes”. Éditorial HERMES, pag 31-45. Paris, France. (1998).
- [07] Bouissieres J. B., “Expression du besoin & cahier des charges fonctionnel : Élaboration et rédaction”, AFNOR, (2006).
- [08] Calvez J. P., “Spécification et conception des systèmes, une méthodologie”, Éditorial MASSON, pags. 3-17, 167-172, (1990).
- [09] Gutiérrez C. “Méthodes et Outils de la Conception Système couplée à la Conduite de Projet”. Thèse LESIA-INSA. Toulouse. (2007).

- [10] Kendall & Kendall. Análisis y Diseño de Sistemas. Sexta Edición. PEARSON Prentice Hall. 2005.
- [11] J. R. Cruz Reyes. Sistema Evolutivo traductor. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Toluca. México. 1997.
- [12] L. Kennedy Ruby et all. Solving data mining problems through pattern recognition. Prentice Hall. ISBN: 0-13-095083-1. USA; 1997.
- [13] S. Díaz-Zagal, C. Gutiérrez-Estrada, I. Abundez-Barrera, J.H. Pacheco-Sánchez. (2008) Pneumatic Artificial Mini-Muscles Conception: Medical Robotics Applications, Journal Applied Mechanics and Materials, Volume 15: Electromechanical and Systems Engineering. Pages 49-54, DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.15.49
- [14] Citlalih Gutiérrez Estrada, Sergio Díaz Zagal, Rafael Cruz Reyes, Eugenio Falcon Izunsa, María Luisa Gómez Santamarina. "Análisis y Diseño de un Software Educativo en el Área de Español para niños con problemas de Hipoacusia", CONIEEM 2010 (VIII Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Mayab) ISSN 1665-0271, Instituto Tecnológico de Mérida.
- [15] Rojas García D. G. "Sistema de Apoyo a la Educación creado mediante Tablas de Decisión Inducidas Gramaticalmente". TESIS. Instituto Tecnológico de Toluca. México. 2011.

MARCO DE PROCESOS PARA LA CAPTURA DE REQUISITOS EN PLATAFORMAS DE AMBIENTES VIRTUALES DE APRENDIZAJE INTERACTIVO BASADO EN WEB.

Benjamín Tass-Herrera, Carlos de la Cruz-Dorantes, Gustavo Verduzco-Reyes
DES-DACI, Universidad Autónoma del Carmen
Calle 56 No. 4 Esquina con Avenida Concordia, Ciudad del Carmen, Campeche.
Teléfono (938) 381 10 18 extensión 1506
benjamintass@hotmail.com, malcreado@hotmail.com, gvrmx@hotmail.com

RESUMEN. En este proyecto se propone la integración de un marco de procesos contextualizado en la ingeniería de requisitos, para capturar requerimientos que soporten la construcción de plataformas de ambiente virtual de aprendizaje interactivo. El marco de procesos comprende las fases de captura, definición y validación de requisitos como etapas de la ingeniería de requisitos e incluye una serie de actividades enfocadas en las áreas de ingeniería de la usabilidad, diseño instruccional y entornos virtuales. Las actividades implementadas fueron aplicadas para la captura de requisitos del curso de apreciación artística, ofertado a estudiantes de nivel superior de la Universidad Autónoma del Carmen. El marco de procesos fue validado por expertos mediante una lista de verificación del catálogo de requisitos y por el desarrollo de un total de 25 actividades realizadas con alumnos universitarios y evaluación con expertos. En la búsqueda de una guía metodológica que permitiera la captura de requisitos para ambientes virtuales de aprendizaje interactivos, se logró obtener un marco de procesos cuyos elementos constituyen una guía iterativa de actividades clasificadas por los enfoques previstos que ofrecieron requerimientos para la construcción de un prototipo de baja calidad, así como los insumos necesarios para la generación del catálogo de requisitos según el estándar IEEE 830-1998.

ABSTRACT. This project proposes the integration of a process framework in context in requirements engineering to capture requirements that support the construction of platforms for interactive virtual learning environment. The process framework comprises the steps of capturing, defining and validating requirements as stages of requirements engineering and includes a series of activities focused in the areas of usability engineering, instructional design and virtual environments. The activities implemented were applied to capture requirements of art appreciation course, offered to senior students of the Universidad Autónoma del Carmen. The process framework was validated by experts using a checklist of the catalog of requirements and the development of a total of 25 activities with university students and evaluation experts. In search of a methodological guide to the capture of requirements for interactive virtual learning environments, managed to obtain a process framework whose elements are a guide for activities classified iterative approaches offered provided that requirements for the construction of a prototype low quality, and the inputs needed to generate the catalog of requirements according to IEEE 830-1998.

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de ambientes virtuales de aprendizaje (AVA), constituyen un tema de creciente interés; para entender su estructura y funcionalidad conviene analizarlo desde la perspectiva de la Informática, particularmente de las áreas relacionadas con la elaboración de software educativo. De este modo, será de utilidad documentar y verificar los servicios proporcionados por el sistema, así como las restricciones operativas mediante el seguimiento de los procesos que intervienen en su fase inicial de análisis y especificación de requisitos. Se observa que el avance de la internet y las Tecnologías de Información y Comunicación de los últimos años ha provocado un interés creciente por el desarrollo de propuestas metodológicas para desarrollar sistemas de información web. Es previsible notar que en los últimos años han emergido grupos que proponen metodologías que ofrecen procesos, modelos y técnicas adecuadas para trabajar con este tipo de sistemas tradicionales. Sin embargo, si consideramos la perspectiva del desarrollo de las aplicaciones educativas web, como el caso de los AVA, podemos notar que existen diferencias entre éstos y los sistemas de información web tradicionales; sus

particulares características ponen a prueba a los desarrolladores, por lo que se hace necesario disponer de perspectivas metodológicas que satisfagan los nuevos requerimientos, de acuerdo a complejas necesidades educativas y novedades tecnológicas. Sumado a estas diferencias, se advierte otro problema que subyace en la identificación oportuna de requerimientos y necesidades del usuario que incidan en interfaces útiles orientadas a él.

Mientras las nuevas tecnologías enriquecen y cambian las formas de ver la web, el universo educativo se transforma hacia nuevos modelos, ambientes y adaptaciones tecnológicas; conviene entonces proponer desde el punto de la Ingeniería de Requisitos (IR), un marco de procesos que permita obtener mediante actividades y técnicas previamente seleccionadas, un conjunto de características para la especificación y definición de requisitos que satisfagan los requerimientos de diseño de un AVA interactivo orientado al usuario.

2 INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Se observa que el desarrollo de aplicaciones basadas en la web representa uno de los retos de la informática. A medida que las aplicaciones web crecen, también sus procesos de desarrollo cada vez se apoyan en principios y conceptos de la Ingeniería del Software (IS). En estos principios se deben emplear los métodos apropiados y técnicas específicas, que funcionen como guías generales y administren las actividades del desarrollo. En el documento “Fundamentos de Ingeniería del Software” [1] se menciona que la IS está compuesta por una serie de modelos que representan enfoques rigurosos, sistemáticos y disciplinados; que abarcan los métodos, las herramientas, los procesos y a las personas. Estos modelos se denominan frecuentemente como: (a) paradigmas de la ingeniería del software, (b) ciclos de vida del software, (c) metodología de desarrollo o (d) modelo de procesos. La elección de estos modelos se realiza básicamente de acuerdo a la naturaleza del proyecto y de la especificación de los requisitos.

2.1 Ingeniería de requisitos

La IR se percibe como el proceso sistemático del uso de técnicas, lenguajes y herramientas para que mediante un menor esfuerzo se pueda obtener el análisis, documentación, evolución continua de las necesidades de los usuarios, así como también la especificación del comportamiento externo del sistema desde las perspectiva del usuario [2]. La IR está integrada por un conjunto de actividades interrelacionadas que son denominadas análisis, el enfoque principal de esta interrelación de trabajo se da entre el desarrollador y el cliente. Pressman lo describe en la forma en la que el cliente intenta replantear un sistema confuso, a nivel de descripción de datos, funciones y comportamiento, en detalles concretos; mientras tanto el desarrollador actúa como un interrogador, como consultor, como persona que resuelve problemas y como negociador [3].

A diferencia de la IS clásica que se refiere a los aspectos funcionales y no funcionales mediante el ¿qué? y ¿cómo?, la IR añade nuevos factores a tener en cuenta que, de realizarse, garantizarán el desarrollo de un sistema con un nivel aceptable de funcionalidad ideal como de su usabilidad y de su accesibilidad. A continuación se presenta un conjunto de seis principios básicos [3] que fueron tomados en cuenta en la presente propuesta. 1. Entender el problema antes de empezar a crear el modelo de análisis. Hay tendencia a precipitarse en busca de una solución, incluso antes de entender el problema. 2. Desarrollar prototipos que permitan al usuario entender cómo será la interacción hombre-máquina. Como el concepto de calidad del software se basa a menudo en la opinión sobre la amigabilidad de la interfaz, el desarrollo de prototipos es altamente recomendable. 3. Registrar el origen y la razón de cada requisito. Este es el primer paso para establecer un seguimiento hasta el cliente. 4. Usar múltiples planteamientos de requisitos. La construcción de modelos de datos, funcionales y de comportamiento, le proporcionan al ingeniero del software tres puntos de vista diferentes. Esto reduce la probabilidad de que se olvide algo y aumenta la probabilidad de reconocer la falta de consistencia. 5. Dar prioridad a los requisitos. Las fechas ajustadas de entrega pueden impedir la implementación de todos los requisitos del software. Si se aplica un modelo de proceso incremental se deben identificar los requisitos que se van a entregar por primera vez. 6. Trabajar para eliminar la ambigüedad. Como la mayoría de los requisitos están descritos en un lenguaje natural, abunda la oportunidad de ambigüedades. El

empleo de revisiones técnicas formales es una manera de descubrir y eliminar la ambigüedad.

La Fig. 1, representan el proceso de IR mediante un diagrama de actividades basado en el proceso unificado de desarrollo de software (UML, por sus siglas en inglés) y se basa en la división de tres grandes actividades que fueron aplicadas al marco de procesos [4]. En la Tabla 1 se resume cada una de las fases de la IR y se presentan las técnicas más conocidas.

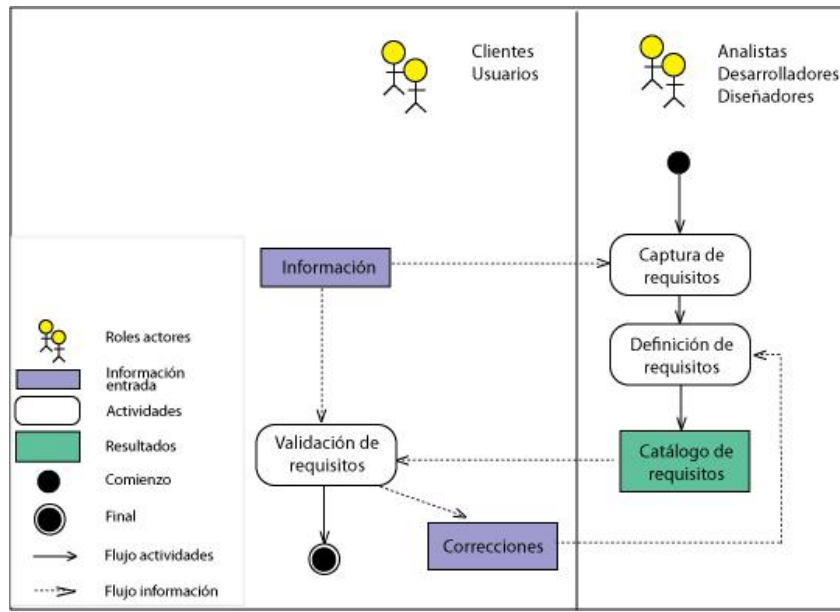


Fig. 1. Diagrama del método implementado [4].

La propuesta correspondiente a esta investigación, se refiere a un marco de procesos en el contexto de la ingeniería de los requisitos, usualmente conocida como la fase de análisis y contribuye al aporte de requerimientos para un tipo de AVA interactivo. Con base a lo expuesto en el apartado de ingeniería de los requisitos en el marco teórico, para la integración y especificación del marco de procesos, se optó por considerar la estructura genérica expuesta por Lowe y Clud [4], en la cual, en cada una de sus fases, se integraron actividades de análisis escogidos de los enfoques de interacción humano computadora, el diseño instruccional y el de entornos virtuales.

En el método seguido para la integración de la propuesta del marco de procesos, se describen las etapas establecidas para el desarrollo de la propuesta las cuales surgieron empleando la estructura genérica de la IR y se agregaron procedimientos necesarios para dar validez a esta investigación. Dicha estructura se describe en el apartado siguiente.

Actividades	Descripción	Técnicas
Captura de requisitos	Se refiere a la actividad en la que el equipo de desarrollo extrae de fuentes de información disponible, las necesidades que debe cubrir el sistema	Entrevistas Lluvia de ideas Escenarios <i>Story Board</i> Casos de Uso Cuestionarios <i>Checklist</i>

		<i>Test</i>
		Comparación de terminología
Definición de requisitos	Esta actividad muestra dentro de la IR qué elementos y funciones son necesarias para un proyecto de software	Lenguaje Natural Glosario Ontologías Plantillas Patrones Escenarios Casos de uso Lenguajes formales
Validación de requisitos	Esta actividad tiene como objetivo demostrar que se han definido adecuadamente los requisitos, que estos son correctos y mediante el sistema se suplen las necesidades del usuario	Prototipos Matrices de trazabilidad <i>Cheklis</i> <i>Reviews o walk-throughs</i>

Tabla 1. Lista de verificación del Catálogo de Requisitos

3 MARCO DE PROCESOS

A continuación se describen las etapas establecidas para el desarrollo de la propuesta las cuales surgieron empleando la estructura genérica de la IR y se agregaron procedimientos necesarios para dar validez a esta investigación. Dicha estructura está organizada de la siguiente forma: 1. Captura de requisitos. 2. Definición de requisitos. 3. Validación de requisitos. 4. Catálogo de requisitos. 5. Validación de la propuesta. 6. Enunciación del Marco de procesos. Esta estructura es representada en la Fig. 2, mediante el diagrama de actividad en lenguaje UML, con el objeto de ofrecer el modelo conceptual de los pasos seguidos para la búsqueda de la solución al problema planteado. Como se observa, las primeras cuatro fases corresponden a la estructura global de la IR y se añaden las fases de validación de la propuesta y la enunciación del marco de procesos cuya inclusión dio sustento a la propuesta.

3.1 Captura de requisitos

Con la integración de diferentes actividades y técnicas procedentes de los enfoques de Ingeniería de la Usabilidad, Diseño Instruccional y Entornos Virtuales, en la fase de captura de los requisitos, y de acuerdo a la recomendado se da inicio a la obtención de requisitos Fig. 3. En esta etapa se establecen las primeras relaciones con los diferentes implicados o participantes del proyecto, con el propósito de conocer sus necesidades de aprendizaje.

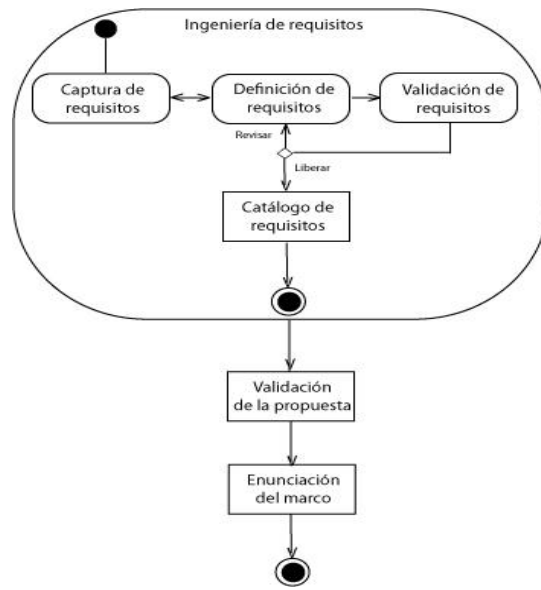


Fig. 2. Diagrama del método implementado.

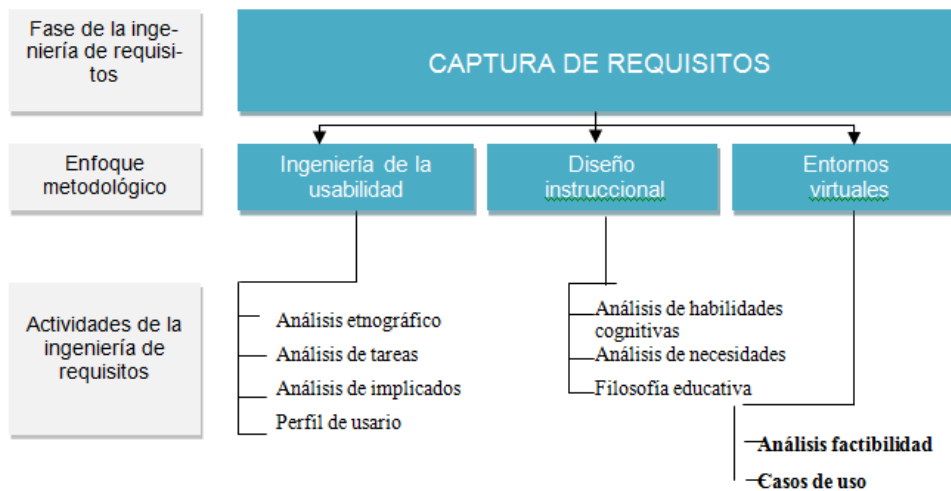


Fig. 3. Actividades de IU de la fase captura de requisitos

3.2 Definición de requisitos

En esta segunda fase, se desarrollan actividades y técnicas apropiadas de los enfoques ya mencionados, para dar lugar a la búsqueda del conocimiento en el dominio del problema Fig. 4. Se emplean plantillas, diagramas, modelos de arquitectura y modelos abstractos en el lenguaje UML, entre otros. Con conocimiento del dominio del problema, se busca obtener un conjunto de requisitos funcionales y no funcionales como componentes necesarios para la elaboración del prototipo en papel y documentar el catálogo de requisitos del AVA interactivo [5].

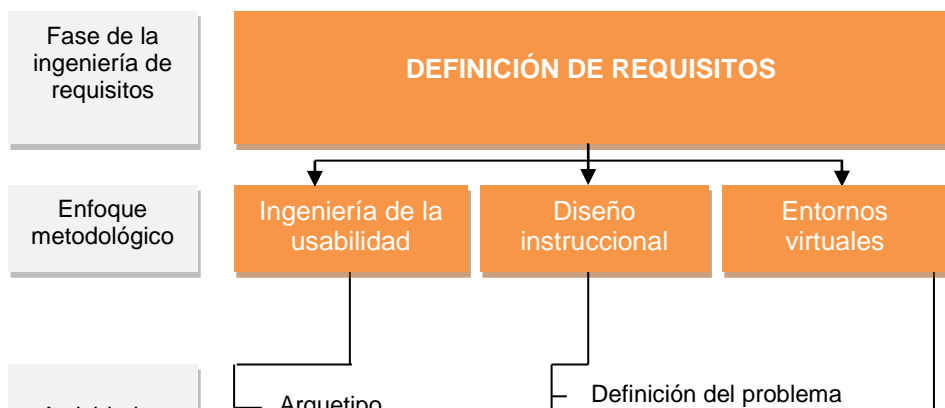


Fig. 4. Actividades de la fase de definición de requisitos

3.3 Validación de requisitos

Esta fase comprende realizar un conjunto de actividades que tienen como finalidad examinar los requisitos para asegurar la definición del sistema adecuado, es decir el sistema que el usuario espera Fig. 5. Como consecuencia de los resultados de las dos primeras fases (captura y definición de requisitos), se confecciona el prototipo en papel, como un instrumento de evaluación, para verificar aspectos tales como la estructura del contenido, los componentes del ambiente y la funcionalidad del sistema, así como los recursos y utilerías. De esta manera se valida la capacidad de los usuarios para realizar tareas con la interfaz propuesta, con el propósito de asegurar que el análisis realizado y los resultados obtenidos de la etapa de definición de requisitos fueran los correctos [6].

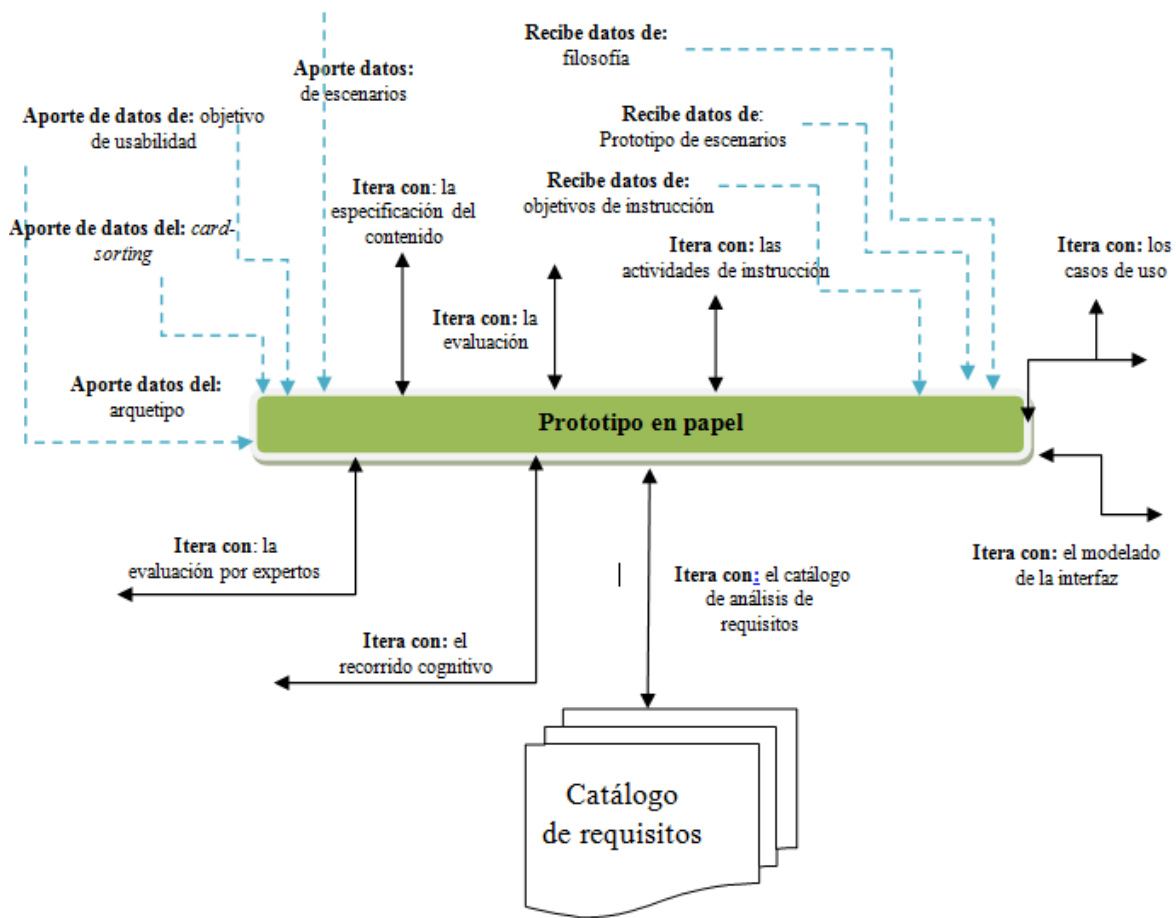


Fig. 5. Actividades de la fase de validación de requisitos

3.4 Catálogo de requisitos

Siguiendo los objetivos del prototipo en papel, el catálogo de requisitos pretende ser componente clave de validación, debido a que en él se redactan las funcionalidades y restricciones del sistema. A través de una lista de verificación, se pueden cotejar por medio de expertos aspectos de la norma IEEE Standard 830-1998 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998), entre las cuales están la claridad, precisión y cobertura de los requerimientos funcionales y no funcionales del AVA interactivo, así como una serie de aspectos generales del proyecto.

3.5 Validación de la propuesta

La validación de la propuesta está orientada a la verificación de los aspectos globales del marco de procesos que incluyen en su conjunto las actividades, flujos de procesos e iteraciones. El método de validación consiste en un ejercicio de análisis y verificación por parte de expertos calificados, con el objetivo de capturar su opinión y observación sobre la propuesta. La verificación es realizada mediante entrevistas y una lista de verificación dirigida a expertos responsables de líneas de investigación en las área de ingeniería del software, educación en línea, así como expertos en diseño instruccional. Esta validación permite agregar, reacomodar y ajustar el orden de las actividades con sus iteraciones en el marco de proceso propuesto.

	Si	No	Requiere precisión
¿El documento proporciona una introducción relacionado con todo el contenido	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

del catálogo de Especificación de Requisitos Software (ERS)?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se define el propósito en el documento ERS ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se presenta el nombre del futuro sistema?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se explica lo que sistema hará y no hará?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se describen los beneficios, objetivos y metas que se espera alcanzar con el futuro sistema?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se describen los beneficios, objetivos y metas que se espera alcanzar con el futuro sistema?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Existe referencia a documentos que tienen que ver con la Ingeniería del Software?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se contempla una lista de definiciones, acrónimos y abreviaturas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿ El documento de ERS describe brevemente los contenidos y la organización del documento?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se describe la relación existente entre el sistema con otros ambientes de software?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se resume de forma general las funciones del futuro AVA interactivo?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se describen de forma general las características de los usuarios de AVA interactivo?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se describen de forma específica las restricciones que deben tener los desarrolladores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Son descritas apropiadamente las suposiciones y dependencias como factores que, si cambian pueden afectar los requisitos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se presenta un esbozo sobre mejoras a futuro que podrán analizarse e implementarse?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se presenta un esbozo sobre mejoras a futuro que podrán analizarse e implementarse?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Los objetivos que se presentan del AVA interactivo son claros, asimilables y comprensibles?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El cuanto a los requisitos, estos coinciden con los objetivos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Son claramente identificables?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Existe descripción de requisitos que tengan que ver con interfaces externas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se especifica en los requisitos algún indicador de rendimiento? en cuanto a la carga que se espera tenga que soportar el sistema?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se especifican las restricciones de diseño?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se especifican los objetivos de usabilidad como atributos de calidad en el documento de ERS?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Son claros y específicos los Requisitos no funcionales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabla 2. Lista de verificación del Catálogo de Requisitos

3.6 Enunciación del marco de procesos

Finalmente, después de haber sometido el marco de procesos a refinamientos iterativos con expertos y a su vez al proceso de validación; se logra conjuntar el esquema global del marco de procesos junto con sus actividades e iteraciones, para ser aplicado a proyectos relacionados con la elaboración del AVA Interactivo. En la Fig. 6, se puede observar el gráfico que se originó como resultado de la integración del marco de procesos.

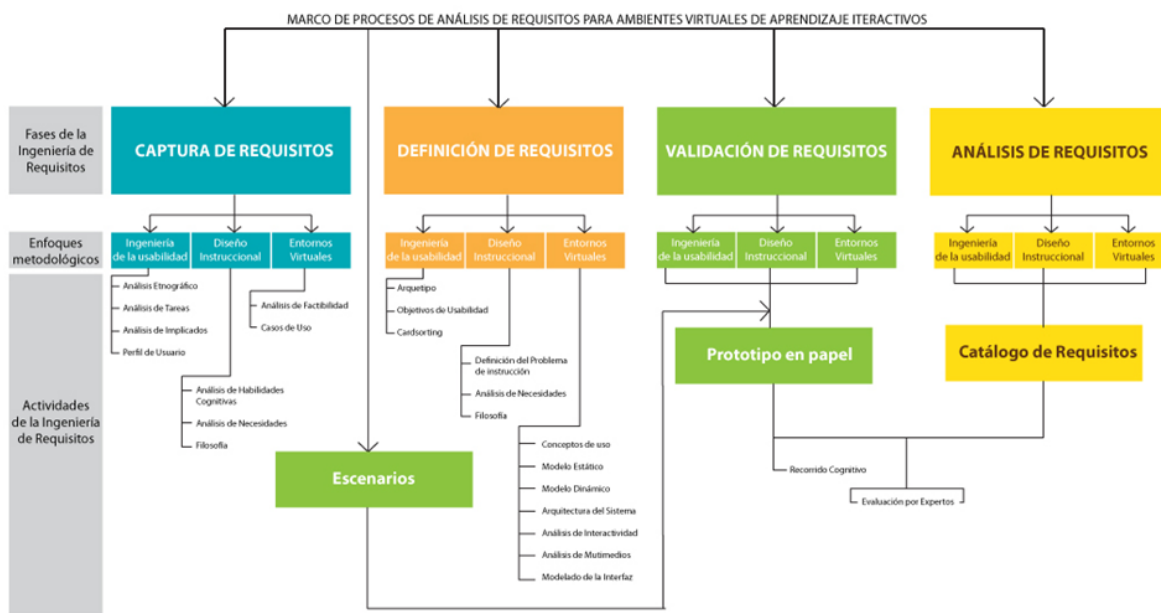


Fig. 6. Esquema metodológico de actividades y técnicas.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los productos obtenidos como resultado de los procesos y actividades realizadas en esta investigación: 1. Esquema de actividades y técnicas. 2. Mapa de flujo de actividades de análisis. 3. Prototipo en papel. 4. Criterios de evaluación de prototipo. 5. Catálogo de requisitos.

4.1 Esquema de actividades y técnicas

Este esquema comprende todas las actividades y técnicas clasificadas según las fases de la IR y los enfoques de Ingeniería de la Usabilidad, Diseño Instruccional y Entornos Virtuales. Su especificación busca resultar ser una guía metodológica para el seguimiento de las fases de la IR, así como la realización de las actividades y técnicas clasificadas. En la Fig. 6 y 7, se presenta el esquema de las fases consideradas de la IR y las actividades organizadas y clasificadas según los enfoques mencionados.

4.2 Mapa de flujo de actividades de análisis

Como complemento del esquema metodológico, se elaboró el mapa de procesos, en donde se presenta una guía que visualiza el flujo ordenado de las actividades a llevarse a cabo. Su utilidad radica en la visión global tanto del proceso de la actividad en turno como del conjunto de actividades relacionadas o que interactúan para la especificación final de los requisitos. Mediante su implementación, los desarrolladores conocen la secuencia de cada actividad y la interacción entre las diversas actividades e iteración de los procesos a través del tiempo. En la Fig. 7, se observa el modelo gráfico del mapa de flujo de actividades comentado.

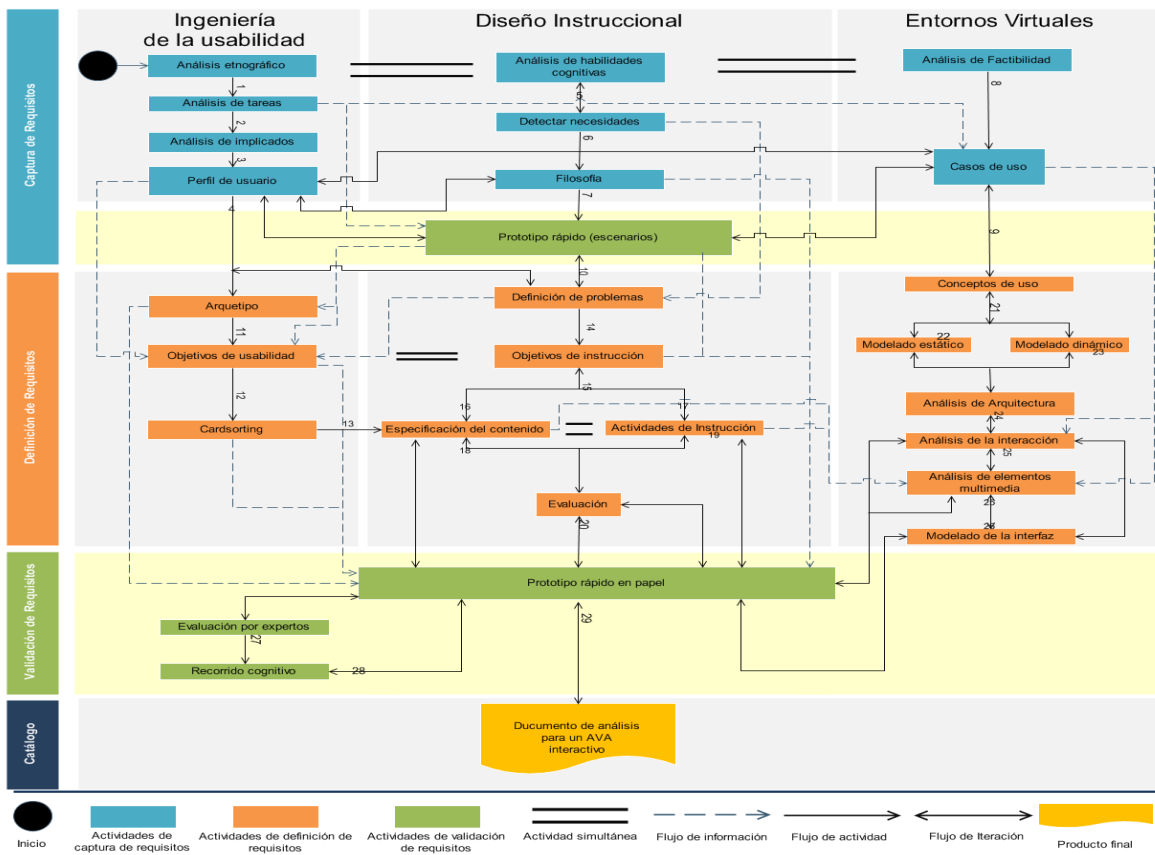


Fig. 7. Mapa de flujo de actividades y técnicas del marco de procesos.

4.3. Prototipo en papel

La elaboración del prototipo representa ser la culminación del seguimiento de las actividades propias del marco propuesto, así como uno de los métodos de verificación de requisitos del AVA interactivo Fig. 8.

El prototipo surgió de los datos obtenidos de las actividades desarrolladas y se plasmó a través de gráficos la primera versión estática de las interfaces del AVA interactivo. El prototipo también permitió la identificación y corrección temprana de los problemas comunes de usabilidad. En la Fig. 5, se observa un ejemplo de las pantallas elaboradas con la herramienta de Adobe Fireworks CS4, que formó parte del prototipo en papel. En el gráfico se descubren las principales características de los requisitos que identifican al proyecto del AVA interactivo las cuales son: 1. Interfaz basada en principios de usabilidad. 2. Integración de tecnologías web. 3. Integración del diseño instruccional. 4. Integración de ingeniería de la usabilidad. 5. Empleo de tecnología para entornos virtuales web.

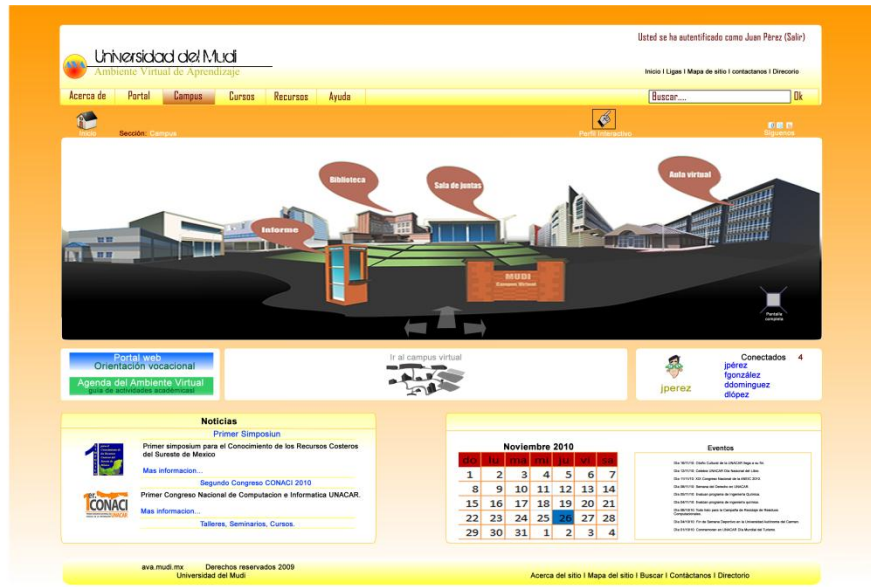


Fig. 8. Propuesta de pantalla del prototipo de baja calidad.

La confección del prototipo aportó directamente al cumplimiento de objetivos en esta investigación por las siguientes razones: 1. Establece una guía de diseño de interfaz y de interacción con usuarios. 2. Logra reunir y plasmar un conjunto de características de los requisitos del AVA interactivo, tanto para el usuario como al equipo de diseño y desarrollo. 3. Prevé a futuro contra errores de diseño, funcionalidad y usabilidad; redituando en la reducción de costos y tiempo del proyecto. 4. Mediante la evaluación heurística que resulta ser una herramienta útil, para la validación de los objetivos de usabilidad. 5. A través del empleo de técnicas de recorrido cognitivo por expertos y evaluación heurística con usuarios, el prototipo en papel, resultó ser un instrumento útil para el proceso de evaluación y validación de requisitos. En resumen, el prototipo en papel, además de representar uno de los productos entregables, es de gran utilidad para validar los requisitos y como consecuencia el marco de procesos en general. Gracias a los resultados de las actividades previamente realizadas, se contó con datos específicos y requerimientos definidos para realizar la propuesta de las primeras pantallas del AVA Interactivo, como antesala a las actividades de diseño en fases posteriores.

4.4 Catálogo de requisitos

La elaboración de la primera versión del Catálogo de Requisitos, es a partir de los resultados de los procesos y actividades realizadas según las fases de la IR. Para su redacción se recomienda basar en la norma de especificación de requisitos según el estándar IEEE Standard 830-1998 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998). Esta norma para la especificación de requisitos del software, aun cuando no es de carácter obligatorio, ofrece una estructura específica de llenado del documento con la cual se elaboró el catálogo de requisitos del AVA interactivo, que posteriormente fue validado con la lista de verificación.

5 CONCLUSIÓN

Si bien existen diversos métodos para la captura de los requisitos, el aporte que ofrece esta

propuesta estriba en la integración de tres enfoques provenientes de áreas y disciplinas tales como la Ingeniería de la Usabilidad, el Diseño Instruccional y el desarrollo de Entornos Virtuales. La interrelación de estos enfoques metodológicos permitieron reunir de forma integral aspectos en relación a la captura de requisitos procurando así reunir las características de un AVA interactivo que contempló las necesidades desde el punto de vista del usuario por medio de requisitos de la usabilidad; el de los requerimientos que se relacionan con el aspecto específicamente educativo y los relacionados con el desarrollo de sistemas

Para el marco de procesos se integraron metodologías pertenecientes a la ingeniería del software con la ingeniería de la usabilidad y el diseño instruccional. Como complemento, por tratarse de software educativo con características multimedia y de realidad virtual, en el marco de proceso propuesto, se incluyeron aspectos del diseño instruccional, con el afán de ofrecer un marco único que permita afrontar el reto creciente, que supone el desarrollo de este tipo de software.

Se puede afirmar que el marco de procesos propuesto ofrece una guía útil para la especificación de requisitos relacionados con la construcción de proyectos de ambientes virtuales de aprendizaje interactivos. Según el equipo de trabajo UNACAR-TA de la Universidad Autónoma del Carmen, el marco propuesto favorece los trabajos de captura y análisis de requisitos para la construcción de las plataformas educativas implementadas con realidad virtual, sistemas multimedios interactivos y contextualizadas en el diseño orientado al usuario.

6 REFERENCIAS

[1] Fundamentos de Ingeniería del Software, fundamentos de ingeniería del software – tercer curso de ingeniería técnica informática. Recuperado de <http://petra.euitio.uniovi.es/~delegaci/apuntes/Tercero/fundamentos-ingenieria-software.pdf>, (2006).

[2] R. Pressman, Software engineering (4a. ed.). Nueva York, EE.UU.: McGraw-Hill, (2002).

[3] R. Pressman, Software engineering (7a. ed.). Nueva York, EE.UU.: McGraw-Hill, (2009).

[4] M. J. Escalona y N. Koch, Ingeniería de requisitos en aplicaciones para la web-un estudio comparativo, (2002). Recuperado de http://www.sistemas.edu.bo/lsalgado/sis3390/Requisitos/Ingenier_a%20de%20Requisitos%20en%20Aplicaciones%20Web%20%20Un%20estudio%20compatativo.pdf

[5] B. Bernárdez Jiménez, Una aproximación empírica a la verificación de especificaciones de requisitos para sistemas de información. (Tesis doctoral, Universidad de Sevilla), (2003). Recuperado de http://www.lsi.us.es/docs/doctorado/memorias/Memoria_ProyectoInvestigador.pdf

[6] X. Ferré Grau, Marco de Integración de la usabilidad en el proceso de desarrollo software, (2005). Recuperado de <http://www.tesisde.com/t/marco-de-integracion-de-la-usabilidad-en/1008/>

MÉTODO PARA AGILIZAR BÚSQUEDAS DE DOCUMENTOS DE TITULACIÓN

Benjamín López González¹, Bany Sabel Hernández Cardona², Luis Roberto Flores Olivares³,
Roberto Cano Rojas⁴, Mauro Sánchez Sánchez⁵

1, 2, 3, 4, 5 Instituto Tecnológico de Toluca

Av. Tecnológico s/n, Exrancho la Virgen, Metepec Estado de México c. p. 52140 tel. (722)2087200
1 Unidad Académica Profesional Tianguistenco

Paraje el Tejocote, San Pedro Tlaltizapan, Tianguistenco Estado de México c. p. 52640 tel. (722)
4810800

1 blopezg@uaemex.mx, blopezg@ittoluca.edu.mx, 2 banyshc@yahoo.com.mx 4
bob_cano25@hotmail.com, 5 mss_ms2@hotmail.com

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se desarrollo con el objetivo de proporcionar una herramienta para la realización de búsquedas de documentos en un sistema que apoyará al departamento de sistemas computacionales para manejar los proyectos de titulación que son propuestos en esta área. Para ello se opto por implementar un algoritmo de búsqueda llamado algoritmo de Porter.

ABSTRACT

This research project was developed in order to provide a tool for conducting searches of documents in a system that will support the department of computer systems to handle titling projects that are proposed in this area. This was decided to implement a search algorithm called Porter algorithm.

1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial se está aplicando en diferentes áreas, desarrollando proyectos como automatización de procesos en fábricas que con ayuda de robots que realizan diversas actividades, gracias a la inteligencia artificial es posible maniobrar aeronaves que sin esta asistencia serían imposibles de controlar, incluso los automóviles que se conducen actualmente poseen computadoras que poseen un cierto grado de inteligencia que les ayuda a controlar la maniobrabilidad de estos, en criminalística es posible analizar grandes cantidades de información en poco tiempo como huellas digitales o textos sobre informes policíacos y podríamos mencionar muchos más.

En el Instituto Tecnológico de Toluca el Cuerpo Académico de Desarrollo de Aplicaciones Inteligentes, tuvieron la inquietud de implementar un sistema capaz de facilitar la forma de catalogar los documentos de titulación del Departamento de Sistemas Computacionales, por lo cual se realizo el diseño de una interfaz de usuario tipo web la cual realizaría las tareas de almacenamiento, categorización y búsqueda de documentos en formato digital.

Para llevar a cabo la tarea de búsqueda se propuso utilizar un método que elimina los finales morfológicos e inflexionales comunes de las palabras, el método llamado algoritmo de Porter extrae la mínima unidad de una palabra que posee significado llamada monema, también conocida como raíz o radical, a las que posteriormente se le asigna un peso el cual medirá la frecuencia con la que aparecen en los documentos y con esto cuantificar el contenido de estos. Este algoritmo fue diseñado para su uso en el idioma inglés por lo que se adecuo al idioma Español.

Debido a la modificación de este algoritmo, fue necesario investigar algunos conceptos básicos sobre la gramática española que permitieran abordar de una forma ordenada la categorización.

El objetivo principal de utilizar este método es agilizar la búsqueda de los documentos, se aplico en primera instancia a los resúmenes de los documentos de titulación, y posteriormente será aplicado a la totalidad del texto de titulación (también denominado extenso).

Esto creara un catalogo que contenga los documentos de titulación y permitirá que los nuevos proyectos propuestos no sean repetidos dentro del acervo de titulación del Departamento de Sistemas Computacionales, logrando con esto que se pueda innovar sobre dichos proyectos en temas que no existan en el acervo de esta área del instituto.

La búsqueda evitara que los nuevos proyectos de tesis propuestos sean duplicados, permitiendo que los asesores determinen rápidamente si el tema que se someterá a consideración ya se ha abordado y en qué porcentaje, o es una innovación por no encontrarse en la base de datos del acervo de titulación. Evitara el trabajo de revisar los documentos en forma física para asegurarse que el tema a considerar no exista o no se haya abordado parcial o totalmente en tesis anteriores.

Por otra parte agilizará los tiempos en los que un asesor tome o no la decisión de someter a consideración un tema tomando en cuenta si existe o no en la base de datos. Los resultados de la aplicación del algoritmo se guardaron en una base de datos que almacena la información de los trabajos de titulación del Departamento de Sistemas Computacionales, la base de datos fue diseñada en Mysql con una interfaz de usuario implementada en Apache Tomcat utilizada para trabajar con Java Server Pages (JSP), en cuanto al diseño del algoritmo de Porter se utilizó el lenguaje Java para la programación de este.

2. MÉTODO

Se desarrolló un sistema para manejar los proyectos de titulación que son propuestos por el Departamento de Sistemas Computacionales, del cual se derivó la necesidad de realizar búsquedas eficientes sobre los contenidos de estos.

La propuesta comenzó contemplando la necesidad de almacenar y clasificar los contenidos de dichos proyectos para su posterior consulta, la cual se automatizaría de tal forma que al realizar una búsqueda se desplegaran los documentos que coincidan con esta.

Debido a que el diseño de la interfaz de usuario para el Sistema de Titulación del Departamento de Sistemas Computacionales se programó en lenguaje HTML con uso de JSP además de utilizar una base de datos relacional para almacenar la información se optó por utilizar el lenguaje de programación JAVA para desarrollar el algoritmo, comenzar con la adaptación de este al idioma español y con esto seguir la opción de utilizar recursos de código abierto para evitar inconvenientes con el uso de licencias de software.

El primer paso para adaptar el algoritmo de Porter a nuestro proyecto fue buscar una forma eficiente de almacenar las raíces de las palabras de tal forma que al realizar una búsqueda de información esta fuera rápida y eficiente, por lo que se planteó la posibilidad de utilizar la base de datos existente que almacena la información referente al proceso de titulación añadiendo a su estructura tablas para clasificar y manejar las raíces de los documentos correspondientes.

En primera instancia se propuso que las pruebas se realizaran sobre los resúmenes de las tesis existentes y posteriormente se anexarían los documentos completos (denominados extensos) de los proyectos de titulación.

Las tablas que se propuso añadir a esta base de datos fueron las correspondientes a las 27 letras del alfabeto existentes en el idioma español contempladas por la Real Academia de la Lengua Española las cuales son: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, n_, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z; como se podrá observar la letra "ñ" se sustituyó con la nomenclatura "n_" debido a que en la base de datos no se pueden crear tablas que contengan este carácter, sin embargo en el contenido de los campos si es posible almacenarlo. Y como es de suponerse los dígrafos "ch", "ll", "rr" fueron omitidos ya que se encuentran incluidos dentro de las letras "c", "l" y "r" respectivamente; la Tabla 1 muestra con que campos contarían:

Nombre	Tipo	Llave	Acepta
--------	------	-------	--------

		primaria	Nulos
id_lex	Entero (11)	Si	No
id_arch	Entero (11)	No	No
Tipo	Carácter (1)	No	No
lex	Carácter variable (15)	No	No
Frec	Entero (11)	No	No

TABLA 1. Campos con los que contarían las tablas a-z.

El campo id_lex es un identificador único formado conforme al siguiente criterio: AAMMDDNNNNN

Donde:

- AA= Año en el que se ingreso el registro correspondiente
- MM= Mes en el que se ingreso el registro correspondiente
- DD= Día en el que se ingreso el registro correspondiente
- NNNNN= Número consecutivo

De esta forma el registro 11013100025 corresponderá al registro creado el año 2011, en el mes de Enero (01), el día 31 con el número consecutivo 25

Con esta estructura se pretende que el identificador deje de ser finito y que el programa evite inconvenientes futuros.

El campo id_arch es un identificador único formado de manera similar al campo anterior integrado de la siguiente forma: AAMMDDNNNNN

Donde:

- AA= Año en el que se ingreso el registro correspondiente
- MM= Mes en el que se ingreso el registro correspondiente
- DD= Día en el que se ingreso el registro correspondiente
- NNNNN= Número consecutivo

Análogamente el registro 11032500031 corresponderá al registro creado el año 2011, en el mes de Marzo (03), el día 25 con el número consecutivo 31

El campo tipo identifica si el registro pertenece a un documento de titulación de acuerdo al siguiente criterio:

- R= Resumen del documento
- E= Extenso o documento completo

El campo lex almacenara propiamente la raíz para realizar las comparaciones

Y finalmente el campo frec proporcionara la información sobre cuántas veces se encuentra la raíz en el documento.

Por otro lado se propuso crear otra tabla denominada reg la cual contaría con los campos mostrados en la Tabla 2.

El campo letter almacenaría cada identificador de tabla (28 en total), que estaría compuesto de las 27 letras del alfabeto además de un identificador denominado "ia" que almacenara el identificador del archivo.

Nombre	Tipo	Llave primaria	Acepta Nulos
Letter	Carácter (2)	No	No
Reg	Entero (11)	No	No

TABLA 2. Campos con los que contaría la tabla reg.

El campo reg almacenaría el último identificador creado para cada tabla, incluido el identificador del último archivo almacenado, con esto se pretende agilizar el ingreso de

los nuevos registros sin necesidad de buscar en cada tabla cual es el ultimo identificador creado.

Para lograr esto se cargara esta tabla en la memoria cada vez que se ingrese un archivo nuevo y se actualizara constantemente para posteriormente guardarla al terminar el proceso de almacenado.

El objetivo de dividir los registros en las 27 letras del alfabeto fue para lograr una mayor velocidad al realizar las búsquedas, ya que solo se accederá a las tablas necesarias. Por ejemplo si se desea realizar una búsqueda sobre el tema “bases de datos” solo se deberá ingresar a las tablas que tienen por identificador las letras “b” y “d” excluyendo automáticamente las 25 tablas restantes, logrando con esto una velocidad mayor al entregar los resultados de la búsqueda.

Por último se propuso crear una última tabla denominada doc que almacenaría la información referente al documento, los campos con los que contaría se muestran en la Tabla 3.

El campo id_arch es un identificador único integrado de forma similar a las tablas anteriores de la siguiente forma: AAMMDDNNNNN

Donde:

- AA= Año en el que se ingreso el registro correspondiente
- MM= Mes en el que se ingreso el registro correspondiente
- DD= Día en el que se ingreso el registro correspondiente
- NNNNN= Número consecutivo

Nombre	Tipo	Llave primaria	Acepta Nulos
id_arch	Entero (11)	Si	No
ruta_arch	Carácter variable (255)	No	No
nom_arch	Carácter variable (255)	No	No

TABLA 3. Campos con los que contaría la tabla doc.

De igual forma como en las tablas anteriores, el registro 11032500031 corresponderá al registro creado el año 2011, en el mes de Marzo (03), el día 25 con el número consecutivo 31

El campo ruta_arch almacenara como su nombre lo indica la ruta de acceso del archivo que contenga el documento y puede ser de longitud hasta 255 caracteres.

Y finalmente el campo nom_arch almacenara el nombre del documento almacenado, el cual se entregara como resultados de las búsquedas que realice el usuario.

2.1. Diagramas de secuencia

Debido a que el sistema desarrollado solo debe almacenar los documentos, y mostrar resultados de búsquedas, sin tener que exponer paso a paso el funcionamiento del algoritmo de Porter, optamos por mostrar su funcionamiento a través de dos diagramas de secuencia generales.

2.1.1. Almacenar y categorizar documentos

Esta secuencia de operaciones comienza cuando el usuario guarda la información del proyecto de titulación correspondiente, dentro de esta, se encuentra un campo en el cual es posible examinar el medio de almacenamiento en el que se encuentre el archivo del documento para almacenar, cabe mencionar que este archivo debe tener el formato de texto (txt) o también conocido como “texto plano” o sin formato.

Una vez obtenida la ruta de acceso, y completados la información necesaria referente al proyecto de titulación, al presionar el botón guardar de la interfaz de usuario comienza el proceso de tratamiento del archivo en la siguiente forma:

La primer clase en utilizarse es la llamada OpenFile que se encarga de copiar el archivo automáticamente a una ruta específica dentro del disco duro para contar con el registro de los documentos, una vez hecho esto a este archivo se le coloca un índice tomando el criterio mencionado en la sección anterior, y es almacenado en la tabla doc según el criterio mencionado en la sección anterior.

Concluida la identificación del archivo, se pasa a la clase Split_es la cual se encarga de transformar todo el texto a letras minúsculas, elimina todos los artículos, preposiciones, conjunciones, pronombres personales, posesivos, demostrativos, relativos, interrogativos e indefinidos; además de los signos de puntuación, puntos, comas, punto y coma, dos puntos, guion central, guion bajo, paréntesis, signos de interrogación, llaves y corchetes; colocando cada palabra en una posición secuencial dentro de un arreglo de cadenas, el cual será tratado posteriormente por otra clase denominada Stemm_es que contiene el algoritmo de Porter propiamente.

El desarrollo del algoritmo de Porter se encuentra en la clase Stemm_es que es la encargada de obtener los radicales de cada palabra almacenada en el arreglo de cadenas creado mediante la clase Split_es.

Cada palabra es tratada de forma individual, como primer paso se obtiene su longitud, se crean índices para poder dividirla en regiones siguiendo tres reglas de la real academia de la lengua española, para que de esta forma estas regiones sean comparadas con una lista de sufijos previamente almacenados en arreglos de cadenas de caracteres con lo que se obtiene finalmente la raíz requerida, los acentos son eliminados mediante una función removeAccent además de incluir también acentos en los sufijos previamente almacenados para realizar las comparaciones y eliminaciones.

La clase DataBase se ocupa, una vez obtenidos los radicales, de almacenarlos en las tablas correspondientes de acuerdo a la primer letra que contenga la raíz y se contabiliza el número de repeticiones; en caso de ser la primera vez que se ingresa la raíz a la tabla se coloca el número uno, y si ya existe un id_lex además de un id_arch en la tabla se incrementa el campo frec en una unidad.

Se aprovecho la ventaja que posee la base de datos para mostrar resultados de coincidencias de los campos id_lex, id_arch y lex para incrementar el campo frec en las tablas correspondientes cuando es necesario.

Para el caso del almacenamiento en la tabla "n_" se coloco un caso especial para buscar la letra correspondiente "ñ" en el inicio de la raíz que se desea almacenar y de esta forma colocarla en la tabla correspondiente.

Por último se muestra un mensaje al usuario indicando que la operación se realizo correctamente. El diagrama de secuencia correspondiente se muestra en la Fig. 1.

2.1.2. Buscar documentos

En el caso de este diagrama de flujo comienza cuando el usuario ingresa un criterio de búsqueda en la interfaz de usuario, y comienza la búsqueda de documentos.

La clase OpenFile no es necesaria ya que no se requiere ubicar ningún archivo, por lo tanto se utiliza inmediatamente la clase Split_es, para eliminar nuevamente todos los artículos, preposiciones, conjunciones, pronombres personales, posesivos, demostrativos, relativos, interrogativos e indefinidos; además de los signos de puntuación, puntos, comas, punto y coma, dos puntos, guion central, guion bajo, paréntesis, signos de interrogación, llaves y corchetes; colocando cada palabra del criterio de búsqueda en una posición secuencial dentro de un arreglo de cadenas, el cual

será tratado posteriormente por la clase denominada Stemm_es para obtener los radicales correspondientes que serán comparados con la base de datos previamente generada.

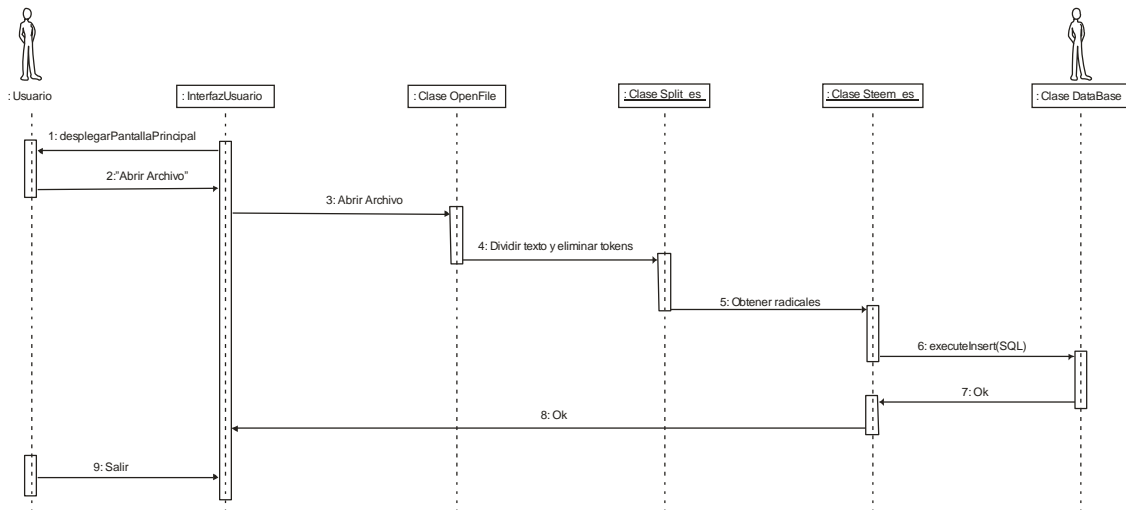


Figura 1. Diagrama de secuencia almacenar y categorizar documentos

Una vez que se han eliminado dichas palabras del documento, se procede a buscar las raíces del criterio de búsqueda con la clase Stem_es de forma similar a la utilizada en la sección almacenar y categorizar documentos.

Posteriormente, obtenidos los radicales del criterio de búsqueda, se realiza un acceso a la base de datos mediante la clase DataBase, y se obtienen los resultados que coincidan con el criterio de búsqueda elegido por el usuario, en este momento se utiliza nuevamente la ventaja que posee la base de datos para mostrar resultados de coincidencias de los campos id_lex, id_arch y lex, además de acceder solamente a las tablas que coincidan con el criterio de búsqueda, reduciendo el tiempo de búsqueda en la base de datos.

Para terminar se muestra al usuario el resultado de la consulta a la base de datos con los archivos que contienen el criterio de búsqueda. El diagrama de secuencia correspondiente se muestra en la Fig. 2.

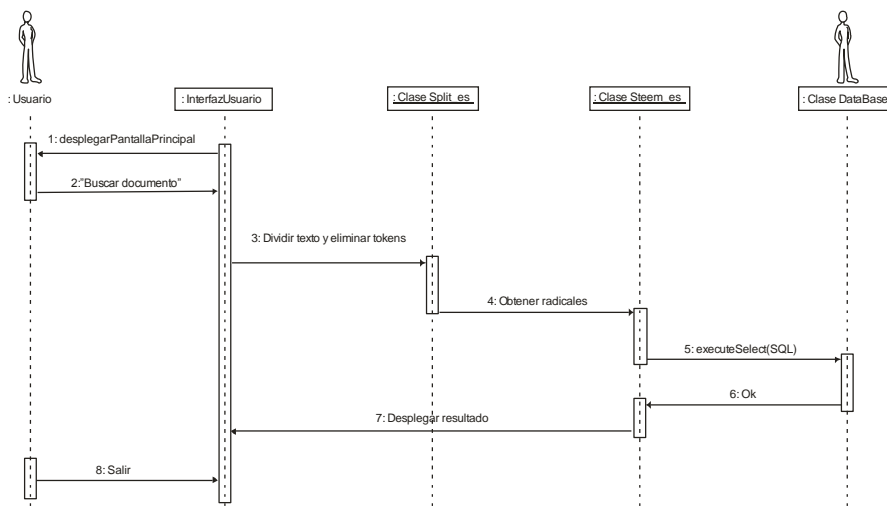


Figura 2. Diagrama de secuencia buscar documentos

3. RESULTADOS

Debido a que en el sistema desarrollado no se observan las operaciones realizadas por el algoritmo de Porter se comenzó diseñando una interfaz básica en Lenguaje Java mediante la cual se podían apreciar paso a paso como se desarrollaba el algoritmo propiamente, en la Fig. 3 se muestra la pantalla de esta interfaz.

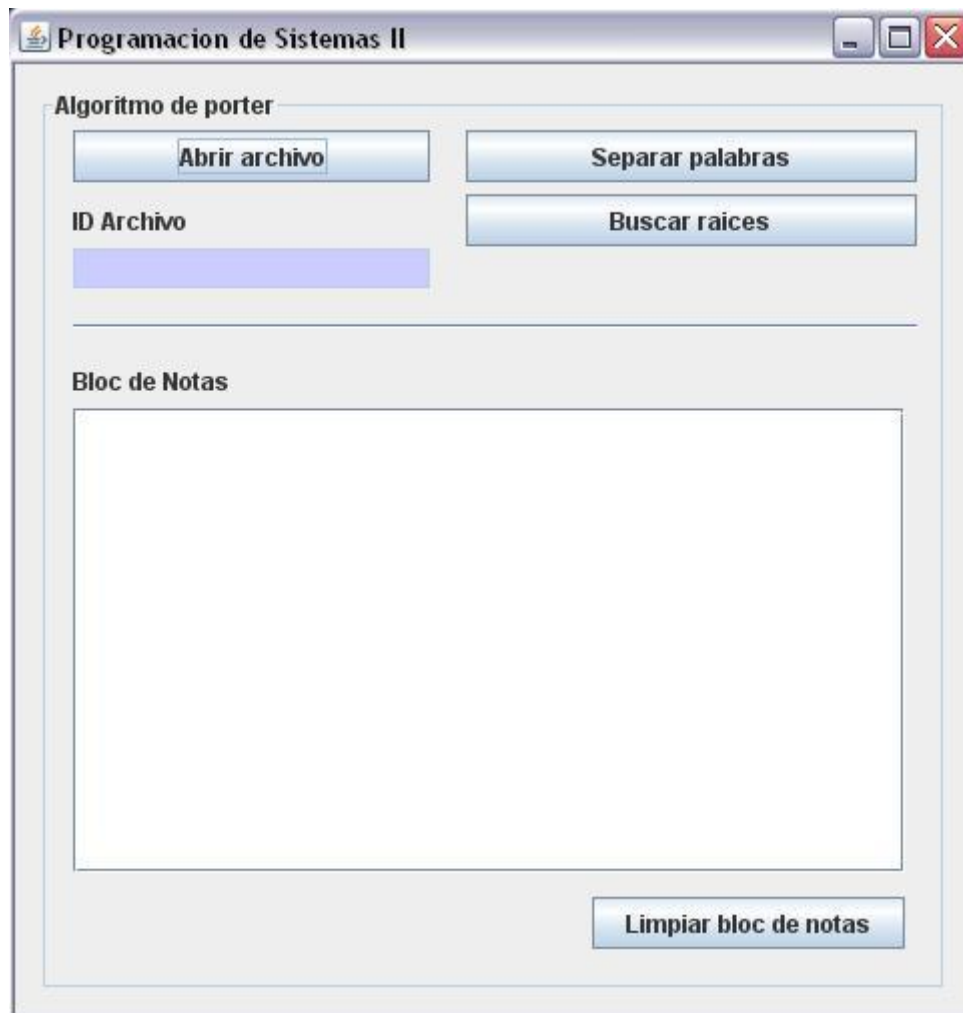


Figura 3. Interfaz para realizar pruebas del algoritmo de Porter

Para comenzar con las pruebas lo primero que se debe hacer es abrir un archivo, este debe tener una característica específica, debe ser previamente guardado en formato TXT también conocido como “texto plano” (mencionado en la sección anterior), para poder abrir el archivo se creó un objeto FileChoser el cual contiene todos los elementos necesarios para mostrar una ventana tipo Windows para abrir archivos, mediante la cual podemos ubicar el archivo deseado.

Una vez abierto el archivo, se le asigna su id de archivo de forma automática basándose en la fecha actual y la tabla reg previamente explicada como se muestra en la Fig. 4.

Una vez concluido este paso se muestra automáticamente el contenido del archivo abierto en el apartado correspondiente del bloc de notas en la ventana de la interfaz de usuario. Este apartado tiene un botón que permite eliminar el contenido de forma rápida en caso de ser necesario.

El segundo paso en el desarrollo del algoritmo de Porter que desarrollamos es dividir el texto en palabras y almacenarlas en un arreglo que posteriormente será utilizado por el Lematizador para encontrar las raíces de estas.

Este proceso se realiza mediante una clase denominada Split_es la cual transforma todo el texto a letras minúsculas, elimina todos los artículos, preposiciones, conjunciones, pronombres personales, posesivos, demostrativos, relativos, interrogativos e indefinidos; además de los signos de puntuación, puntos, comas, punto y coma, dos puntos, guion central, guion bajo, paréntesis, signos de interrogación, llaves y corchetes; colocando cada palabra en una posición secuencial dentro de un arreglo de cadenas, el cual será tratado posteriormente por otra clase denominada Stemm_es que contiene el algoritmo de Porter propiamente.

Una vez concluido el paso de separar palabras se muestra nuevamente de forma automática el resultado en el apartado correspondiente del bloc de notas en la ventana de la interfaz de usuario como lo muestra la Fig. 5.

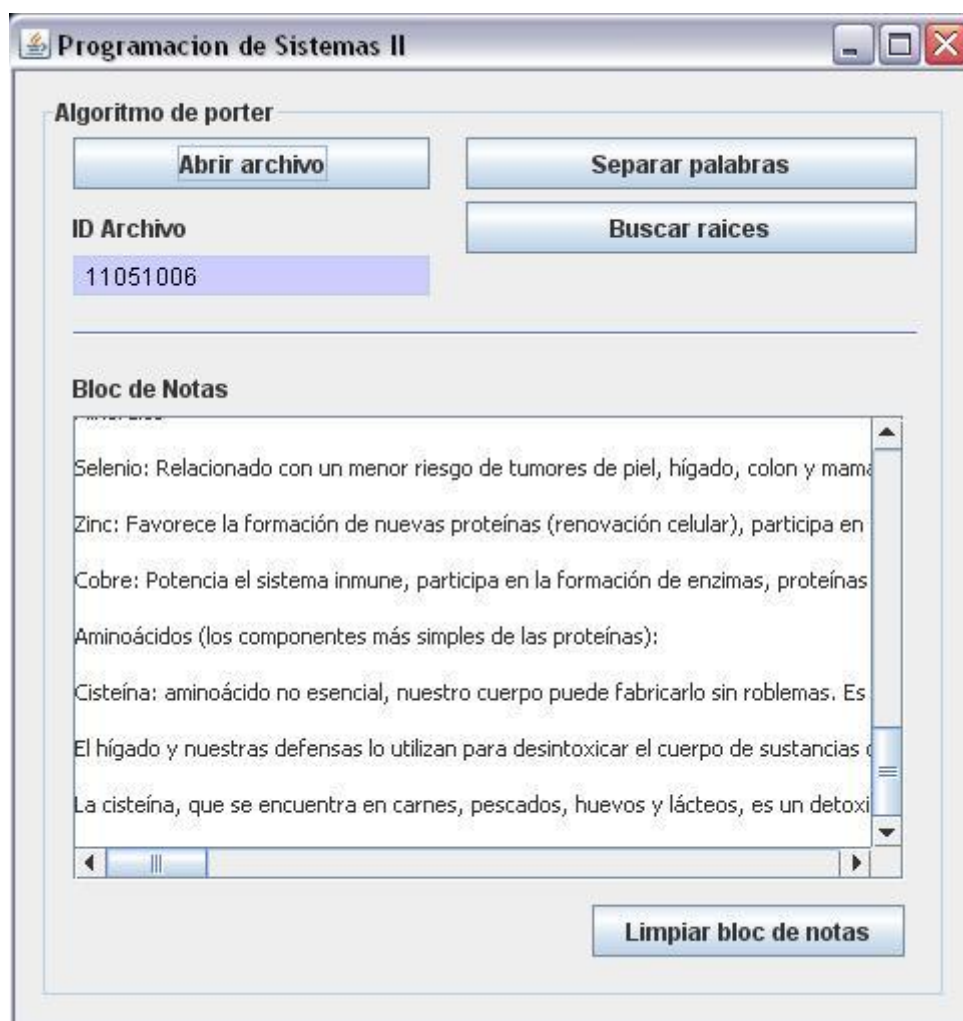


Figura 4. Archivo cargado e id de archivo asignado.

Como tercer paso en el desarrollo del algoritmo de Porter se utiliza la clase `Stemm_es` para obtener las raíces de cada palabra almacenada en el arreglo de cadenas creado mediante la clase `Split_es`.

Cada palabra es tratada de forma individual, como primer paso se obtiene su longitud, se crean índices para poder dividirla en regiones siguiendo tres reglas de la real academia de la lengua española, para que de esta forma estas regiones sean comparadas con una lista de sufijos previamente almacenados en arreglos de cadenas de caracteres con lo que se obtiene finalmente la raíz requerida, los acentos son eliminados mediante una función `removeAccent` además de incluir también acentos en los sufijos previamente almacenados para realizar las comparaciones y eliminaciones.

Una vez obtenida la raíz esta es almacenada en la tabla correspondiente a la primer letra que contenga la raíz y se contabiliza el número de repeticiones, en caso de ser la primera vez que se ingresa la raíz a la tabla se coloca el número uno, y si ya existe un `id_lex` además de un `id_arch` en la tabla se incrementa el campo `frec` en una unidad.

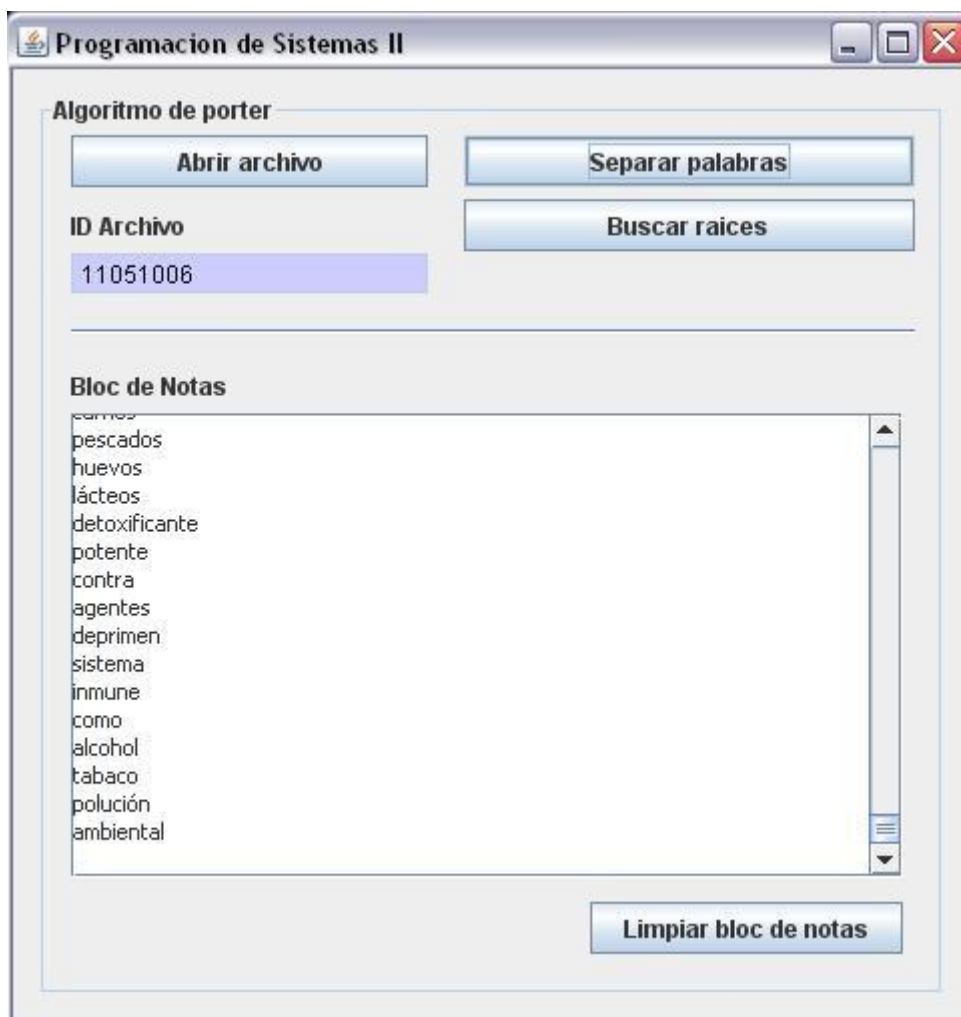


Figura 5. Palabras separadas.

Se aprovecho la ventaja que posee la base de datos para mostrar resultados de coincidencias de los campos id_lex, id_arch y lex para incrementar el campo freq en las tablas correspondientes cuando es necesario. El resultado se muestra en la Fig. 6. Para el caso del almacenamiento en la tabla "n_" se colocó un caso especial para buscar la letra correspondiente "ñ" en el inicio de la raíz que se desea almacenar y de esta forma colocarla en la tabla correspondiente. Al terminar el tratamiento de todas las palabras del arreglo de cadenas se muestra automáticamente el resultado de la búsqueda de raíces en el apartado del bloc de notas.

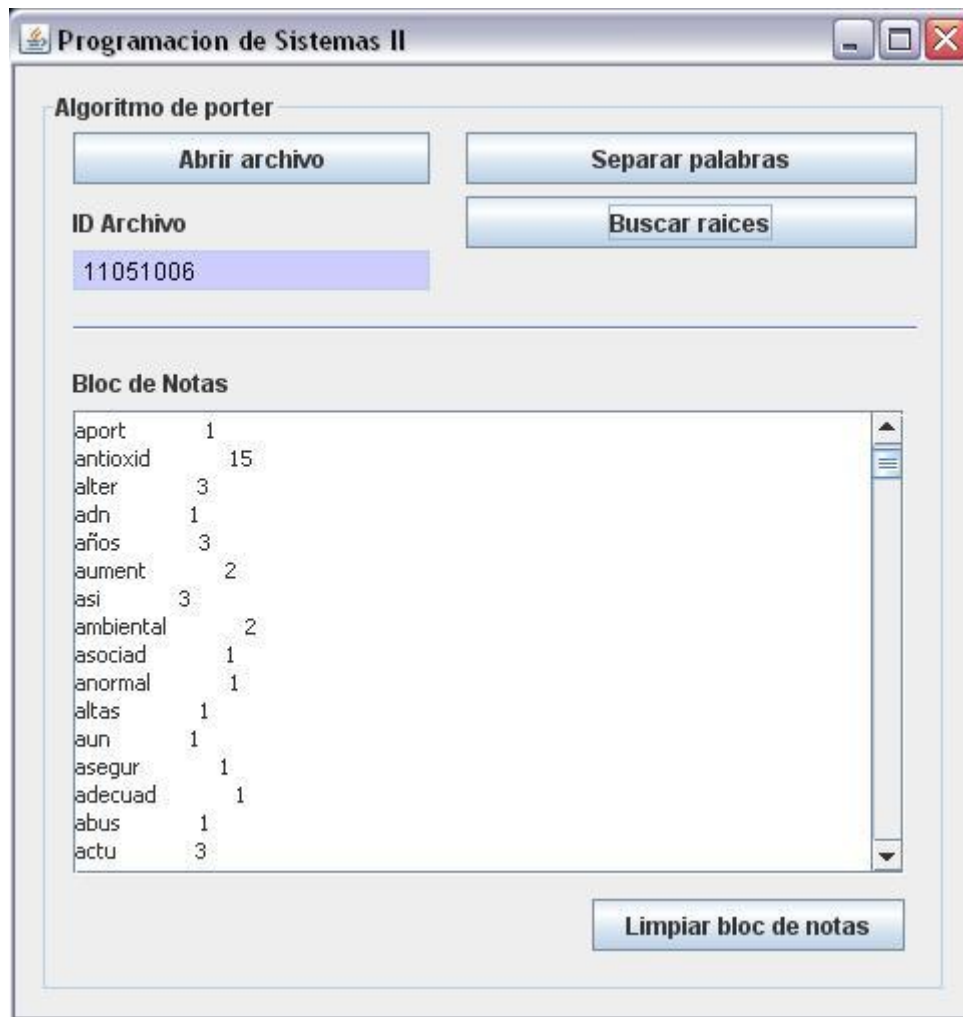


Figura 6. Resultado final del almacenamiento de palabras.

4. CONCLUSIONES

La realización de esta investigación nos permitió conocer algunos métodos por medio de los cuales el hombre ha buscado la forma de automatizar las actividades que realiza logrando mayor rapidez y eficiencia en ellas.

Desde la creación de la lengua castellana, los cambios que sufrió a través del tiempo, conociendo con esto las reglas generales que se deben seguir para hablar y escribir correctamente las palabras, pasando por el desarrollo de las ciencias que se encargan de investigar los orígenes, desarrollo y reglas que rigen nuestra lengua; hasta llegar al

procesamiento del lenguaje natural conociendo algunas técnicas empleadas para llevar a cabo estas tareas.

El desarrollo de la interfaz de usuario nos permitió conocer con mayor profundidad el lenguaje "HiperText Markup Language" (HTML) en el cual fue desarrollada la interfaz de usuario del sistema, además de utilizar el lenguaje de programación Java para diseñar las clases que son empleadas por algunas partes de este, y la combinación de ambos lenguajes utilizando "Java Server Pages" (JSP) utilizadas para el acceso a la base de datos y el manejo de la interfaz de usuario.

La ventaja de utilizar lenguajes de programación y una base de datos como MySQL, las cuales no requieren la compra de licencias de software para su uso, permitió ahorrar recursos en la compra de los mismos.

Por último el sistema desarrollado será capaz de agilizar las actividades concernientes al almacenamiento y búsquedas de documentos de titulación en el Departamento de Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Toluca.

5. TRABAJOS FUTUROS

Mantener en funcionamiento y monitoreo el sistema desarrollado es importante para el buen funcionamiento del mismo, además de que la programación modular que posee permite modificar o anexar nuevos módulos que el usuario requiera de acuerdo a sus necesidades como por ejemplo generación de reportes específicos, podría ser una opción para trabajos futuros.

Abordar las investigaciones restantes sobre lematización de documentos comparar su eficiencia y rapidez para realizar esta tarea, elegir el mejor método y aplicarlo al sistema es una buena opción para investigaciones futuras.

Simplemente anexar opciones para elegir el criterio de "Stemming" dentro de la interfaz, agregando un criterio dentro de la base de datos para saber bajo qué criterio fue procesado es otra buena opción de investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [BARRIENTOS 2007] Antonio Barrientos, Fundamentos de Robótica, España:Mcgrawhill 2007
- [COSTA 1995] Carballo, Carlos da. Introducción a la Informática Documental: Fundamentos Teóricos, Prácticos y Jurídicos. Madrid: Síntesis, S.A., 1995.
- [FAYYAD 1996] U.M.; PIATETSKY SHAPIRO G.; SMYTH P. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases
- [GROLIER, 1987] Enciclopedia Autodidactica Quillet, Tomo I, Cumbre S.A., Grolier Internacional, México 1986.
- [QUESADA 2000] José Francisco Quesada Moreno, José Gabriel de Amores Carredano,2000. Diseño e implementación de sistemas de traducción automática
- [LEZCANO 2004] Mateo. "Procesamiento de Lenguaje Natural", Conferencia presentada en el Instituto Tecnológico de Toluca, Febrero, 2004.
- [LÓPEZ 2007] Benjamín López González "Categorización de textos en Español, utilizando el esquema de ponderación tf.rf" Tesis Maestría, Metepec, Estado de México ,2007.
- [MOLINA 2002], L.C. *Data mining*: torturando a los datos hasta que confiesen
- [CACEIDO Y PARRA 2007] Javier Caceido Espinoza y Gonzálo Parra Chico "MARCO DE TRABAJO PARA INDEXACIÓN, CLASIFICACIÓN Y RECOPIACIÓN AUTOMÁTICA DE DOCUMENTOS DIGITALES" Tesis de Grado, Guayaquil. Ecuador 2007
- [RICH 1994], E.; Knight, K. Inteligencia Artificial. Madrid: McGraw-hill, D. L., 1994.
- [R. STUART 1996] y P. Norving: "Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno", Prentice Hall, México, 1996.

[SECO 2009] Diego Seco Naveiras. "Técnicas de Indexación y Recuperación de Documentos Utilizando Referencias Geográficas y Textuales" Tesis Doctoral, Coruña 2009
[TURING 1950] Alan, Computing machinery and intelligence, 1950.
[VALLEZ 2007] Mari Vallez y Rafael Pedraza-Jimenez. El Procesamiento del Lenguaje Natural en la Recuperación de Información Textual y áreas afines [en línea]. "Hipertext.net", núm. 5, 2007.
<http://www.hipertext.net>

MICTLAN OBJETOS

M. en C. Mauro Sánchez Sánchez, Jorge Antonio Manilla Derbez
Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Ex Rancho La Virgen Metepec, México, C.P.
52140, tel. 722 2 08 72 16, jorge_derbez_1@hotmail.com, jorgederbez1@gmail.com

RESUMEN

Actualmente, la orientación a objetos es considerada el paradigma de desarrollo para soluciones de sistemas computacionales. Al hablar de este paradigma implica tener presente que el Lenguaje Unificado de Modelado (UML, por sus siglas en inglés, Unified Modeling Language) juega un papel muy importante, debido a que es el lenguaje de modelado para sistemas de software más conocido y utilizado en estos días, ya que permite analizar, diseñar, construir y documentar un sistema.

Por esta razón se presenta Mictlan Objetos, una herramienta que permite a los usuarios inmersos en el área de la informática adentrarse al paradigma orientado a objetos por medio de su utilización, ya que facilita su proceso de abstracción para la generación de los diagramas UML y la codificación de los mismos.

ABSTRACT

Nowadays, the object orientation is considering the develop paradigm for computational systems solutions. To talk about this paradigm is necessary consider that the Unified Modeling Language (UML) is really important, because this is the most known and useful modeling language for software systems, it allows to analyze, design, build and document a system.

For this reason, MICTLAN OBJETOS is introducing as a tool who allows the computing users get involved with the object oriented paradigm at the moment they are using this, because this tool makes easier their abstraction process for the UML diagrams generation and their codification.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

UML es sin duda alguna, una de las herramientas más eficaces para plasmar las ideas del cliente a través de símbolos que son interpretados por los diseñadores y programadores bajo un mismo paradigma, representando en gran detalle las actividades que cada proceso debe llevar a cabo; los diagramas de UML son fundamentales para concretar el desarrollo de una aplicación Software, cada uno detalla información que los programadores deben implementar al momento de la codificación, tal es el caso del diagrama de Clases, que detalla la información de las clases que serán utilizadas con sus propiedades y métodos referidos en dichos diagramas.

En otros términos, así como en la construcción de un edificio se realizan planos previo a su construcción, en el software se debe realizar diseños en UML previo a la codificación de un sistema, ahora bien, aunque UML es un lenguaje, éste posee más características visuales que programáticas, mismas que facilitan a integrantes de un equipo multidisciplinario participar e intercomunicarse fácilmente, siendo estos integrantes los analistas diseñadores, especialistas de área y desde luego programadores.

En el mismo ámbito, el equipo de trabajo busca aplicar diversos principios de abstracción para dividir la magnitud del problema en módulos, o partes, manejables. Lo anterior hace referencia al principio básico del paradigma orientado a objetos, el cual facilita la codificación de cualquier aplicación software sin importar lo simple o compleja que ésta sea, dejando de lado a la programación estructurada y permitiendo la reutilización de código.

1.2. Definición del problema

En la actualidad el paradigma orientado a objetos es la base para la realización de cualquier sistema por muy pequeño que sea, y al hablar de este paradigma, es necesario tener en mente que UML permite realizar un correcto modelado de dicho sistema.

La problemática radica en que la mayoría de las ocasiones muchas personas sólo programan sin haber hecho un modelado previo a su sistema, incluso, sin contar con el paradigma adecuado para realizarlo, debido a que se carece del conocimiento suficiente acerca de cómo llevar a cabo un proceso de abstracción para determinar clases, propiedades y métodos.

Por esta razón es necesario contar con una herramienta que les permita a los usuarios comprender de manera más sencilla el paradigma orientado a objetos, así como realizar fácilmente el modelado para cualquier sistema software con ayuda de UML.

1.3. Justificación

Actualmente no existe ninguna herramienta que facilite al usuario común y al programador plasmar en diagramas UML las necesidades presentes en su sistema computacional, con la finalidad de poder tener un correcto análisis y seguimiento del mismo, de tal forma que, al momento de programarlo, se tenga la certeza de que el camino que se está siguiendo es el adecuado.

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1. Programación Orientada a Objetos

Dentro de la obra realizada por Booch[1], se define a la Programación Orientada a Objetos (POO) como un método de implementación donde los programas se componen de colecciones de objetos, los cuales representan una instancia en una clase, mismas que pertenecen a una jerarquía de clases unidas mediante relaciones de herencia.

De esta forma, un objeto contiene toda la información que permite definirlo e identificarlo frente a otros objetos pertenecientes a otras clases e incluso frente a objetos de una misma clase, al poder tener valores bien diferenciados en sus atributos. A su vez, los objetos disponen de mecanismos de interacción llamados métodos que favorecen la comunicación entre ellos. Esta comunicación favorece a su vez el cambio de estado en los propios objetos. Esta característica lleva a tratarlos como unidades indivisibles, en las que no se separan ni deben separarse el estado y el comportamiento [2].

Los métodos (comportamiento) y atributos (estado) están estrechamente relacionados por la propiedad de conjunto. Esta propiedad destaca que una clase requiere de métodos para poder tratar los atributos con los que cuenta. El programador debe pensar indistintamente en ambos conceptos, sin separar ni darle mayor importancia a ninguno de ellos, hacerlo podría producir el hábito erróneo de crear clases contenedoras de información por un lado y clases con métodos que manejen a las primeras por el otro. De esta manera se estaría realizando una programación estructurada camuflada en un lenguaje de programación orientado a objetos [2].

2.2. UML

Al tratar de interpretar un problema computacional, es necesario tener un concepto visual que nos permita entenderlo, y así, llegar a su solución, para eso es necesario el uso de un lenguaje que nos permita manejar diagramas como el de Lenguaje Unificado de Modelado.

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) es un lenguaje de modelado visual que es utilizado para especificar, visualizar, construir y documentar artefactos de un sistema de software. Este lenguaje permite establecer decisiones y conocimiento sobre los sistemas que se deben construir. UML se usa para entender, diseñar, hojear, configurar, mantener y controlarla información sobre tales sistemas. De igual forma, UML se puede utilizar para dibujar diagramas de un dominio del problema, un diseño del software propuesto o una implementación de un software ya completado, tomando en cuenta todas las etapas del ciclo de vida del mismo [3], [4].

Dentro de los diagramas propuestos por UML para el diseño y modelado de los sistemas software se encuentran los Diagramas de Clases y los Diagramas de Casos de Uso.

En la Ingeniería del Software, un diagrama de clases es un tipo de diagrama estático que describe la estructura de un sistema mostrando sus clases, atributos y las relaciones entre ellos.

Los diagramas de clases son utilizados durante el proceso de análisis y diseño de los sistemas, en él se describe el diseño conceptual de la información que se manejará en el sistema, y los componentes que se encargarán de su funcionamiento [3].

Un diagrama de casos de uso es una representación gráfica de una parte o del total de los actores (entorno del sistema) y los casos de uso del sistema (funcionalidad principal), incluyendo sus interacciones. Por lo tanto, un diagrama de casos de uso muestra los distintos requisitos funcionales que se esperan de una aplicación o sistema [4].

La importancia de los diagramas de casos de uso radica en que con ellos es posible visualizar, especificar, y documentar el comportamiento de un elemento; de igual forma, permite modelar el comportamiento de un sistema, un subsistema o una clase para presentar una vista exterior de cómo estos elementos pueden ser usados dentro del contexto [5], [3].

3. ¿QUÉ ES MICTLAN OBJETOS Y CÓMO FUNCIONA?

Mictlan Objetos es un sistema que consta de etapas de desarrollo de habilidades para lograr un aprendizaje íntegro, estructurado y progresivo para adentrarse al paradigma orientado a objetos, y está orientado para estudiantes de carreras afines al desarrollo de software, como a todo tipo de público esté interesado a incursionarse en el desarrollo de sistemas computarizados.

Mictlan Objetos le presenta al usuario una herramienta que le permite introducir una narrativa de proceso en un lenguaje conocido por él, como lo es el español, y a través del proceso de esa narrativa, le permite generar diagramas UML dando solución a su problemática; y con ello, le facilita la comprensión del principio básico del funcionamiento de UML.

Las etapas de este sistema se centran en el análisis de la narrativa de proceso introducida por el usuario, y que pertenece al sistema que éste pretende realizar; posteriormente el usuario reconoce las propiedades y métodos de cada clase que se va generando, y que el mismo sistema reconocerá para poder generar diagramas de clases y de casos de uso.

El Sistema Mictlan Objetos cuenta con una herramienta que evita la duplicidad de clases, haciendo más eficiente su uso, lo que le permite al usuario tener la certeza de cómo realizar de forma adecuada el sistema que pretenda desarrollar. Este proyecto ayuda a crear un conocimiento sólido y a desarrollar una gran destreza en el ámbito de programación orientada a objetos por medio de una interfaz amigable encaminada a todo tipo de usuarios.

A continuación se detallan las interfaces y las formas de operación de Mictlan Objetos:

1. En la siguiente figura se muestra la interfaz principal del sistema Mictlan Objetos (Figura 1).

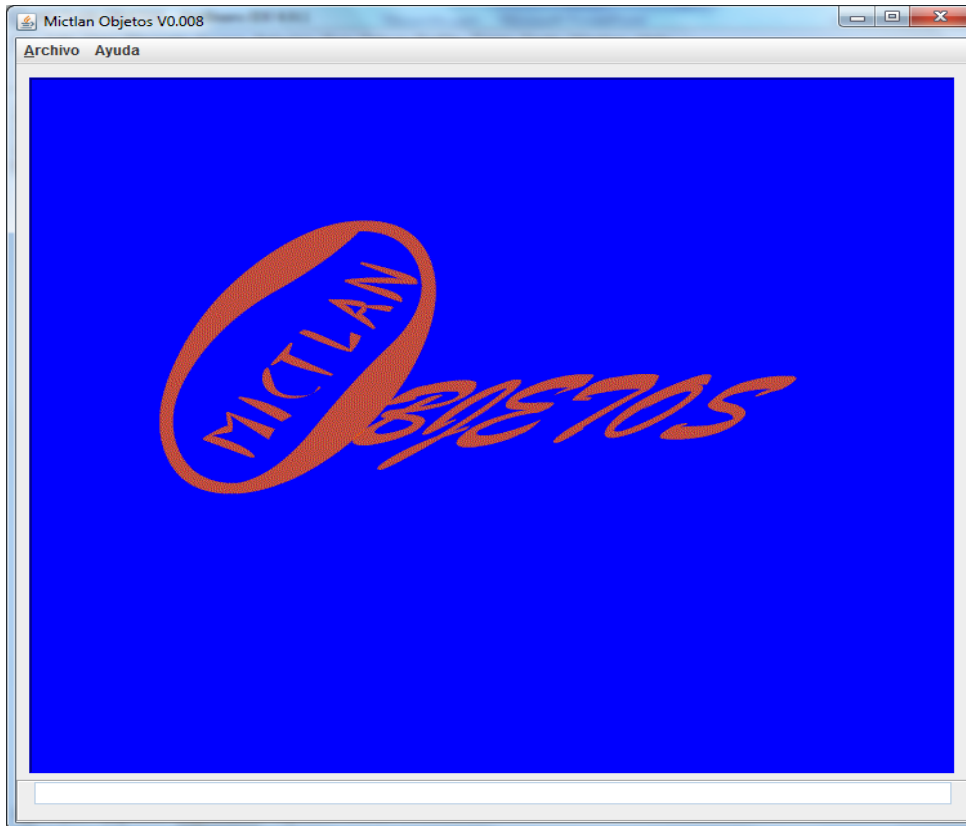


Figura 1. Interfaz Principal del sistema Mictlan Objetos

2. En la siguiente figura se muestra el proceso de proyectos. En la primera parte señalada con un marco, hace referencia a la creación de un nuevo proyecto, para el cual se debe colocar el nombre del mismo. En la segunda parte señalada, se enlistan los proyectos existentes por si el usuario final desea abrir uno de ellos (Figura 2).

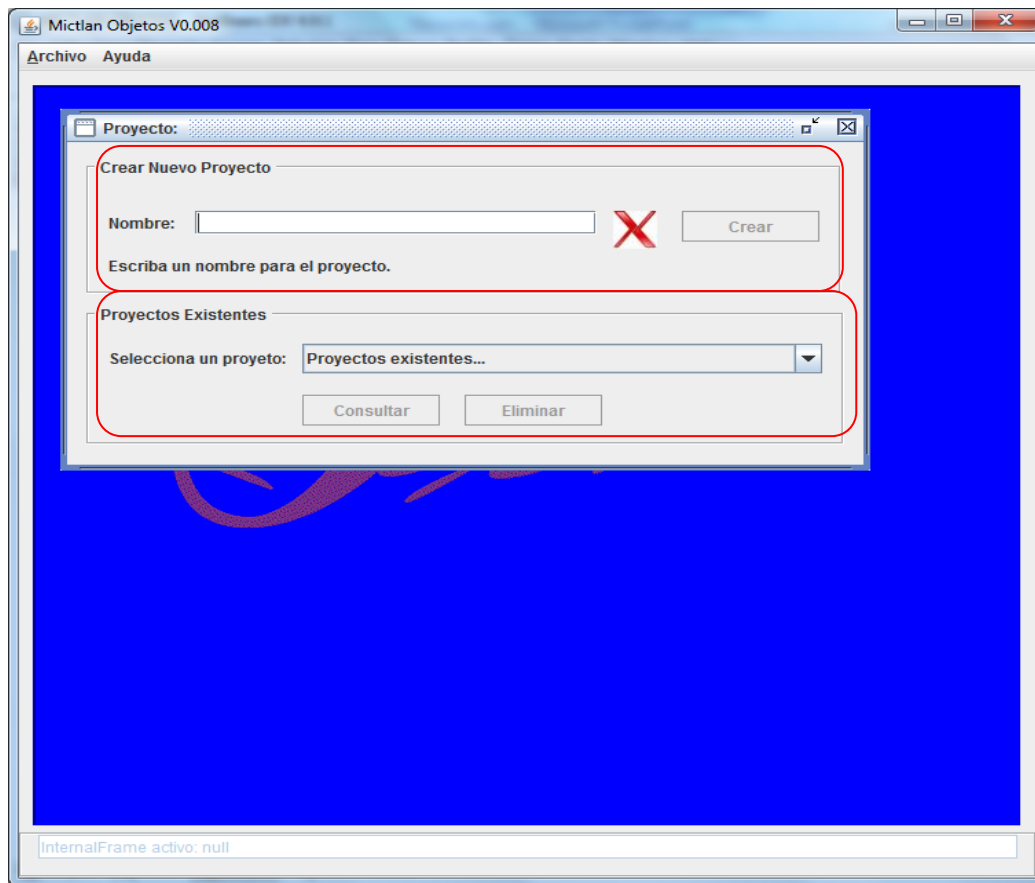


Figura 2. Creación de un nuevo proyecto o selección de un proyecto existente.

3. En la figura siguiente, en la primera parte seleccionada, se muestra el apartado del sistema para introducir el nombre de cada uno de los procesos del proyecto que creó el usuario o que haya abierto. En la segunda parte seleccionada, el usuario selecciona de una lista de procesos existentes alguno que creó con anterioridad.

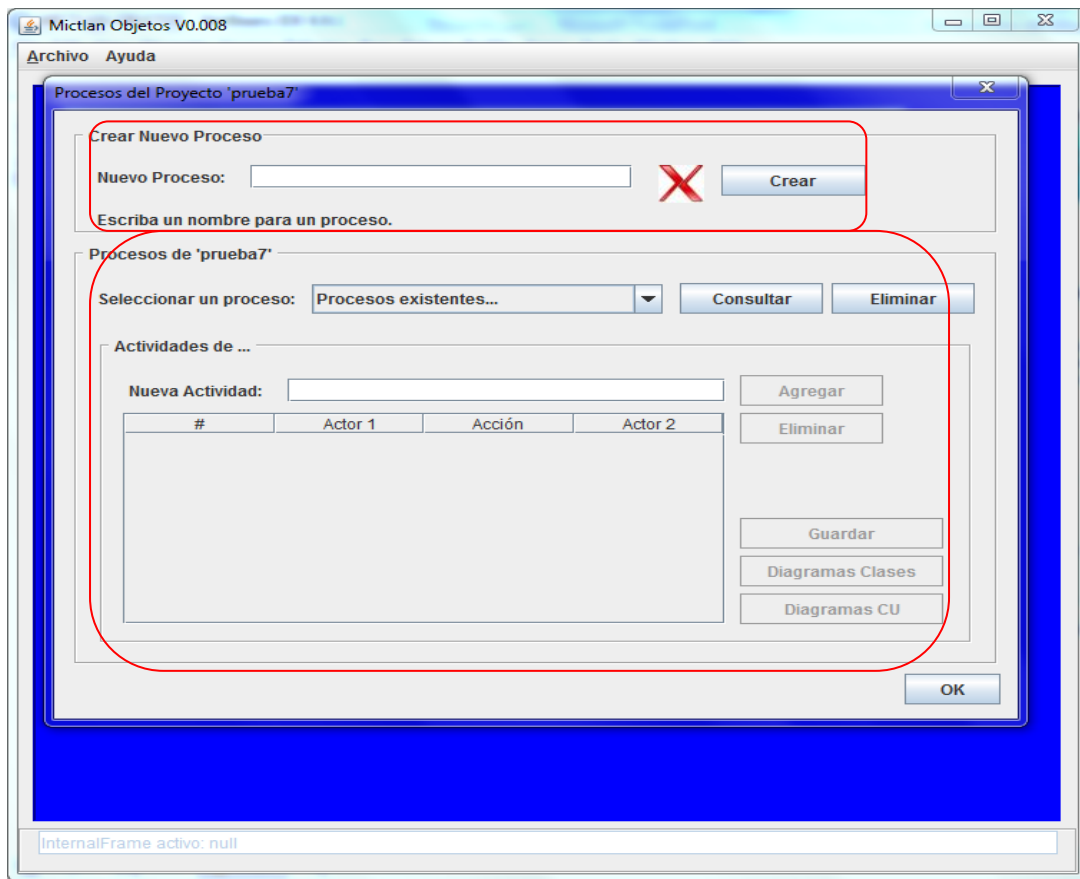


Figura 3. Creación o selección de un proceso.

4. En la siguiente figura se puede apreciar la manera en la que el usuario introduce las diversas actividades pertenecientes a un determinado proceso (narrativas de proceso), y las opciones para agregar una nueva, para eliminar una existente o simplemente para guardarla.

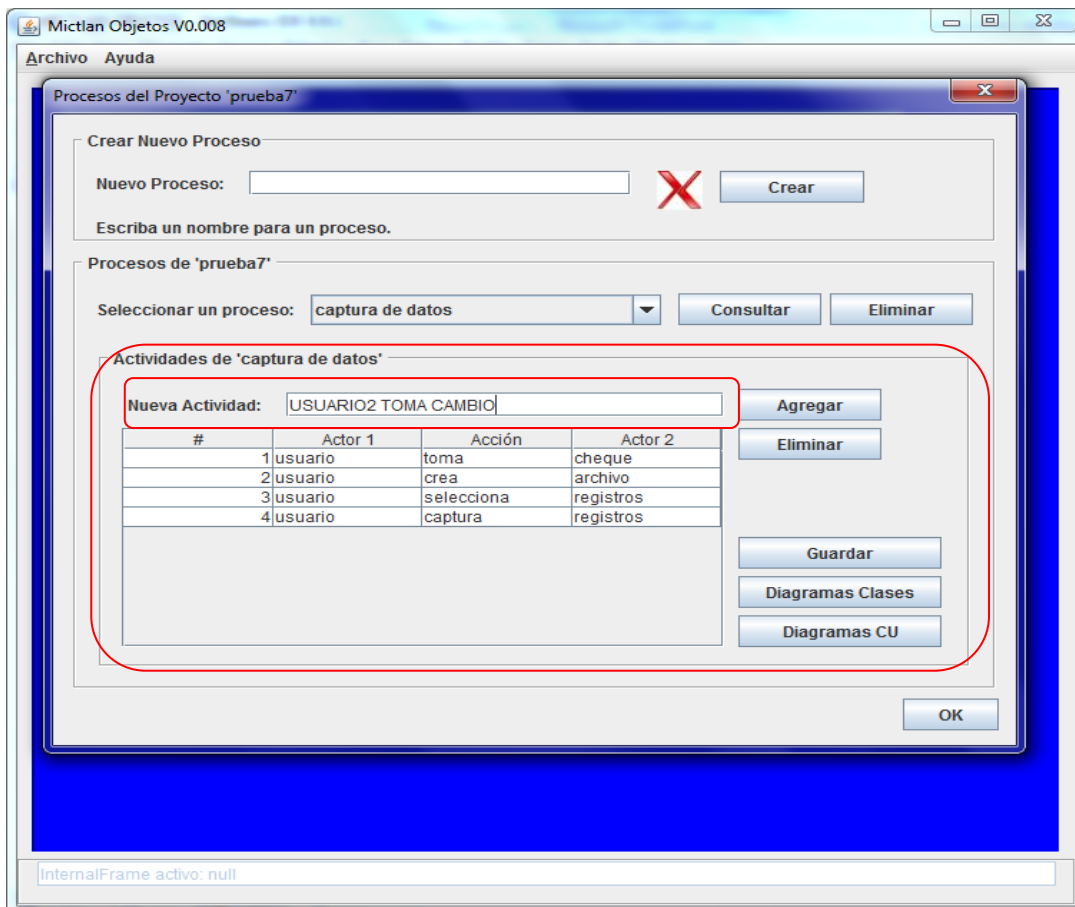


Figura 4. El usuario captura la narrativa de proceso.

5. Una vez introducida la narrativa de proceso, el sistema procede a realizar el análisis léxico de la misma, con la finalidad de separar cada una de las palabras, reconocer y eliminar aquellas palabras que no forman parte de la entrada al Algoritmo de Porter en español (palabras vacías). Para que una palabra sea tomada en cuenta como palabra vacía, debe estar incluida en la lista de palabras que propone Vilares, incluida en el trabajo de López [6]. Después de que el sistema eliminó las palabras vacías, los dos sustantivos formarán parte de la entrada para el Algoritmo de Porter, el cual permitirá extraerles su raíz, y para que más tarde el usuario determine si esos sustantivos son o no una clase (primera parte seleccionada), y en caso de serlo, ingresar los atributos de cada una de ellas (segunda parte seleccionada) como lo muestra la figura siguiente.

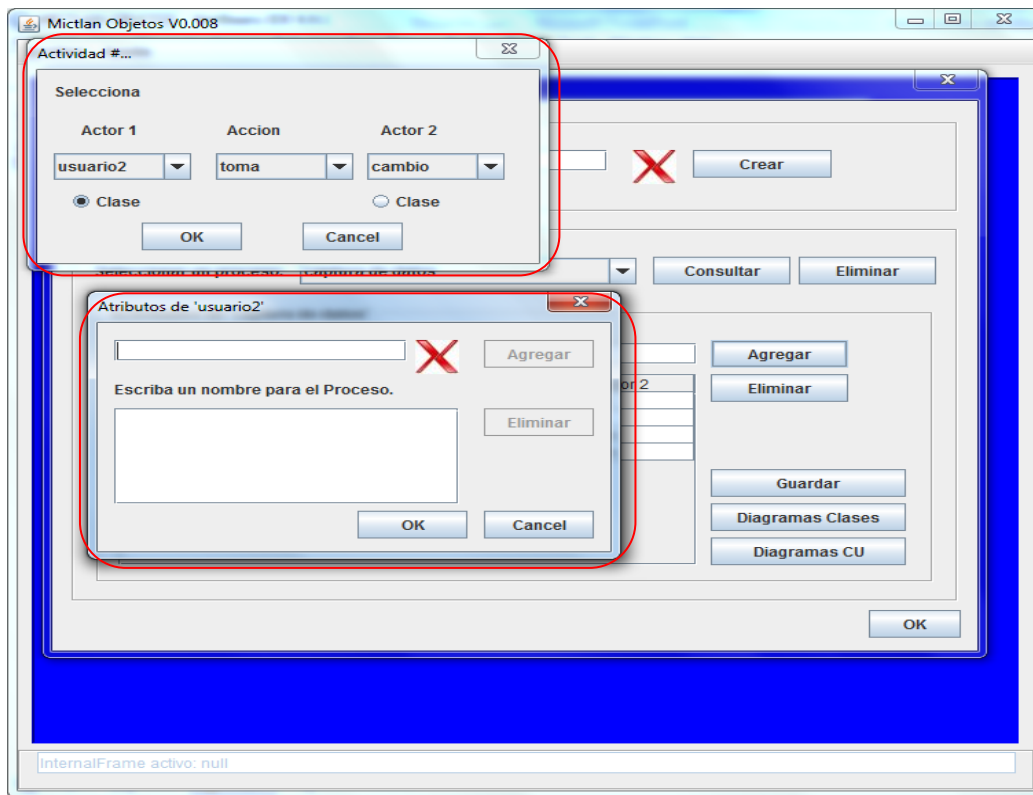


Figura 5. Selección de las clases o propiedades pertenecientes a un proceso.

6. Finalmente, el usuario elegirá que diagrama que desee apreciar, ya sea el diagrama de objetos, o el diagrama de casos de uso, como lo indica la parte seleccionada de la siguiente figura.

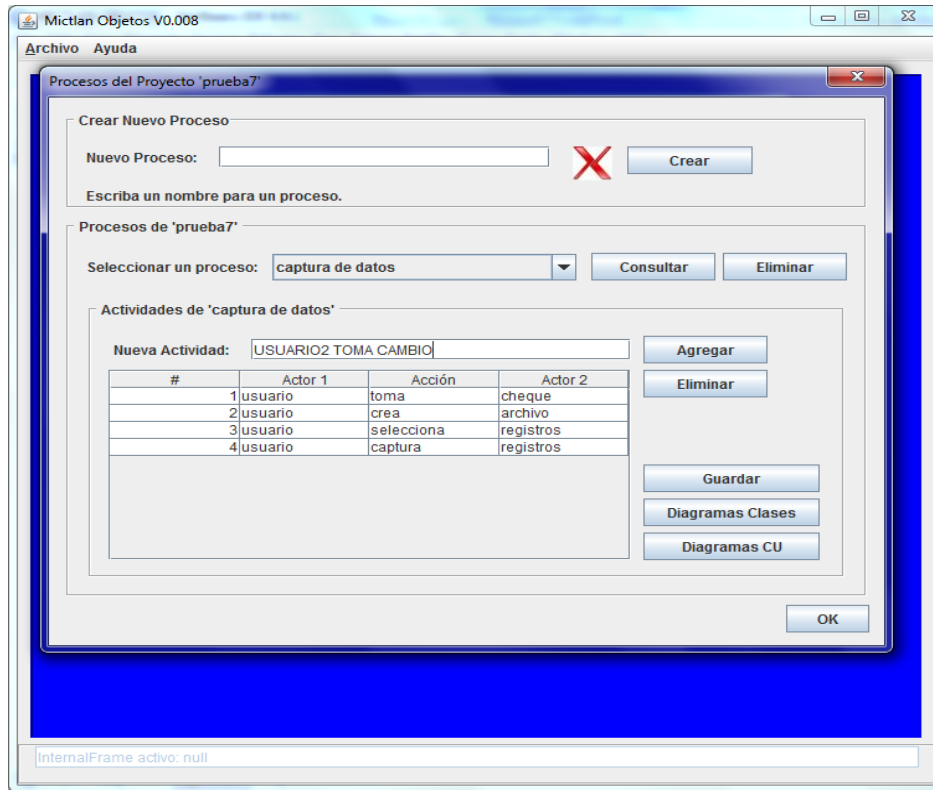


Figura 6. Selección de los diagramas de clases y/o de casos de uso.

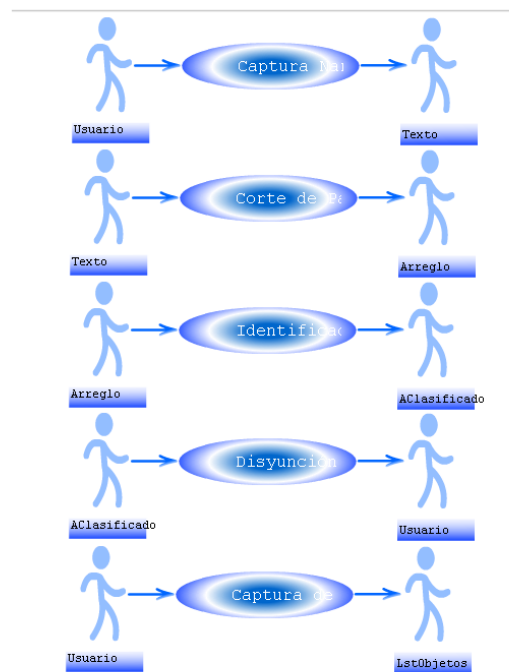


Figura 7. Diagrama de casos de uso generado por Mictlan Objetos.

4. CONCLUSIÓN

La aplicación software Mictlan Objetos le permite a sus usuarios entender la forma en cómo deben de modelar sus sistemas con ayuda de diagramas UML, y de qué manera debe ser empleado el paradigma orientado a objetos para la codificación de los mismos; evitando con ello que los usuarios se dedique a programar sin sentido y sin tener un modelo bien estructurado del sistema computacional que pretendan realizar que seguir.

REFERENCIAS

- [1] Booch, Grandy: *Análisis y diseño orientado a objetos con aplicaciones*, 2ª edición. (Ed. Addison-Wesley), (1995).

- [2] Craig Larman. *UML y patrones*. (Ed. Prentice Hall), Madrid, (2002).

- [3] J. Rumbaugh, I. Jacobson, G. Booch: *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia*. (Ed. Pearson Educación, S.A.), Madrid, (2000).

- [4] Martin, Rober C.: *UML para programadores java*. (Ed. Pearson Educación, S.A.), Madrid, (2004).

- [5] Larman, Craing: *UML y Patrones, Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y el proceso unificado*. 2ª Edición. (Ed. Pearson Educación, S. A.), Madrid, (2003).

- [6] López González, Benjamín. *Categorización de textos en español, utilizando el esquema de ponderación tf.rf*. Tesis de Maestría en Ciencias, en Ciencias Computacionales. Instituto Tecnológico de Toluca. (2007).

“OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE INTERÉS CONTENIDA EN CHEQUES A PARTIR DE SU IMAGEN DIGITAL”

Mauro Sánchez Sánchez, Juan Omar Ramírez Arellano, Benjamín López González, Roberto Cano Rojas, Andrea Nájera Ávila.
Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Ex Rancho La Virgen Metepec, México, C.P. 52140, tel. 722 2 08 72 16
djneo.imix@gmail.com, msanchez,blopez,rcano,anajera@ittoluca.edu.mx

Resumen

Se puede considerar que la captura automatizada de documentos en formato de imagen consta de 2 principales componentes.

El primero de dichos componentes consiste en digitalizar el documento para obtener una representación de él en formato de imagen digital, para que pueda ser tratado por los algoritmos de computadora que sea necesario; el segundo es la interpretación misma de la imagen para obtener los caracteres alfanuméricos que representan a la información final que se desea obtener, lo cual es comúnmente llamado Reconocimiento Óptico de Caracteres.

En general cada uno de los pasos que se deben llevar a cabo para el análisis de documentos en formato de imagen digital son: pre-procesamiento de la imagen, extracción o separación de los campos donde se encuentra la información e interpretación de los datos.

Para el presente proyecto no es de gran importancia tratar la parte relacionada con la digitalización de la imagen, debido a que la meta al finalizar el proyecto es ofrecer una solución con la que, ya con el conjunto de imágenes previamente transformadas en un archivo de imagen digital, se obtenga el resultado esperado.

Abstract

It can be considered that automated capture for documents consists of 2 main components.

First the document has to be scanned in order to obtain a digital representation of it, and then process that document by computer algorithms as needed. Secondly is the processing itself, as it will give as result the alphanumeric characters that represents the information we need; It is generally called Optic Character Recognition.

There are some steps that are required to analyze documents on its digital form, they are: Pre-processing, data extraction and data interpretation.

For this project it is no important to explain the whole scanning process, because the aim of the project is to offer a software that, once given the scanned images, give the expected result.

1 FUNDAMENTOS

1.1 Imágenes Digitales

1.1.1 Definición

La definición de lo que es una imagen suele variar bastante entre los distintos autores, aunado a esto la definición también cambia en base al ramo sobre el cual se trabaja (diseño gráfico, graficación por computadora, tratamiento de imágenes, entre otros); pero debido a la naturaleza del presente trabajo en el cual el objetivo es tomar la representación digital de un cheque para ser interpretada y así obtener información de la misma, se opta por tomar la definición en la que autores como González, Pratt y Schalkoff coinciden[1][2][3]:

Imagen digital: Función de 2 dimensiones $f(x,y)$ generada de la captura de una escena por medio de algún dispositivo, donde las variables “x” y “y” son coordenadas espaciales relacionadas con la localidades físicas del dispositivo de captura.

Tomando en cuenta la definición anterior se puede considerar, en un lenguaje simple, a una imagen digital como un conjunto de puntos que en grupo ayudan a representar imágenes del mundo real así como imágenes creadas por computadora. Dichas coordenadas o puntos son llamados pixeles.

1.1.2 Estructura de una imagen

Un pixel es la porción más pequeña de una imagen, y en él se define tanto el color como el brillo [1], que son las 2 propiedades básicas de esta unidad y estas propiedades son representadas por diferentes valores que por lo general van desde 8 hasta 24 bits y por medio de las cuales se pueden representar desde una imagen de alta calidad en escala de grises (8 bits) hasta una imagen capaz de contener más de 16 millones de colores (24 bits). Para el caso de las imágenes en color de alta calidad es posible representar tal cantidad de colores debido a que para cada uno de los tres colores primarios (Rojo, Verde y Azul) se utilizan 8 bits para indicar en qué cantidad interviene cada uno de ellos para ser mezclado y mostrar tal cantidad de colores; tantos colores son posibles de representar debido a que los 3 colores básicos en formato de 8 bits para cada uno de ellos son capaces de ofrecer 256 tonalidades (0-255).

Un archivo de imagen digital puede ser guardado con diferentes formatos como lo es BMP, JPG, TIFF, PNG, GIF, entre otros; sin embargo el formato de archivo más utilizado es el BMP, debido a que la información de los pixeles se encuentra intacta, es decir, la imagen se encuentra tal y como fue capturada o creada a diferencia de sus similares que por lo general son formatos que aplican algoritmos de compresión y/o filtrado sobre la imagen y que no es necesariamente de ayuda en aplicaciones de reconocimiento de patrones. Sin embargo una opción que ocupa poco espacio en disco, y a la vez no compromete las propiedades de la imagen original es el formato JPG; debido a esto se pretende usar dicho formato en el desarrollo del proyecto.

1.2 Reconocimiento Óptico de Caracteres

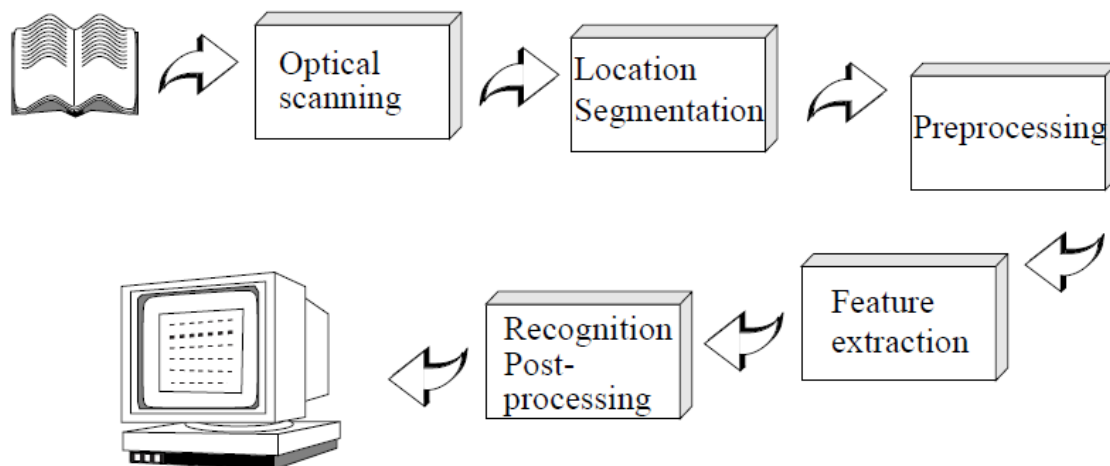
1.2.1 ¿Qué es?

El Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR por sus siglas en inglés) es una herramienta que es necesaria cuando la información debe ser comprendida tanto por personas como computadoras [4].

Para que un sistema de OCR funcione adecuadamente, primeramente es necesario “entrenarlo” para que pueda tener una base sobre la cual hacer las comparaciones de las letras y poder dar una respuesta satisfactoria. El entrenamiento por lo general consiste en mostrarle ejemplos de los caracteres que se desea sean reconocidos, y basados en estos ejemplos se forma un conjunto de prototipos o descripciones que correspondan a cada una de las letras; posteriormente, durante el proceso de reconocimiento los caracteres desconocidos son analizados y comparados con las descripciones antes obtenidas y asignados a la clase que mejor se parezca.

Dependiendo del tipo de sistema OCR con que se trabaje, este puede estar compuesto de ciertas partes que son indispensables, como se observa en la figura 1[4], para que su funcionamiento sea correcto.

Figura 1



Como se puede apreciar los pasos deben ser ejecutados de forma secuencial debido a las operaciones que se llevan a cabo en cada uno de ellos; su funcionalidad se detalla a continuación.

- Escaneo óptico: Es donde todo inicia, dado que en este paso la información de un documento escrito es transformada en un archivo de imagen digital.
- Localización y segmentación: Una vez digitalizada la información se procede a analizar la imagen para poder detectar que áreas de la misma pueden o no ser consideradas como caracteres.
- Pre-procesado: Ya que se conoce el lugar donde se encuentran los caracteres se procede a hacer una “limpieza” de las regiones deseadas, esta limpieza consiste en la eliminación de ruido, alineamiento y mejora de la imagen así como para asegurarse que cada una de las regiones que contiene a los caracteres sea de un tamaño lo más uniforme posible.
- Extracción de los datos: El objetivo de este paso es capturar las características de los caracteres y es donde se aplica propiamente el reconocimiento de patrones. Una de las mejores maneras de reconocer una letra es por su imagen rasterizada (compuesta por píxeles).
- Clasificación: Una vez obtenidas las características de los caracteres a partir de su representación en forma de imagen digital se procede a hacer una clasificación para saber finalmente que letra es la que se analizó.
- Post procesamiento: Este paso es opcional y depende de la complejidad con la que el sistema de OCR haya sido diseñado, pues implica análisis extra para poder ofrecer un mejor resultado de reconocimiento del texto contenido en una imagen digital.

La figura 2 muestra de una forma más detallada como es que se lleva a cabo el proceso de reconocimiento de una imagen digital; como se observa son incluidos algunos elementos más, como lo es la base de conocimiento, que para la problemática del proyecto es la parte en donde se encuentra la referencia de cómo están compuestos los caracteres, para posteriormente al momento de hacer el procesamiento se tenga un punto de comparación para llevar a cabo el reconocimiento de los mismos.

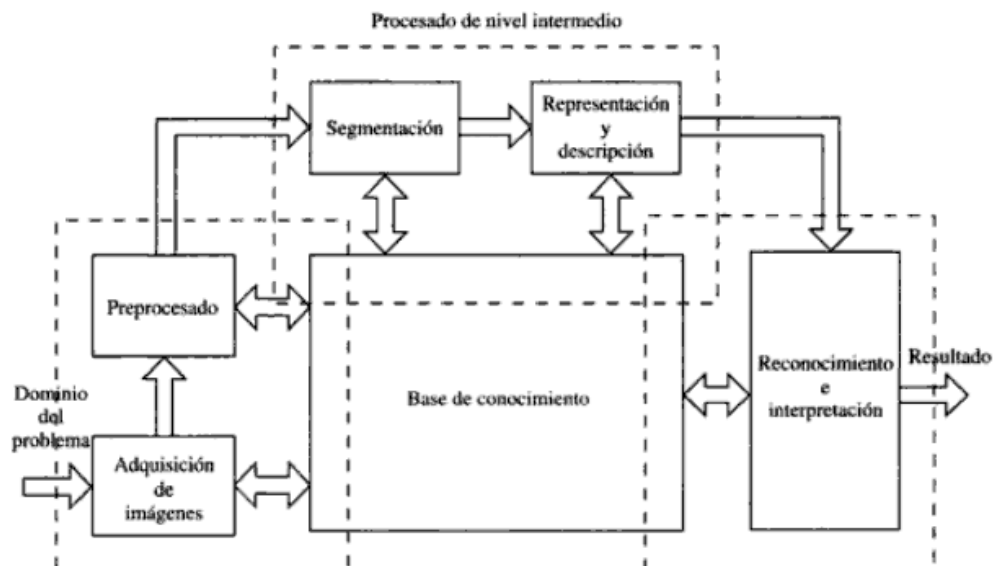


Figura 2

1.2.2 Aplicaciones del OCR

En el área del reconocimiento óptico de caracteres existe una gran variedad de aplicaciones comerciales que intentan satisfacer los requerimientos de diferentes usuarios, y dados estos requerimientos se puede observar que sobresalen tres aplicaciones generales que se intentan cubrir con el uso del OCR:

- Captura de datos: En esta área se abarcan las tecnologías que sirven de ayuda para capturar grandes cantidades de datos de interés, debido a esto las aplicaciones de OCR que caen en esta categoría fueron inicialmente utilizadas en bancos. Los sistemas OCR pensados para la captura de datos están delimitados a tipos específicos de caracteres para obtener los mejores resultados con la menor cantidad de errores posible. Al ser aplicaciones de uso específico el costo de este tipo de software es muy elevado y requiere de ciertos conocimientos avanzados en el área de computación e informática.
- Captura de textos: Por otro lado se tienen las aplicaciones dedicadas a la captura de grandes cantidades de texto, por organizada por ejemplo en párrafos, sin embargo al ser soluciones de uso general se tiene la desventaja de que al momento de hacer el reconocimiento de los caracteres haya confusiones al momento de acomodar las letras reconocidas con su respectiva clase dado que la comparación se debe hacer contra bastantes tipos de letra.
- Automatización de procesos: El tercer tipo de aplicación donde puede ser utilizado el OCR es la automatización de actividades, un ejemplo de lo antes mencionado es la utilización del reconocimiento de caracteres para leer direcciones de cartas de correo tradicional, en función de acomodar de forma automática en el espacio correspondiente para su entrega.

Además de las aplicaciones anteriores, se pueden también mencionar algunas otras que no son tan notables, pero que utilizan sistemas de OCR para poder funcionar; dichas aplicaciones son: ayuda para ciegos, lectores de placas de automóviles, cartografía automatizada, lectores de formularios, verificación de firmas.

2 PROBLEMÁTICA

La captura de gran cantidad de datos desde documentos, que para el caso del presente trabajo son cheques aunque no se debe descartar la posibilidad de su utilización con otro tipo de formulario impresos, representa algunos problemas para los sistemas de OCR comerciales debido a que estos analizan a las imágenes digitales en busca de texto acomodado en párrafos, así mismo el resultado del reconocimiento es arrojado en párrafos. Debido a lo antes mencionado es necesario optar por alternativas en cuanto al uso del OCR y optar por una solución en la que se permita la selección de áreas de interés y aplicarles reconocimiento de caracteres a un nivel básico, que es conocido como OCR por zonas.

Como ya se mencionó anteriormente, la captura de datos es reconocido como un área de aplicación del reconocimiento de caracteres y existen algunos ejemplos de software que es utilizado en instituciones bancarias o para llevar a cabo el control de documentos digitales, sin embargo las características con las que cuentan los hacen costosos y algunas veces difíciles de utilizar.

De esto se deriva algo que podría considerarse como una rama de las aplicaciones de OCR, y que es llamada "Análisis de Formularios". En el análisis de formularios el objetivo es segmentar el formulario en sus componentes básicos de texto, así como los campos que contienen dichos caracteres o palabras. El crecimiento en el ramo del análisis de formularios radica en que muchos de los documentos que requieren ser procesados son formularios, desde cheques hasta encuestas o incluso exámenes; los cheques, aunque de una manera simple, son un ejemplo de un formulario simple y así pueden nombrarse varios ejemplos, tomando en cuenta que en la mayoría de las organizaciones se utilizan formularios para llevar a cabo distintas operaciones.

Aquí es donde se observa la funcionalidad de los sistemas analizadores de formularios, los cuales ayudan a que con el mismo número de personal se puedan procesar mayores cantidades de información en menor tiempo. Existen distintas propuestas de métodos para llevar a cabo un análisis automatizado de formularios.

Existe un método que fue desarrollado por IBM para la captura de una gran variedad de formularios que contienen datos impresos [5], este proceso es nombrado Procesamiento Inteligente de Formularios (IFP por sus siglas en inglés), El IFP necesita una fase de entrenamiento en la cual se crea un modelo para cada formulario que necesita ser interpretado, posteriormente los formularios que contienen la información de interés, previamente escaneados, son comparados con el modelo de entrenamiento para posteriormente utilizar algoritmos especializados para extraer la información removiendo las líneas de un formulario de manera automática.

Existen también otro conjunto de técnicas que utilizan redes neuronales [6] tanto para el reconocimiento de los formularios, como para la extracción de los campos; estas técnicas son una combinación entre extracción de características y comparación de modelos.

Otro método que se puede utilizar para la extracción de información es reconocer como está estructurado un documento que se encuentre organizado en forma de tabla [7], lo cual se logra identificando las líneas que componen una tabla impresa tratando de eliminarlas para posteriormente aplicar alguna técnica OCR.

También se cuenta con un método que se basa en el conocimiento para identificar los formularios y así proceder a una captura automática de la información [8], la propuesta consiste de dos partes fundamentales, el diseño e implementación de un lenguaje de reconocimiento de formularios, y un programa de reconocimiento; con esto se espera que se puedan reconocer un sinnúmero de formularios sin importar el orden de entrada además de que el sistema será capaz de aprender para poder hacer el reconocimiento de una manera más eficiente.

También se puede utilizar un método para reconocer y extraer la información utilizando un formulario vacío como modelo para compararlo con una versión llena del mismo [10], el sistema al reconocer las diferencias entre el formulario vacío y uno contestado sabe cuál es la información que se necesita extraer.

3 DESARROLLO

Los métodos antes mencionados son ejemplos que se pueden utilizar para la extracción automática de formularios de forma automatizada, sin embargo al ser sistemas que requieren hacer operaciones complejas y en algunos casos ser entrenados para poder llevar a cabo su funcionamiento, y por lo mismo su costo suele ser muy elevado, lo cual los hace solo accesibles para grandes instituciones.

El método propuesto en este proyecto es mucho más sencillo que los anteriores y consta de dos pasos generales de pasos que son:

- Selección de las áreas con información de interés: al programa le presentará al usuario una imagen del cheque, en la cual se deberán seleccionar de manera manual (con el mouse de la computadora) las áreas de las cuales se requiere la información sea extraída. Cabe mencionar que las áreas de interés en los documentos no son específicas, dado que suelen variar dependiendo del uso que se le vaya a dar al proyecto.
- Aplicación de OCR: Una obtenida la posición de las áreas de interés dentro de la imagen se procede a aplicar OCR a cada una de ellas para obtener texto editable que será guardado en un documento de Excel, esto se hace imagen por imagen de manera secuencial.

Dentro de la selección de las áreas de interés, será necesario que se elija un archivo de imagen digital, sobre la cual se indicarán las posiciones de la información que se requiere extraer, para esto todas las imágenes que se deseen procesar en ese momento deberán ser lo más parecidas posible, para que las posiciones coincidan en todas, también se pedirá al usuario indique el nombre con el que se desea reconocer a cada una de las áreas ya que ese nombre será colocado en el archivo de texto editable resultante.

Para el caso de la aplicación de OCR, se utilizará un motor OCR ya existente desarrollado en el lenguaje de programación JAVA que ofrece la facilidad de ser entrenado para tipos de letra específicos y reducir así los errores de reconocimiento de caracteres.

Como se puede notar con el Presente proyecto se pretende hacer una implementación mucho más simple para poder hacer la captura automática de información de interés; para lograr lo antes mencionado se evitará el uso de herramientas de reconocimiento de formularios, dejando esta tarea para el usuario, quien se encargará de seleccionar manualmente que áreas requiere que sean capturadas. Más que desarrollar una aplicación muy grande, lo que se pretende hacer es proponer una solución que haga las funciones de captura de información de los ejemplos mencionados, pero de una manera mucho más sencilla para poder reducir el costo de implementación así como facilitar su uso.

Bibliografía

- [1] González, R.C. and Woods, R.E., *Tratamiento digital de imágenes*, Addison Wesley Iberoamericana, 1996.
- [2] Pratt, William K., *Digital Image Processing*, Wiley-Interscience, 2001.
- [3] Schalkoff, Robert J., *Digital Image Processing*, Wiley, 1989.
- [4] Eikvil, Line, *OCR Optical Character Recognition*, 1993.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.25.3684&rep=rep1&type=pdf>.
- [5] R.G Casey and D.R. Ferguson, *Intelligent forms processing*, IBM Syst., 1990.
- [6] S.L. Taylor, et al., *Extraction of data from printed forms*, Machine Vision and Appl. No 5, 1998.
- [7] T. Watanabe, et al., *Structure analysis of table form documents on the basis of recognition of vertical and horizontal line segments*, Proc ICDAR-91, 1991, 638-646.
- [8] C.D. Yan, et al., *Form understanding system based on form description language*, Proc ICDAR-91, 1991, 283-293.
- [9] J. Yuan, et al., *Form items extraction by model matching*, Proc ICDAR-91, 1991, 210-218.

PLATAFORMA LMS CREADA CON TECNOLOGÍAS AMP.

Francisco Gutiérrez Vera, Claudia Cristina Ortega González
Instituto Tecnológico de Celaya
francisco.gutierrez@itcelaya.edu.mx,claudia.ortega@itcelaya.edu.mx

RESUMEN

La aplicación de tecnología en el proceso educativo está luchando contra muchos problemas, desde lo económico hasta cambios profundos en nuestra cultura, si bien el **e-learning** tiene ya muchos años de aplicarse, en nuestro país avanza muy lentamente, pero el problema no es acercar la información a los individuos, los conocimientos deben ser medidos o valorados, este paradigma de aprendizaje trajo consigo lo que llamaremos administración del conocimiento y dentro de este la evaluación electrónica a tenido su mayor complejidad entrando con el concepto **e-evaluation**, que no es más que el instrumento que permite medir ese conocimiento adquirido, en este trabajo resumimos el esfuerzo de los últimos 6 años en donde hemos desarrollado en una herramienta LMS (PHP-MYSQL) aplicada en estudiantes de nivel profesional, un LMS es un software que permite administrar el conocimiento a través de permitir crear elementos que midan el desempeño de los estudiantes.

1. Introducción

Las tecnologías de la información reconocidas como todos los medios tecnológicos que permiten acercar el conocimiento/información y lograr con ello la interacción entre individuos, han dado entrada a muchas posibilidades, difusión, cotejamiento de ideas, ó discernimiento. Si consideramos que el primer salto evolutivo de la información la dio la imprenta, el Internet permitió el segundo salto ya que la información se volvió un tesoro muy preciado (la tecnología es el medio y la información el recurso).

Desde su aparición en 1989 el **html** fue la herramienta para plasmar información de una forma vistosa y atractiva (aunque estática), con el paso del tiempo y la llegada de nuevas herramientas como los lenguajes de servidor PHP, ASP y manejadores de bases de datos (**DBMS data base manager system**) en WEB las posibilidades de explotar este recurso y llegar con él a mas usuarios potenciales son casi ilimitadas, de ahí que las instituciones estemos utilizando este recurso como medio en una de las actividades más complejos del proceso enseñanza aprendizaje, **la evaluación**.

En la evaluación se resumen muchos de los esfuerzos desarrollados durante un periodo de aprendizaje, y la historia del concepto se remonta hasta miles de años atrás en la cultura china en donde los cortesanos se preparaban para se evaluados y con ello conseguir un puesto de mayor importancia dentro de la corte el emperador.

La evaluación debe permitir la adaptación de los programas educativos a las características individuales del alumno, detectar sus puntos débiles para poder corregirlos y tener un conocimiento cabal de cada uno. [1]

Esta actividad que es de suma importancia para los logros personales de los estudiantes se ve afectada por una mala elaboración, independientemente de que existan cuerpos colegiados bien o

mal organizados. Si bien les va a los estudiantes la evaluación se planifico con mucho tiempo de antelación y si mal les va el maestro antes de la evaluación se pregunta ¿Qué les preguntaré hoy?

Es un hecho que ninguna herramienta tecnológica solucionará el hecho de hacer o planear bien una evaluación, un cambio de paradigma + una herramienta lograrían mejores resultados en cuanto a una medición mas justa o adecuada de los conocimientos adquiridos por los estudiantes de cualquier nivel.

2 Estado del arte

Las empresas que generan tecnologías, sobre todo empresas cuyo campo de aplicación gira alrededor de las computadoras (CISCO, MICROSOFT, SUN) desde hace ya algunos años han buscado que los estudiantes de nivel profesional accedan a sus tecnologías y cuando egresen sirvan como promotores, este acercamiento lo lograron a través del **e-learning**, sin embargo solo les acercaba la información a los estudiantes, para hacer su proceso completo agregaron áreas de evaluación a distancia a con cuestionarios electrónicos.

En el campo directo de medir conocimientos fuera de programas académicos-tecnológicos como los mencionados se encuentran resultados escasos o poco difundidos, software comercial existe como: TestGip, ADE v1, Aritest profesores, ASPQuest, Avaluator V3 y muchos más, la mayoría de ellos permiten crear, modificar, aplicar una evaluación de opción múltiple a través de la red y medir los resultados de las respuestas correctas.

Por el lado del software libre, se están creando herramientas mas completas como son los **Sistemas de gestión de contenidos**, cabe recalcar que existen subcategorías como los **LMS o LCMS** (ambas categorías encaminadas hacia el aprendizaje (Learning Manager System) todos ellos son programas que permiten crear una estructura de soporte (framework) para la creación y administración de contenidos, principalmente en páginas Web, consisten de una interfaz que controla una o varias bases de datos donde se aloja el contenido del sitio. El sistema permite manejar de manera independiente el contenido y el diseño. Así, es posible manejar el contenido y darle en cualquier momento un diseño distinto al sitio sin tener que darle formato al contenido de nuevo[4].

Dentro del mundo de los gestores de contenido orientados hacia el aprendizaje **Moodle** y **Claroline** han tenido una buena aceptación por instituciones y empresas ya que permiten crear evaluaciones en un entorno más amplio dentro del quehacer docente, incorporando elementos extras al proceso enseñanza aprendizaje. Tanto el software de licencia privativa como el de licencia libre, presentan grandes posibilidades, ventajas y desventajas, las cuales no siempre tiene que ver con el dinero, si no más bien en un cambio de paradigma y una aceptación por parte de docentes e instituciones de que el cambio no esta en una tecnología sino mas bien en la cultura propia.

2.1 LMS

Si bien es cierto que existen en el mercado varias aplicaciones orientadas hacia los conceptos de LMS, como son Black Board, Dokeos, Moodle, Claroline figura 1, entre otros; En un análisis hecho por profesores del depto. de Sistemas y computación del Instituto Tecnológico de Celaya llegaron a la conclusión de que la forma en cómo están estructurados esos LMS no cubren con la filosofía de trabajo de un profesor en un Tecnológico del Sistema, básicamente porque fue desarrollado

bajo el enfoque de un modelo educativo de estados unidos de Norteamérica, en el cual la forma de llevar el seguimiento educativo del alumno difiere del nuestro, si bien es cierto cubren un aspecto bastante amplio no cubren opciones como hacer equipos, tomar lista, permitir la autoevaluación de los alumnos como parte de la rúbrica de su propio conocimiento por mencionar algunas ideas, fue por eso que decidieron desarrollar un LMS propio llamado ConAcad, en la figura 2 se muestran las características generales de un LMS.



Figura 1. Algunos LMS del mercado mundial



Figura 2. Elementos generales de un LMS

3 Metodología empleada

Dentro del concepto de ciclo de vida de software se está utilizando el modelo llamado “Es espiral” figura 3.

Las ventajas directas que nos presenta este modelo con respecto de otros tradicionalistas como cascada y prototipo son:

1. Trata de mejorar los ciclos de vida clásicos y prototipos.
2. Permite acomodar otros modelos
3. Incorpora objetivos de calidad y gestión de riesgos
4. Elimina errores y alternativas no atractivas al comienzo

5. Permite iteraciones, vuelta atrás y finalizaciones rápidas
6. Cada ciclo empieza identificando:
 - a. Los objetivos de la porción correspondiente
 - b. Las alternativas
 - c. Restricciones
7. Cada ciclo se completa con una revisión que incluye todo el ciclo anterior y el plan para el siguiente

3.1 Planificación 1ª vuelta

Basados en las tecnologías con las que contamos en el Instituto Tecnológico de Celaya, las cuales son servidores Web "Apache" y sistemas gestores de bases de datos como MySql y PostgreSQL, se analizo la creación del CMS en PHP debido a que muchas de las soluciones implementadas en la institución y en el mundo del software libre están en este lenguaje, facilitando en un futuro la incorporación de otros módulos. El proyecto se dividió en dos partes, la base de datos y la interfaz. Se hizo un análisis profundo de la forma en como se realiza un examen escrito, se revisaron pros y contras.

El diseño de la base de datos involucro el análisis del crecimiento y explotación de los datos, se necesito que el diseño respetara los elementos más fundamentales de un buen diseño como son los conceptos de **normalización, integridad y seguridad**. Por parte de la interfaz ser requiere simplemente un manejo fácil, en sus 3 fases:

1. Aplicación. Lo que el alumno ve.
2. Elaboración. Como lo construye el maestro.
3. Evaluación. Como la computadora ó el maestro lo califica.

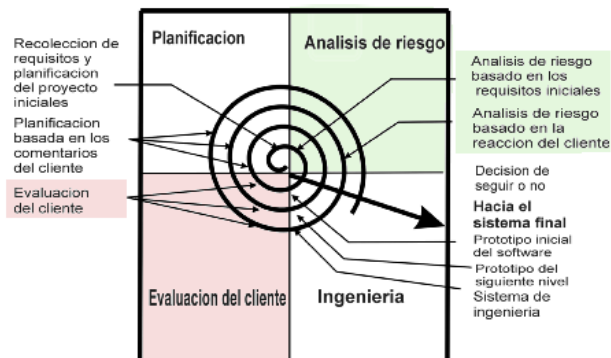


Figura 3. Ciclo de desarrollo de software, modelo en espiral

3.2 Análisis de riesgos 1ª vuelta

En ambas partes del proyecto se tienen riesgos importantes, un mal diseño de la base de datos traería como consecuencia menor, una duplicación de datos innecesaria y en el peor de los casos una integridad de datos endeble. Por parte de la interfaz el riesgo viene dado por una explotación de datos incorrecta o deficiente, en donde realmente el problema está dado por dar información errónea a los usuarios, por lo demás la seguridad tanto del servidor como de los accesos no presentan riesgo debido a los esquemas que la institución tiene implementados.

3.3 Ingeniería.

Durante este proceso se ha diseñado y rediseñado la base de datos, teniendo parte del resultado en la figura 3, en la figura se muestra la parte de la generación de una evaluación en línea, dentro del diseño en la tabla “pregunta”, se definen los tipos de reactivos (opción múltiple, relación y las demás), en la tabla “exámenes” se definen las secciones y tipo de examen que se genera, es decir, cuantas secciones tiene el examen y si son las preguntas dirigidas o aleatorias, la tabla “evidencias” almacena el resultado obtenido de un estudiante en cada reactivo que contesto.

El diseño de la interfaz de esta parte de evaluación se involucro el desarrollo de 8 páginas dinámicas PHP-MySQL en la figura 4 se puede apreciar dos de ellas.

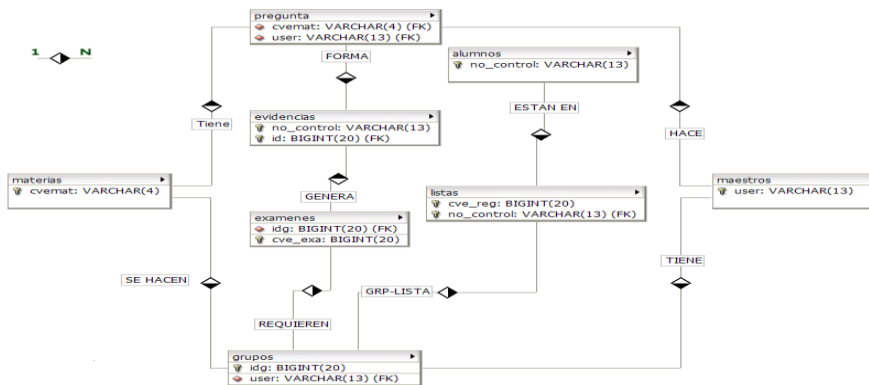


Figura 3. Parte del modelo de datos para el LMS



Figura 4. Pantallas, generador de examen y examen con 2 tipos de reactivos.

Como dentro del modelo en espiral se utilizó una metodología llamada OOHDM, la cual permite crear los diseños conceptuales y abstractos para un desarrollo en la WEB, sus etapas permiten crear una forma clara de los elementos a desarrollar, contempla 4 etapas: Diseño Conceptual, diseño Navegacional, diseño de interfaces abstractas e implementación. Cada una de ellas aporta elementos importantes para el desarrollo.

En la parte de herramientas de desarrollo se utilizó software del mundo libre, Apache como servidor, PHP como lenguaje de servidor y MySQL como gestor de base de datos. De estas 3 herramientas, la elección de MySQL no fue la más adecuada ya que con la versión que se trabajaba no permitía la creación de procedimientos almacenados y disparadores (triggers), aunque en

versiones recientes ya lo soportan en un principio no, en la actualidad el LMS cubre aproximadamente el 70% de las características generales de un LMS comercial (figura 5).

Conclusiones

El LMS ConAcad (desarrollado en el Instituto Tecnológico de Celaya), es una herramienta que ha venido creciendo en sus capacidades desde hace 4 años cubriendo los aspectos más básicos de un LMS, en este trabajo presentamos un muy pequeño resumen del potencial que tiene este LMS, el cual ha permitido desarrollar algunas competencias en nuestros estudiantes y ha mejorado nuestro quehacer docente al permitirnos evaluar al mismo tiempo 40 o más estudiantes, sin que tengan que esperar mucho tiempo para obtener sus resultados, nuestro CMS tiene como características:

- Creación de equipos.
- Cargas – descargas de evidencias
- Tomar lista
- Avisos grupales y personales
- Temarios
- Autoevaluación de los alumnos
- Creación y edición de exámenes en línea.
- Ficha con datos de la asignatura y evaluación
- Control de tiempo de examen.
- Auto calificación por parte del sistema
- Recalificación del examen por parte del maestro (si se requiere por apelación).
- Incorporar imágenes a los tipos de reactivos en formatos gifs, jpg, y png.
- Trabaja 100% en WEB probado en 2 Firefox mozilla e Internet Explorer.

El ConAcad está en constate mejora y se proyecta que en 2 años cubra al 100% las características de un LMS Comercial. Actualmente esta operativo en la dirección <http://sisinfo.itc.mx/conacad/>



Figura 5. Elementos generales de un LMS comercial o general

Referencias

- [1] Prof. Gabriel Molnar, Concepto de Evaluación Aplicada
<http://www.chasque.net/gamolnar/evaluacion%20educativa/evaluacion.01.html>
- [2] Dr. Alvaro H Galvis Panqueva, aprender y enseñar en compañía y con apoyo de tics
http://www.educoas.org/portal/docs/Aprender_ensenar_en_compania.pdf
- [3] <http://es.wikipedia.org/wiki/CMS>.
- [4] Suehring, Steve; MySQL Bible, Wiley Publishing, Inc, USA 2002
- [5] Kruckenberg, Michael; Pro My SQL; AGAPEA; USA 2005
- [6] Perez, Cesar; My SQL para Windows y Linux; Ra-Ma; ESP 2003
- [7] Fabrega Martinez, Pedro Pablo; PHP4; Pearson; USA 2007
- [8] Welling, Luke; Desarrollo WEB con PHP y MySQL; Anaya; ESP 2006
- [9] Silberschatz, Abraham; Fundamentos de Bases de Datos; USA 2000

PORTAL WEB PARA EL MONITOREO DE EROSIÓN DE PLAYAS Y CONDICIONES DEL MAR EN LA COSTA YUCATECA

Instituto Tecnológico de Mérida

M.C. Larissa Jeanette Peniche Ruiz larissa.peniche@itmerida.mx,
M.S.C. Nora Leticia Cuevas Cuevas ncuevas@itmerida.mx,
Br. Roger Omar Puerto Guillermo xrogomarx@gmail.com.

ABSTRACT

The Web System to Monitor Beach Erosion and Sea Conditions in the Yucatan coast line, developed for the Remote Sensing Laboratory of the Sea Resources Department of the CINVESTAV Investigation Center - MÉRIDA UNIT, stores data corresponding to over 10 years of beach profiles of the Yucatan (Mexico) coast line. This information, in form of tables, pictures and beach profiles of different seashore spots in various formats, needs to be shared with other departments, researchers and interested people in order to prevent, reduce or inform about beach deterioration in the yucatecan coastline. Hence, a web portal containing images as well as processed information which shows the behavior of the seaside. Also, there is a section to share papers on related topics y there is a webcam in the Telchac beach in Yucatan to take pictures and save them for further studies.

Key words: Yucatan beach profile, Telchac beach, beach profile pictures, web monitor system, beach erosion monitor system

RESUMEN

El Portal Web para el Monitoreo de Erosión de Playas y Condiciones del Mar en la costa Yucateca, desarrollado para el Laboratorio de Percepción Remota del Departamento de Recursos Mar del CINVESTAV-UNIDAD MÉRIDA, almacena una base de datos con 10 años de información sobre el Perfil de Playa de la costa yucateca (México). Toda esta información se encuentra en tablas, fotos y perfiles de las diferentes playas, además de otros formatos y se requiere compartir con otros departamentos, investigadores y personas interesadas para prevenir, disminuir o informar del desgaste de las playas de la costa yucateca. Para ello, se desarrolló este portal que contiene imágenes, así como información tabulada, que indican el comportamiento de las playas. Además, se implementa una sección para compartir artículos diversos del tema y se tiene una cámara web con vista a la playa de Telchac Puerto en el estado de Yucatán, cuya función es capturar y guardar imágenes de la playa para el estudio de su comportamiento.

Palabras clave: Perfil de playa, perfiles de playa en Yucatán, Telchac Puerto, fotos de perfiles de playa, sistema monitor web, sistema monitor de erosión de playas.

1. INTRODUCCIÓN

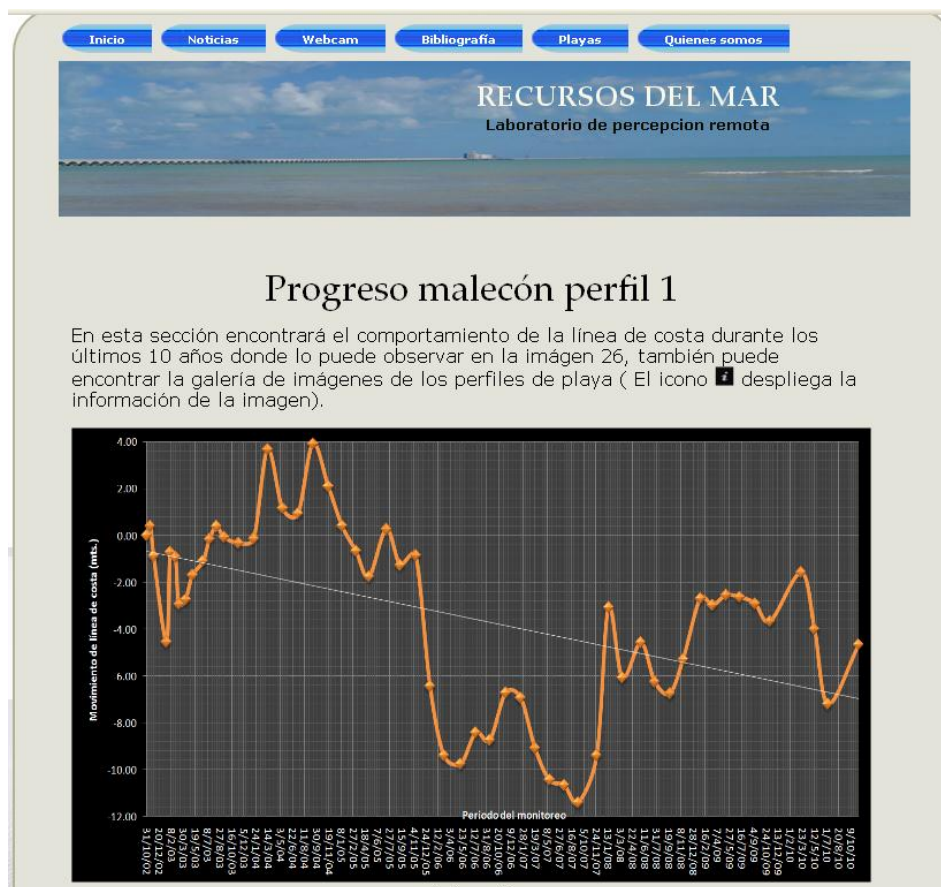
El problema creciente de la erosión de playas es una situación que podría empeorar ante la elevación del nivel del mar debido al aumento de la temperatura del mar y el deshielo. Estos fenómenos han sido asociados al cambio climático por el exceso de partículas en la atmosfera que producen un efecto de invernadero.

Por lo anterior es necesario comunicar y señalar posibles efectos de este fenómeno para tomar las medidas necesarias en la protección de los espacios recreativos, las propiedades y los hábitats

costeros. Se entiende como Perfil de Playa al conjunto de datos (longitud, latitud, identificador del perfil, fecha, altura del terreno de cada tramo, entre otros) recopilados en cada punto de la línea costera; este registro se realiza por el Laboratorio de Percepción Remota del Departamento de Recursos Mar del CINVESTAV-UNIDAD MÉRIDA cada dos meses en diferentes puntos del litoral Yucateco en México.

1.1 Planteamiento del Problema

Toda la información de los perfiles de playa en la costa del estado de Yucatán recolectada por el laboratorio durante los últimos 10 años, ha sido procesada con el fin de facilitar comprensión de manera que pueda ser presentada en forma de gráficas e imágenes seleccionadas de cada uno de los sitios de acuerdo al momento y sitio de captura. La Figura 1 muestra una gráfica del comportamiento del perfil de playa durante 10 años.



Entre estos datos numéricos, que puede alcanzar varios Gigas, se encuentran las coordenadas de los sitios de investigación, longitudes de la evolución de la playa y fechas de captura de perfiles de playa entre otros, los cuales pueden ser de difícil comprensión para una persona externa a este ámbito.

Así mismo, el acceso es difícil para cualquier persona que no pertenezca al propio Laboratorio de Percepción Remota e incluso para los mismos integrantes del laboratorio que no estén trabajando en el proyecto erosión de playas.

1.2 Objetivo. Diseñar y desarrollar un portal web para la visualización de perfiles de playa, textos resumen de las condiciones así como el monitoreo y visualización en tiempo real de la playa de Telchac Puerto mediante una cámara web IP, para el Laboratorio de Percepción Remota del Departamento de Recursos del Mar del CINVESTAV – UNIDAD MÉRIDA.



Figura 2. Playa en situación crítica entre Chuburná y Chelem Puerto’.

La Figura 2 muestra una imagen de un perfil de playa en afectación crítica por pérdida de terreno de playa, en la cual se aprecia que las rocas han quedado a descubierto y el mar se acerca cada vez más a la línea de construcción de casa habitación, poniendo en peligro los bienes inmuebles de los propietarios.

2. DESARROLLO.

El sistema se construye con tecnologías y herramientas especializadas asociadas con la metodología de desarrollo iWeb.

2.1 Requerimientos

Se desea compartir los resultados finales entre los laboratorios e investigadores de la institución y organismos e individuos externos, dada su importancia y relevancia en el manejo de la costa y en otras investigaciones así como de la utilidad práctica que pueden tener en proyectos futuros. Se ha planteado también el contar con una forma de visualización en tiempo real de al menos un sitio para recoger datos periódicos en forma de imágenes.

Para esto se necesita administrar de forma eficiente tanto datos como usuarios que quieran acceder a la información. Además, se requiere monitorear de forma visual y en tiempo real la playa de Telchac con una cámara web IP, para saber el comportamiento de las olas en intervalos de tiempo y graficar los resultados, con el fin de monitorear la evolución de las playas, es decir, pérdida o recuperación del terreno.

El proyecto se estructura alrededor de siete módulos desarrollados con PHP y SQL, mismos que se describen a continuación.

2.2 Módulo de sesiones de usuario.

Este módulo (Ver Figura 2) se construyó siguiendo la premisa de que el administrador sea el que acepte al usuario que esté pidiendo acceso al portal y de esta manera le asigna una contraseña al usuario para que pueda acceder al portal. Se utilizó el método de sesiones en PHP para hacer el acceso de usuarios: Administrador, visitante y usuario registrado, este último con previa autorización del administrador; en este módulo se construyó la identificación del usuario, así como la validación del mismo, además aspectos de seguridad controlados por inicio de sesión, como son el bloqueo de la copia de imágenes y videos y bloqueo de acceso directo a una página específica.



Figura 2. Pantalla de inicio del portal web.

2.3 Módulo de eliminación.

En este módulo se implementa la función de eliminación tanto para usuarios como para noticias, lo que permite al Administrador eliminar de manera definitiva la noticia o al usuario que se haya elegido; esta función está diseñada para que solo elimine un campo a la vez y para que cuando se presione el botón de eliminación sin haber antes llenado el campo con la información de la noticia o usuario a eliminar, no ocurra nada y no afecte la base de datos.

2.4 Módulo de búsqueda.

El módulo de búsqueda se construyó para identificar de manera eficaz un usuario (ver Figura 3) a partir de su correo o una noticia específica según una fecha dada. Se despliega toda la información asociada y permite, si así se desea, eliminar y/o modificar estos datos.

2.5 Módulo de modificación.

La modificación de datos se aplica tanto a usuarios como a noticias y funciona de la misma manera que el módulo de búsqueda. Una vez desplegado, se reescriben los datos que se deseen modificar y se guardan en la base de datos.

2.6 Módulos de inserción. Estos módulos se construyen para la inserción de datos de solicitudes de ingreso al portal y para agregar noticias. En el primer caso, se llena un formulario con los datos solicitados y se envía la solicitud, como se muestra en la Figura 3. El sistema valida las redundancia con la bases de datos y permite corregir para enviar una solicitud válida y correcta.

Figura 3. Pantalla de la administración de usuarios.

En el caso de agregar noticias, accesible sólo al administrador, el sistema despliega un campo de fecha el cual se asocia a un amplio campo de texto donde se redacta la noticia que se desea compartir en el portal. Se hicieron codificaciones para que el formato de texto, los saltos de líneas y los signos de puntuación del español se ingresen en la base de datos y se visualicen de manera correcta.

2.7 Módulos de despliegue.

Estos módulos permiten desplegar la información más reciente sobre noticias, usuarios y captura de imágenes de playa. Por ejemplo, se despliegan las últimas 5 noticias agregadas a la base de datos o las últimas 12 imágenes captadas con la cámara web IP. Para este último caso, el sistema es capaz de paginar los despliegues para una cómoda visualización, incluso permitiendo el acercamiento de imágenes seleccionadas (zoom) con avance y retroceso de imágenes para comparación visual.

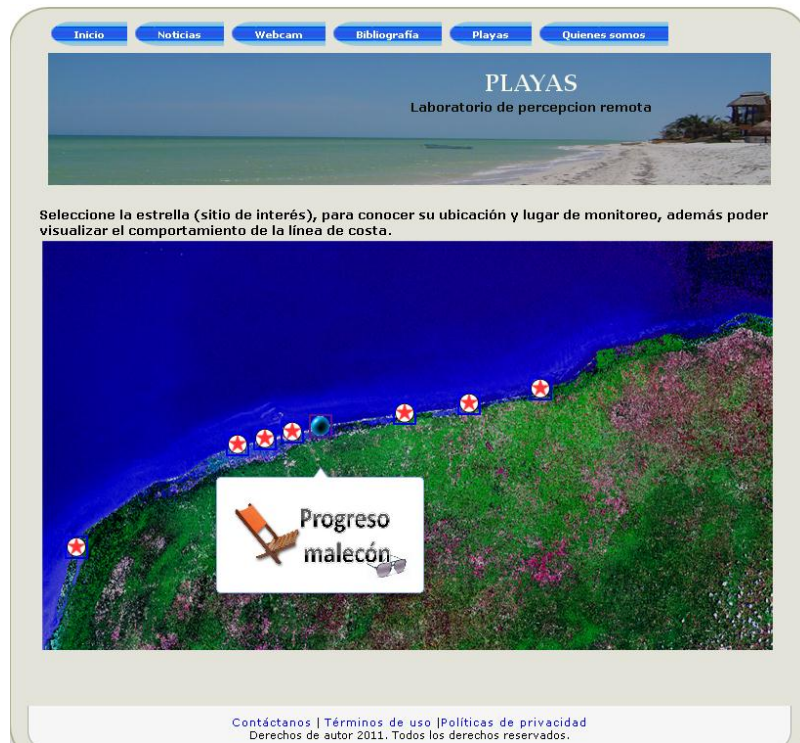


Figura 4. Acceso a perfil de playas

La Figura 4 muestra la página de inicio del administrador y que en ella se pueden observar las opciones de la página web así como las instrucciones y descripción de cada una de las opciones, además de una aplicación de 'notas adhesivas' en la parte central de la página y que igual se describe como se usa.

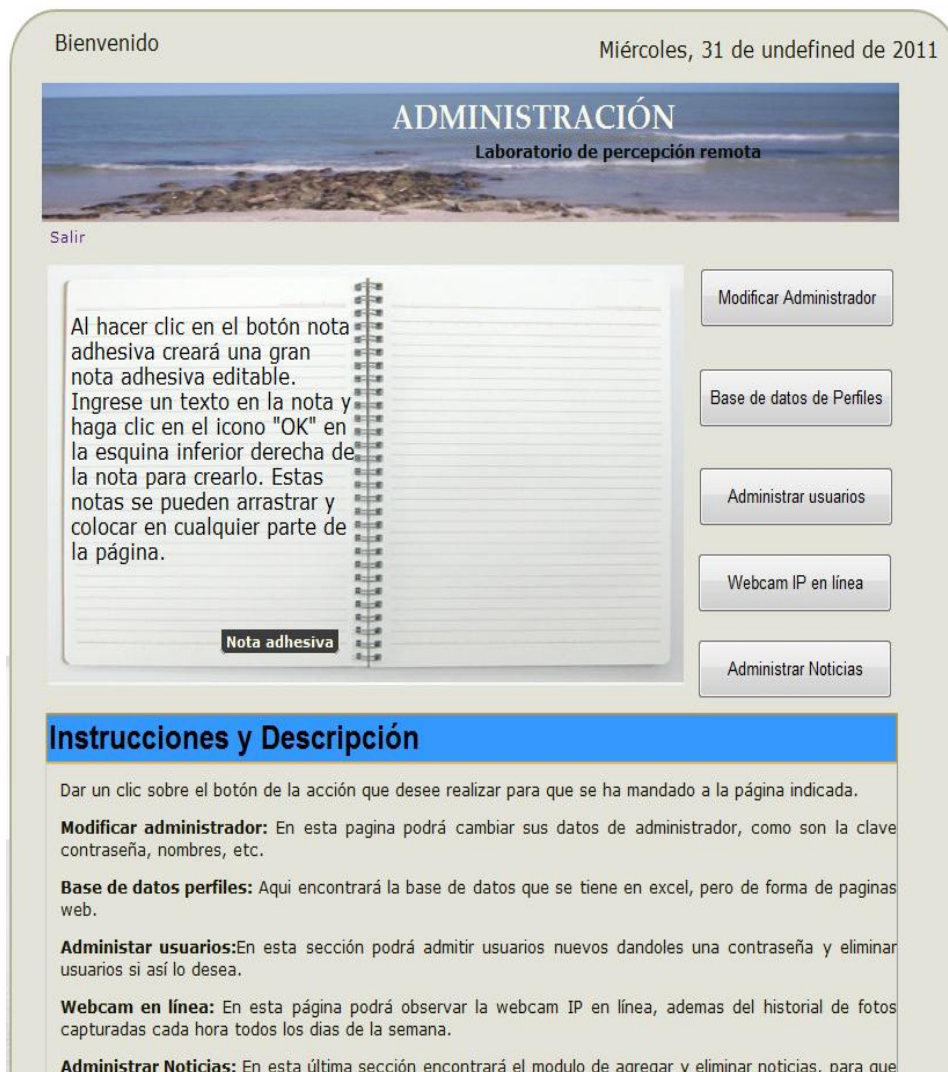


Figura 5 Pantalla de inicio del Administrador.

En la Figura 5 se muestra la página web de administración de usuarios que contiene las opciones de búsqueda, eliminación, inserción de contraseña y visualización de solicitudes (peticiones) de registro al portal, además los enlaces a las otras páginas de la sesión del administrador que se encuentran en la cabecera de la página.

3. RESULTADOS.

El portal se instaló en el servidor del laboratorio de Percepción Remota y se realizaron pruebas unitarias, de integración y de entrega con usuarios finales, obteniendo resultados satisfactorios.

En tanto el servidor SQL se encuentre activo, el objetivo de compartir estos datos procesados e imágenes seleccionadas de perfiles de playa, se cumple en todos los casos. La captura de imágenes en tiempo real, en tanto no sea vandalizada y funcione adecuadamente la cámara IP, se efectúa permanentemente y estas imágenes son almacenadas correctamente en el servidor y es posible visualizar estas imágenes en el portal.

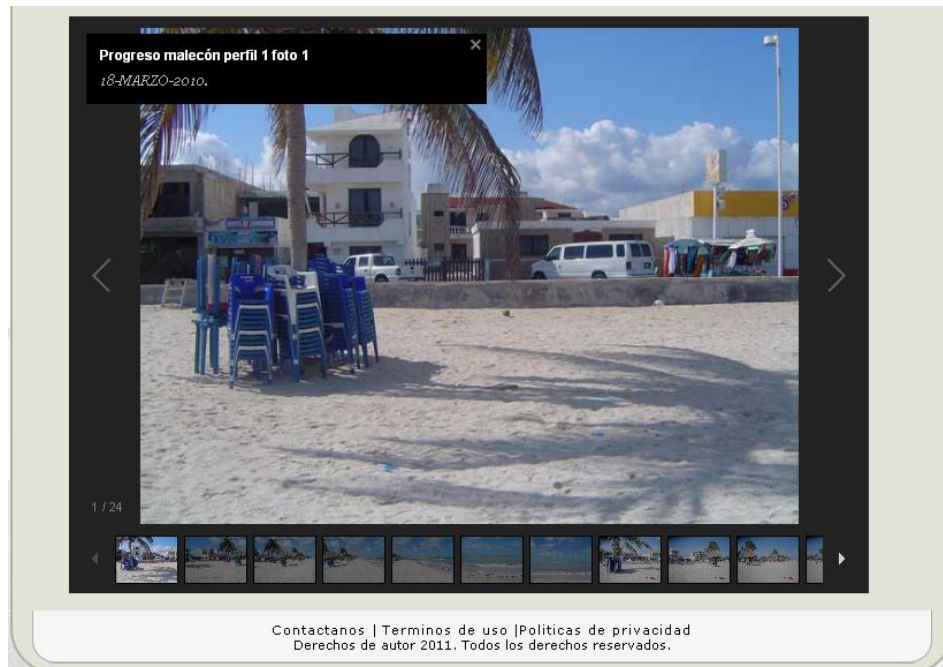


Figura 6. Imagen del perfil de playa del malecón de Progreso.

La Figura 6 muestra una de las 24 imágenes que tiene el perfil de playa de Progreso Malecón 1 e ilustra con imágenes cómo evoluciona el perfil dependiendo del mes del año, ya sea en pérdida o recuperación de terreno de playa.

3.1 Conclusiones.

El portal permite compartir la información a cualquier persona, reduciendo los tiempos de búsqueda, recolección e interpretación de los datos tanto virtual/digital como física.

Permite el monitoreo en tiempo real de la playa de Telchac Puerto, además de la administración de toda la información recabada.

El portal es interactivo, intuitivo, con apoyos textuales y visuales, con una interfaz simple y atractiva para los usuarios.

Se realiza satisfactoriamente la parte más importante del proyecto que es el envío y captura de imágenes desde la cámara web IP (programada para capturas por hora) al portal.

Es necesario mencionar, que el exceso de imágenes, por más pequeño que sea su tamaño, puede ralentizar el proceso de carga de la página donde se encuentren e incluso colapsar el portal.

También es de notarse que la carga y el acceso de las imágenes y archivos en cuanto su nombre, migrarlos (de forma externa: ejemplo: USB) del sistema operativo Windows a Solaris pueden causar cambios del nombre como sería de minúsculas a mayúsculas y viceversa y de igual manera el contenido (texto) de los archivos PHP, HTML, CSS, etc.

3.2 Recomendaciones.

Para complementar el sistema descrito se hacen las siguientes recomendaciones.

Elaborar un módulo de envío de correos, para el aviso de aceptación de usuarios al portal y proveer de una conexión de internet dedicada solamente para el envío del video y capturas de la cámara web IP.

Es deseable implementar alguna protección para la cámara web IP que está en la intemperie.

Actualizar las fotos de algunos sitios, además de tomar fotos con ángulos más específicos de las playas que se estén monitoreando.

Implementar que el cambio de archivos de un sistema operativo a otro se haga por vía ftp.

4. REFERENCIAS.

[1] Euán A. J., (2011), comunicación personal, Jefe del Laboratorio de Percepción Remota del Departamento de Recursos Mar CINVESTAV, UNIDAD MÉRIDA].

[2] Pressman, R.S., (2005), Ingeniería Del Software Un Enfoque Práctico, Sexta Ed., McGraw Hill

[3] Sommerville, I., (2011) Ingeniería del Software, Novena Ed., Pearson

SEGUIMIENTO DE RUTAS UTILIZANDO APRENDIZAJE POR REFUERZO EN ESPACIOS DE ESTADO Y ACCIÓN CONTINUOS

L.M. Francisco de Jesús Coral Sabido, Dr. Carlos Brito Loeza, Dr. Víctor Uc Cetina.
Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas.
f.csabido@gmail.com, cblnetidg@gmail.com, victorucetina@gmail.com

Resumen

El problema conocido en robótica como seguimiento de rutas puede complicarse debido a dos razones principalmente: la ruta a seguir es por si misma demasiado complicada para el robot en cuestión o bien, se vuelve imposible definir un algoritmo que encapsule el conocimiento del experto humano y que le indique al robot la secuencia de acciones que éste debe ejecutar para lograr la tarea con éxito. En este artículo presentamos una propuesta para solucionar este problema utilizando Aprendizaje por Refuerzo. Dicho algoritmo se basa en una arquitectura general de aprendizaje automático denominada Actor-Crítico, la cual es combinada con el algoritmo SARSA. Este método hace uso de funciones de base radial para aproximar la función de valor, la función de acción y los parámetros de las acciones. Los resultados que aquí se presentan fueron obtenidos a partir de tres pruebas realizadas con tres distintas curvas que varían en dificultad. A pesar de ser un trabajo actualmente en progreso, finalizamos este artículo proporcionando nuestras conclusiones hasta el momento y mencionando algunas líneas de trabajo futuro.

Abstract

A robot path following problem can be highly complex due to two main reasons: the path by itself is too complicated to be followed by a given robot or it becomes impossible to specify an algorithm that encapsulates the human expert's knowledge which would help the robot to take a sequence of actions to accomplish the task successfully. This paper proposes an approach to the path following problem that relies on Reinforcement Learning. Our algorithm is based on a general machine learning architecture known as Actor-Critic and the SARSA algorithm. Such a method employs radial basis functions as approximators of the value and action functions as well as the action parameters. We provide experimental results obtained through tests performed using three different curves with varying levels of difficulty. Even though this is a work in progress, we conclude the paper providing our conclusions so far and mentioning future lines of work.

1 INTRODUCCIÓN

El seguimiento de una trayectoria desde el punto de vista del Control Clásico [1] requiere que se proporcione una función explícita con la cual se puedan obtener los parámetros que permiten, por ejemplo, que un brazo robótico alcance su objetivo, o que un robot móvil siga una ruta; sin embargo, cuando la trayectoria a seguir es complicada o no se conoce cómo se debe comportar el robot para seguirla, es necesario optar por una manera diferente de resolver el problema que no requiera brindar la función o ruta de manera explícita. En este artículo se propone el uso del Aprendizaje por Refuerzo [2, 3, 11] para resolver esta problemática, pues con esta técnica es posible tanto encontrar una ruta como seguirla sin la necesidad de que una persona intervenga en el proceso, esto le permite al robot aprender a realizar una tarea de forma autónoma al especificar un conjunto de estados en los cuales se puede encontrar el sistema, un conjunto de acciones que puede realizar el robot y una función de recompensa que le permita al robot saber que tan bien está aprendiendo la tarea solicitada. Una manera de resolver el problema del reconocimiento y seguimiento de una trayectoria por medio del aprendizaje por refuerzo es usando Diferencias Temporales [2, 3] de un modo discreto utilizando, por ejemplo, el algoritmo Q-Learning [2, 3]; sin embargo, ya que el ambiente en el que la tarea se lleva a cabo, los datos otorgados por los sensores y los parámetros de las acciones que se realizan están en espacios continuos, es necesario utilizar un algoritmo que nos permita aproximar una política en dichos espacios, pues al

discretizarlos es posible esconder ciertos estados que podrían ser críticos en el aprendizaje de la tarea. Para resolver el problema que se presenta en el Aprendizaje por Refuerzo al usar espacios continuos es posible combinar las Redes Neuronales [3, 4] con Funciones de Base Radial [2, 3, 4] como se muestra en [6], así como el uso del algoritmo CACLA que se muestra en [7] mostrando en [8] algunas de sus aplicaciones. Algunos experimentos realizados con Aprendizaje por Refuerzo en espacios de estado y acción continuos se pueden ver en [9]. También se puede apreciar un método basado en una arquitectura de Doble Actor – Crítico en [5] con el cual se puede resolver el problema del *Dribbling* que presentan los robots en la RoboCup. En [10] se puede encontrar un método basado en Aprendizaje por Refuerzo usando un *Case-Based Function Approximator* basado en el Razonamiento a Base de Casos [3] con el cual se logra aprender a seguir una ruta dada. En éste artículo se presenta un algoritmo basado en una arquitectura de Actor-Crítico [2] en combinación con el algoritmo SARSA [2], en el cual se utilizan Funciones de Base Radial [2, 3, 4] para aproximar la función de valor, la función de acción y los parámetros, en donde la función de valor es la encargada de estimar la recompensa esperada en cada estado en el que se pueda encontrar el sistema, mientras que la función de acción estima la mejor acción que se pueda realizar al estar en algún estado para maximizar la recompensa que se pueda obtener. A continuación se dará una pequeña introducción al Aprendizaje por Refuerzo, así como una descripción tanto del algoritmo SARSA como de la arquitectura de Actor-Crítico. En la sección tres se presenta una descripción de las Funciones de Base Radial y, en la sección cuatro, una descripción del algoritmo propuesto. En la sección 5 se muestran algunos resultados obtenidos, tales como las políticas obtenidas al simular rutas con algunas funciones y las gráficas de recompensas obtenidas a medida que los episodios aumentan. Por último, en la sección seis, se comenta acerca de los trabajos futuros a realizar, tales como encontrar políticas adecuadas en rutas con una mayor dificultad e implementar el algoritmo en un robot móvil para probar su funcionalidad en la realidad.

2 APRENDIZAJE POR REFUERZO

Los problemas en Aprendizaje por Refuerzo [2, 3] tienen como principales componentes a un agente y al ambiente en donde interactúa el agente, de los cuales se puede obtener un conjunto de estados, los estados del ambiente, y un conjunto de acciones, las acciones con las cuales el agente puede interactuar con el ambiente. El objetivo del agente consiste en realizar una tarea dentro del ambiente, pero para ello debe interactuar varias veces con él para obtener información de qué debe y qué no debe hacer, ajustando un comportamiento, o política, adecuado para que al final logre realizar la tarea. Ahora, la información de qué debe y qué no debe hacer es obtenida mediante una serie de recompensas (“premios” o “castigos”) que se van obteniendo según la interacción del agente con su ambiente, es decir, al ir de un estado a otro mediante una acción.

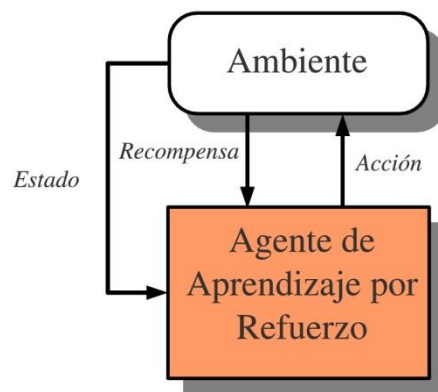


Figura 42.- La interacción entre el Agente y el Ambiente en el Aprendizaje por Refuerzo.

Durante el aprendizaje, al interactuar varias veces con el ambiente, es posible realizar una estimación de la recompensa que se puede obtener al estar en un estado específico. Esta estimación es realizada por la función de valor, denotada por V^π para una política o comportamiento π , la cual está definida por la siguiente ecuación:

$$V^\pi(s) = E_\pi \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t+k+1} \mid s_t = s \right\}, \quad (1)$$

en donde s denota un estado del ambiente, s_t denota un estado al tiempo t , $E_\pi \{ \}$ denota el valor esperado que obtiene el ambiente al seguir la política π , r_{t+k+1} es la recompensa obtenida al realizar la acción $\pi(s_{t+k})$, y γ es un factor de descuento, con $(0 < \gamma < 1)$. Del mismo modo es posible estimar la recompensa que se puede obtener al iniciar en un estado s realizando una acción a . Esta estimación es realizada por la función de acción, denotada por Q^π para una política π , la cual está definida por la siguiente ecuación:

$$Q^\pi(s, a) = E_\pi \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t+k+1} \mid s_t = s, a_t = a \right\}, \quad (2)$$

en donde a_t representa una acción de s_t .

2.1 El algoritmo SARSA

Uno de los mayores logros en el Aprendizaje por Refuerzo fue la introducción de las Diferencias Temporales [2], las cuales son el resultado de la combinación de ideas de la Programación Dinámica [2, 3] junto con las de los Métodos de Montecarlo [2]. Las Diferencias Temporales tienen la capacidad de aprender de la experiencia sin la necesidad de conocer la dinámica del ambiente, así como estimar valores a base de otras estimaciones. El método más simple de las Diferencias Temporales es conocido como $TD(0)$, cuya regla de asignación es la siguiente:

$$V(s_t) = V(s_t) + \alpha [r_{t+1} + \gamma V(s_{t+1}) - V(s_t)], \quad (3)$$

en donde V es un estimado de V^π , s_t es el estado al tiempo t , r_t es la recompensa obtenida al realizar la acción dada por la política $\pi(s_t)$, α es la tasa de aprendizaje y γ es una constante de descuento. La forma procedural de las Diferencias Temporales se muestra a continuación:

Inicialice $V(s)$ arbitrariamente, sea π la política a ser evaluada

Repita (por cada episodio)

Inicialice s

Repita (por cada paso del episodio)

$a \leftarrow$ Acción dada por π de s

Tome una acción a ; observe la recompensa, r , y el siguiente estado, s'

$V(s) = V(s) + \alpha [r + \gamma V(s') - V(s)]$

$s \leftarrow s'$

Hasta que s sea terminal

El algoritmo SARSA está basado en las Diferencias Temporales; sin embargo, este algoritmo está diseñado para estimar la función de acción en lugar de la función de valor como se puede apreciar en su regla de asignación

$$Q(s_t, a_t) = Q(s_t, a_t) + \alpha [r_{t+1} + \gamma Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t)], \quad (4)$$

en donde s_t es el estado en el que se encuentra el agente al tiempo t , a_t

realizada al tiempo t , α es la tasa de aprendizaje, r_{t+1} es la recompensa del agente al realizar la acción a_t estando en el estado s_t , y γ es una constante de descuento. Esta actualización se hace en cada transición desde un estado no terminal. Si s_{t+1} es terminal, entonces se define $Q(s_{t+1}, a_{t+1})$ como cero. Esta regla de asignación usa cada elemento de la quintupla $(s_t, a_t, r_{t+1}, s_{t+1}, a_{t+1})$, y es de donde se obtiene el nombre del algoritmo. El pseudocódigo del algoritmo SARSA se muestra a continuación

Inicialice $Q(s, a)$ arbitrariamente

Repita (por cada episodio):

Inicialice s

Escoja a de s usando la política derivada de Q (e.g., ϵ -greedy)

Repita (por cada paso del episodio)

Tome la acción a , observe la recompensa r y el siguiente estado s'

Escoja una acción a' de s' usando la política derivada de Q (e.g., ϵ -greedy)

$$Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha [r + \gamma Q(s', a') - Q(s, a)]$$

$$s \leftarrow s'; \quad a \leftarrow a'$$

Hasta que s es terminal

2.2 Actor – Crítico

Los métodos de Actor-Crítico son métodos de Diferencias Temporales que cuentan con una estructura de memoria separada para representar de forma independiente la política y la función de valor. La política toma el nombre de *Actor*, debido a que por medio de la política se toman las acciones, mientras que la función de valor toma el nombre de *Crítico*, debido a que esta función estima la recompensa esperada al estar en un estado s , es decir, nos proporciona una crítica de las acciones del *Actor* al llevar al agente de un estado a otro. La arquitectura de Actor-Crítico se muestra en la siguiente figura:

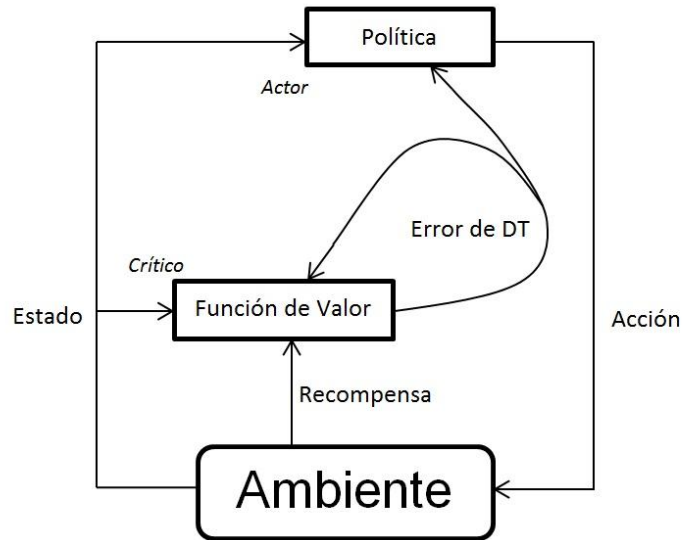


Figura 43.- La arquitectura del Actor-Crítico.

3 FUNCIONES DE BASE RADIAL

Las Funciones de Base Radial [2, 3, 4] son funciones real-valuadas cuyo valor solo depende de la distancia a un centro c . Fueron introducidas con el propósito de una interpolación exacta de una función [13]. Dado un conjunto de vectores de entrada $\{x_1, \dots, x_N\}$ junto con sus correspondientes valores objetivo $\{t_1, \dots, t_N\}$, es posible encontrar una función suave $f(x)$ que ajuste cada valor objetivo de manera exacta, de tal manera que

$$f(x_n) = t_n \quad (5)$$

para $n = 1, \dots, N$. Esto se logra expresando la función $f(x)$ como una combinación lineal de funciones de base radial, cada una centrada en cada punto de los datos como se muestra a continuación:

$$f(x) = \sum_{n=1}^N w_n h(\|x - x_n\|), \quad (6)$$

en donde h es una función de base radial y los coeficientes w_n son encontrados por medio del método de Mínimos Cuadrados [2, 3, 4]. Dado que hay una función de base radial por cada punto de los datos, el modelo correspondiente puede ser computacionalmente costoso, es por ello que cuando el número de funciones de base radial es menor que el de los puntos de los datos, se toma un número M de funciones de base radial con centros dispersos en el dominio de los puntos de los datos y los coeficientes w_i , con $i \in \{1, \dots, M\}$, son determinados por el método de Mínimos Cuadrados. Para nuestro caso la función de base radial elegida es

$$h(\|x - x_n\|) = \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \|x - x_n\|^2\right). \quad (7)$$

4 EL ALGORITMO PROPUESTO

El algoritmo que se presenta en este artículo realiza una aproximación a una ruta dada por medio del aprendizaje por refuerzo, en donde el ambiente es un rectángulo de 10×15 unidades. En

éste ambiente se tiene una ruta, la cual está representada por una función. Las acciones que puede tomar el agente están dadas por dos parámetros, una distancia d y un ángulo θ con los cuales el agente decide el siguiente movimiento. El agente tiene dos objetivos: El primero consiste en llegar a una distancia pequeña de un punto meta que se encuentra casi al final de la ruta, y el segundo es estar lo más próximo a la ruta. En base a estos objetivos, la función de recompensa está dada tanto por la distancia entre el agente y la ruta con respecto a y , como la distancia del agente al punto meta. Debido a estos objetivos la función de recompensa queda como sigue:

$$r(s) = \begin{cases} \text{castigo} & , si |s_y - f(s_x)| > dist \\ 0.5 \exp(\|s - sm\|) - \rho |s_y - sm_y| - 0.5 & , si |s_y - f(s_x)| < dist \text{ y } \|s - sm\| > 0.1 \\ \text{premio} & , si \|s - sm\| < 0.1 \end{cases} \quad (8)$$

en donde s es el estado en el que se encuentra el agente, es decir, un punto en el rectángulo, sm es la meta, s_x representa la coordenada x del estado s , s_y representa la coordenada y del estado s y sm_y la coordenada y de la meta, ρ es una constante para incrementar o disminuir la importancia de la distancia entre el agente y la ruta con respecto a la coordenada y , $premio$ es una recompensa positiva por haber logrado el objetivo y $castigo$ una recompensa negativa que se le proporciona al agente cuando hace una acción no deseada, como, por ejemplo, alejarse mucho de la ruta. Este algoritmo, como se ha mencionado anteriormente, consiste en la combinación del algoritmo SARSA y la arquitectura de Actor-Crítico, en donde se realiza la actualización de la función de valor, el *Crítico*, por medio de las Diferencias Temporales, mientras que la actualización de la función de Acción, el *Actor*, se realiza por medio del algoritmo SARSA. Dado que tanto las Diferencias Temporales como el algoritmo SARSA realizan sus estimaciones de forma discreta, se procedió a utilizar las Funciones de Base Radial para realizar las estimaciones en espacios continuos, de éste modo se tiene una Función de Base Radial para la función de valor y dos para la función de acción, ya que la función de valor nos debe dar un valor para cada punto del intervalo de nuestro ambiente y el conjunto de acciones está dado por dos parámetros continuos, ángulo y distancia. El pseudocódigo de nuestro algoritmo es el siguiente:

Inicializar los coeficientes w_n de las funciones de base radial arbitrariamente

Repita (para cada episodio)

Inicialice s

Se elige una acción a de s usando la política derivada de Q (e.g., $\epsilon - greedy$)

Repita (por cada paso del episodio)

Tome la acción a , observe la recompensa r y el siguiente estado s'

$$\epsilon = r + \gamma V(s') - V(s)$$

Si $\epsilon > cr$ (en donde cr es una constante de crítica)

Se entrenan los parámetros de la acción.

Se elige una acción a' de s' usando la política derivada de Q (e.g., $\epsilon - greedy$)

$$Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha [r + \gamma Q(s', a') - Q(s, a)]$$

$$s \leftarrow s' ; a \leftarrow a'$$

Hasta que s es terminal

Hasta que se cumpla una condición de paro.

5 EXPERIMENTOS REALIZADOS

El algoritmo se implementó en MATLAB 7.12.0 y se realizaron 3 experimentos con rutas de distinta dificultad, la primera fue una línea diagonal, la segunda una línea curva y la tercera una curva senoidal. Como condición de paro en estos experimentos, se toma el promedio de las distancias del agente y la ruta con respecto a y en cada paso, el cual, si cumple que es menor que una constante $Pdist$, se procede a terminar el algoritmo. En el primer experimento la ruta a seguir está dada por la función

$$f(x) = 10 - x.$$

Se asignaron los siguientes valores a las constantes del programa: Número de episodios: 10000, Número de pasos por episodio: 110, Número de funciones de costo: 10. Distancia máxima de desplazamiento del agente: 0.5, Distancia Máxima entre el agente y la curva con respecto a la coordenada y : 5 unidades, Ángulo mínimo posible: -65° , Ángulo máximo posible: 65° , Rango de exploración: 20° , σ : 0.9, cr : 0.25, α : 0.1, γ : 0.8, ε : 0.15, ρ : 1, $Pdist$: 0.4, $castigo$: -20, $premio$: 20. El resultado se muestra a continuación:

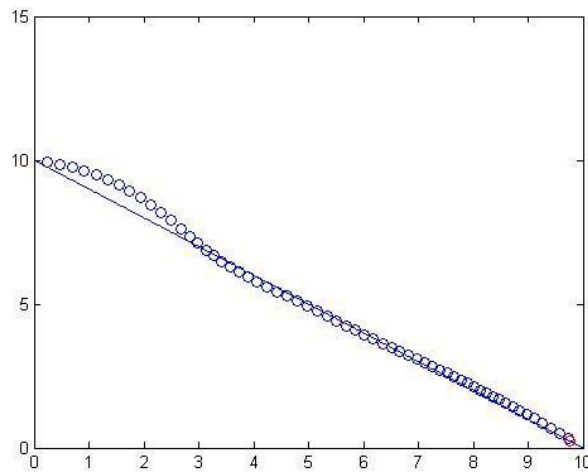


Figura 44.- Política obtenida en el primer experimento con una ruta con forma de línea diagonal, los círculos representan la política que sigue el agente.

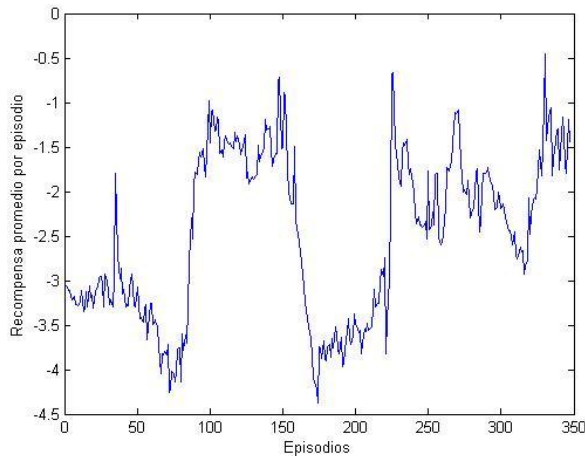


Figura 45.- Gráfica de la recompensa obtenida por episodio durante el primer experimento con la ruta en forma de línea diagonal.

Para el segundo experimento la ruta a seguir está dada por la función

$$f(x) = 9 - \frac{1}{10}x^2. \quad (10)$$

Se asignaron los siguientes valores a las constantes del programa: Número máximo de episodios: 10000, Número de pasos por episodio: 120, Número de funciones de base radial: 30, Distancia máxima de desplazamiento del agente: 0.4, Distancia Máxima entre el agente y la curva con respecto a la coordenada y : 3 unidades, Ángulo mínimo posible: -60° , Ángulo máximo posible: 60° , Rango de exploración: 50° , σ : 0.5, cr : 0.28, α : 0.1, γ : 0.8, ε : 0.2, ρ : 1, $Pdist$: 0.25, $castigo$: -20, $premio$: 20. El resultado se muestra a continuación:

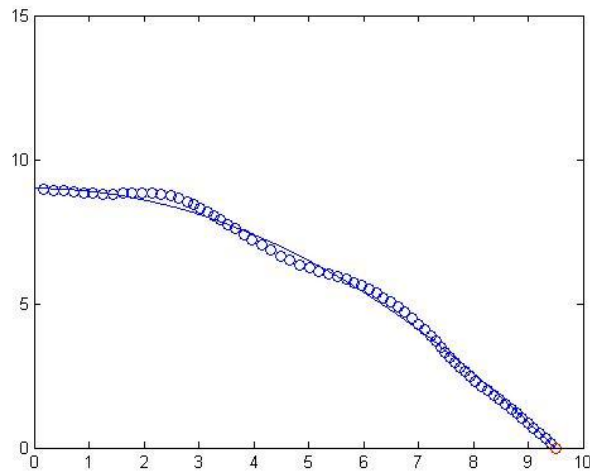


Figura 46.- Política obtenida en el segundo experimento con una ruta en forma de línea curva, los círculos representan la política que sigue el agente.

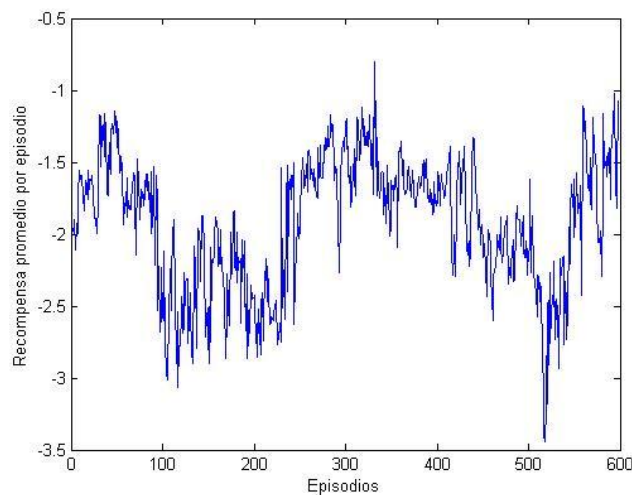


Figura 47.- Gráfica de la recompensa obtenida por episodio durante el segundo experimento con la ruta en forma de línea curva.

Para el tercer experimento la ruta a seguir está dada por la función

$$f(x) = 7 + \sin(x) \quad (11)$$

Se asignaron los siguientes valores a las constantes del programa: Número máximo de episodios: 10000, Número de pasos por episodio: 130, Número de funciones de base radial: 30, Distancia

máxima de desplazamiento del agente: 0.2, Distancia Máxima entre el agente y la curva con respecto a la coordenada y : 1.5 unidades, Ángulo mínimo posible: -65° , Ángulo máximo posible: 65° , Rango de exploración: 80° , σ : 0.5, cr : 0.3, α : 0.1, γ : 0.8, ε : 0.2, ρ : 30, $Pdist$: 0.4, $castigo$: -65, $premio$: 50. El resultado se muestra a continuación:

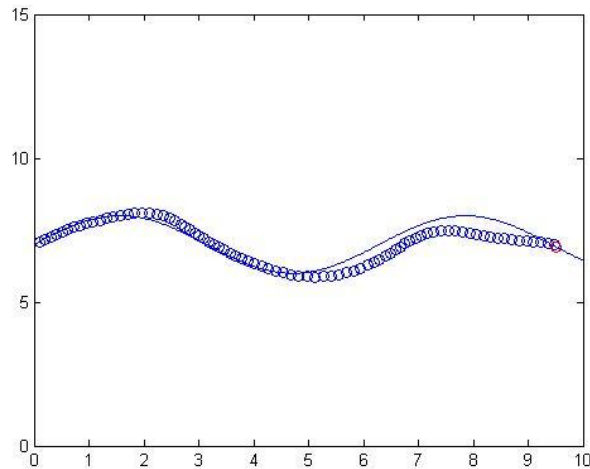


Figura 48.- Política obtenida en el tercer experimento con una ruta con forma senoidal, los círculos representan la política que sigue el agente

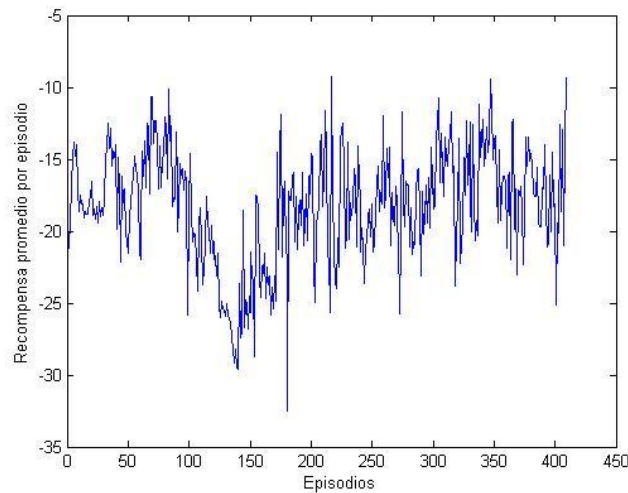


Figura 49.- Gráfica de la recompensa obtenida por episodio durante el tercer experimento.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se puede concluir que los resultados mostrados son satisfactorios, ya que se puede observar que ningún experimento superó los 750 episodios y, en general, el promedio de la distancia entre el agente y la ruta en cada uno de los experimentos no supera 0.4 unidades de distancia; sin embargo, aún es posible mejorar la calidad de la política, quizás aumentando el número de episodios, reajustando algún parámetro del algoritmo o cambiando la política de exploración. Como trabajo futuro se pretende que el algoritmo aproxime curvas cerradas, así como rutas proporcionadas al mover un objeto frente a una cámara. También se pretende realizar experimentos con un robot LEGO, enseñándole una ruta a través de una cámara para que éste la aprenda por medio del algoritmo.

7 REFERENCIAS

1. – Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., Oriolo, G., *Robotics, Modelling, Planning and Control*, (Springer, London), 632, (2009).
2. - Sutton, R.S., Barto, A.G., *Reinforcement Learning: An Introduction* (The MIT Press, Cambridge MA), 322, (1998).
3. - Mitchell, T.M., *Machine Learning* (McGraw-Hill, International), 414, (1997).
4. - Bishop, C.M., *Pattern Recognition and Machine Learning* (Springer, Cambridge), 738, (2006).
5. – Uc, V., Burkhard, H-D., *Robot Control Learning in Continuous State and Action Spaces using 2 Actors and 1 Critic*, First International Workshop on Learning and data Mining for Robotics AT ECML PKDD 2009, “Cap.”, Einoshin Suzuki, Michèle Sebag, (Editorial, Ciudad),11-25,2009.
6. – Uc, V., Proceedings of European Symposium on Artificial Neural Networks – Advances in Computational Intelligence and Learning, “Cap.”, Ed., (Editorial, Ciudad), 161-166 ,(2008).
7. – Hasselt, H., Wiering, M.A., Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Approximate Dynamic Programming and Reinforcement Learning , “Cap.”, Ed., (Editorial, Ciudad), 272-279, (2007).
8. –Hasselt, H., Wiering, M.A., Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, “Cap.”, Ed., (Editorial, Atlanta), 1149 – 1156, (2009).
- 9.- Santamaría, J. C., Sutton, R. S., Ram, A., *Adaptive Behavior*, “ 6 ”, Georgia Institute of Technology, (SAGE publications), 163-213, (1997).
10. - Baltes, J. , Lin, Y., Working notes of the IJCAI'99 Third International Workshop on Robocup, “Cap.”, Ed., (IJCAI Press, ciudad), 162 – 173, (2000).
11. - Kaelbling, L. P. , Littman, M. L. , Moore, A. W., j. of artif. Intell. res., Ed., **4**, num., 237-285, (1996).
12. - Powell, M. J. D., *Algorithms for approximation*, “Cap.”, In J. C. Mason and M. G. Cox , *Algorithms for Approximation*, (Oxford University Press, New York), 143–167, (1987).

SISTEMA GENERADOR DE HORARIOS (SGH)

Computación. Autores: M. en C. Mauro Sánchez Sánchez, Elizabeth Flores Vásquez, Mónica Montiel Pérez, Jorge Antonio Manilla Derbez, Juan José Vega Antonio.
Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Ex Rancho La Virgen Metepec, México, C.P. 52140, tel. 722 2 08 72 16, jorge_derbez_1@hotmail.com, jorgederbez1@gmail.com

RESUMEN

Dentro del Instituto Tecnológico de Toluca el proceso de generación de horarios es considerado como una tarea laboriosa, ya que es necesario considerar factores que son importantes para llevarlo a cabo, como lo son, la cantidad de alumnos faltantes por materia y la especialidad de cada uno de ellos. Este proceso también se vuelve repetitivo al momento de que debe aplicarse de igual forma para cada materia de cada una de las carreras de esta institución educativa.

Por esta razón se presenta el Sistema Generador de Horarios, una herramienta que permite a los coordinadores de cada carrera realizar la generación de horarios de una forma más fácil y correcta, de tal manera que se disminuye considerablemente el tiempo empleado para realizar este proceso actualmente. De la misma forma evita que se asignen las mismas aulas para diferentes materias a la misma hora el mismo día.

ABSTRACT

At Instituto Tecnológico de Toluca the schedule's generation process is considering as a hard task, because is necessary to carry out factors that are really important to do it, such as, the quantity of students who hadn't taken a specific subject and their specialty. This process becomes repetitive at the moment that it has to be applied at the same manner for each career in this educational institution.

For this reason we are introducing "Sistema Generador de Horarios", a tool who allows to the coordinators of each career do the schedule's generation as correct and easy way, so that the time to do this process is reduced. At the same time it avoids to assign the same classrooms for different subjects that are given at the same time.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Actualmente, dentro del Instituto Tecnológico de Toluca el proceso de generación de horarios para cada semestre es muy importante, ya que de él depende que queden establecidas las horas clase que cubrirán los catedráticos de cada carrera. De igual forma, este proceso les indica a todos los alumnos esta institución cuáles son las horas en las que les serán impartidas sus clases, de acuerdo a la especialidad a la que ellos pertenecen.

Para que la generación de los horarios se realice de la mejor manera posible, es necesario conocer cuántos grupos se abrirán para cada materia de todas las carreras, y qué maestros deben impartirlos. Por lo anterior es necesario prestar atención en todos los aspectos que juegan un papel importante para llevar a cabo este proceso, como lo son los alumnos faltantes de cada materia o el semestre en el que se encuentran los mismos.

La generación de horarios es responsabilidad de la jefatura y la coordinación pertenecientes a cada área profesional del tecnológico, los cuales requieren aproximadamente de tres meses para generar los horarios que estarán disponibles el semestre próximo, convirtiéndose en una ardua labor.

Durante cada uno de los semestres, los coordinadores de cada carrera se encargan de analizar diversas estadísticas que contienen los datos necesarios para la creación de los grupos, los cuales deben de ser manipulados con operaciones para precisar que los mismos sean más concretos y arrojar información relevante para determinar qué grupos estarán disponibles para el próximo semestre y qué cantidad de grupos habrá para cada materia.

1.2. Definición del problema

Este proceso se vuelve laborioso al momento en que se debe realizar de la misma manera para todas las materias de cada carrera y diversas especialidades, lo que implica una elevada inversión de tiempo y recursos materiales empleados en dicho proceso, como lo es el papel. Además de ser un proceso laborioso, este proceso está propenso al error, debido a que es posible que se cometan errores al momento de realizar las operaciones apropiadas para determinar la cantidad de grupos disponibles para cada semestre.

Por lo anterior, es necesario implementar una herramienta que permita realizar la generación de los horarios de una forma más fácil y eficiente, evitando al máximo errores que son cometidos con el proceso actual.

1.3. Justificación

El Sistema Generador de Horarios permite realizar el proceso de generación de horarios para cada semestre en un tiempo considerablemente menor al proceso actual (3 meses), ya que no existe ninguna herramienta computacional que pueda hacer más eficiente este proceso, apegándose estrictamente a las reglas de negocio que son establecidas por parte de la institución para realizarlo de la forma correcta.

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1. Servidores

Un servidor es una computadora que forma parte de una red y que provee servicios a otras computadoras, que reciben el nombre de clientes.

Los servidores suelen utilizarse para almacenar archivos digitales. El cliente, por lo tanto, se conecta a través de la red con el servidor y accede a los archivos en cuestión. En ocasiones, la computadora puede cumplir con las funciones de servidor y de cliente de manera simultánea [2].

2.2. HTML

Es un lenguaje de programación que se utiliza para el desarrollo de páginas de Internet. Se trata de la sigla de HyperText Markup Language, es decir, Lenguaje de Marcas de Hipertexto [1].

HTML permite describir la estructura y el contenido en forma de texto, además de complementar el texto con objetos tales como imágenes. Este lenguaje se escribe mediante etiquetas, que aparecen especificadas por corchetes angulares (< y >).

Por otra parte, HTML permite incluir scripts (por ejemplo, de Javascript), códigos que pueden modificar el comportamiento de los navegadores web y de otros procesadores de HTML [1].

2.3. Oracle

El Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) consiste en un conjunto de programas, procedimientos y lenguajes que nos proporcionan las herramientas necesarias para trabajar con una base de datos. Incorporar una serie de funciones que nos permita definir los registros, sus campos, sus relaciones, insertar, suprimir, modificar y consultar los datos [2].

Oracle es una potente herramienta basada en la arquitectura Cliente/Servidor para la gestión de bases de datos relacionales. Ofrece una interfaz intuitiva basada en el explorador, que es capaz de administrar las bases de datos, crear tablas, vistas y otros objetos de bases de datos, importar, exportar y visualizar datos de tablas, ejecutar scripts de SQL y generar informes. Además, soporta transacciones, es estable, escalable y multiplataforma [2].

2.4. JQuery

Es una biblioteca de Javascript que nos permite simplificar la manera de poder interactuar con los documentos en HTML. Nos permite agregar interacción con la tecnología AJAX en páginas web y blogs, crear y desarrollar animaciones y manejar eventos.

JQuery nos proporciona una serie de funcionalidades basadas en Javascript que, de otra manera, requerirían de mucho más código [1].

2.5. PHP (PHP Hypertext Pre-processor)

Es el lenguaje de programación usado generalmente en la creación de contenidos para sitios web. Es un lenguaje interpretado especialmente usado para crear contenido dinámico web y aplicaciones para servidores. Generalmente los scripts en PHP se embeben en otros códigos como HTML, ampliando las posibilidades del diseñador de páginas web [1].

La interpretación y ejecución de los scripts PHP se hacen en el servidor, el cliente sólo recibe el resultado de la ejecución.

Permite la conexión a todo tipo de servidores de base de datos como MySQL, Postgres, Oracle, ODBC, DB2, Microsoft SQL Server, Firebird y SQLite.

2.6. ODBC (Open DatabaseConnectivity)

Es un estándar de acceso a bases de datos que tiene por objetivo de hacer posible el acceso a cualquier base de datos desde cualquier aplicación, sin importar qué DBMS almacene los datos.

ODBC logra esto al insertar una capa intermedia llamada manejador de Bases de Datos, entre la aplicación y el DBMS, el propósito de esta capa es traducir las consultas de datos de la aplicación en comandos que el DBMS entienda. Para que esto funcione tanto la aplicación como el DBMS deben ser compatibles con ODBC. La aplicación debe ser capaz de producir comandos ODBC y el DBMS debe ser capaz de responder a ellos [2].

3. ¿QUÉ ES SGH?

Es un sistema diseñado para el Instituto Tecnológico de Toluca que tiene como objetivo resolver una problemática actual dentro del instituto como lo es la generación de los grupos que será abiertos para los alumnos en un semestre próximo, es capaz de realizar los cálculos necesarios y optimizar de manera considerable el tiempo de realización del mismo proceso, además de contar con la opinión de unos de los actores involucrados como son los alumnos, ellos toman la decisión de elegir las materias que posiblemente tomaran, ayudando así al usuario principal del sistema que son los coordinadores de cada carrera; ellos son cruciales para la toma de decisiones del sistema.

Además el sistema cuenta con una interfaz amigable y fácil de utilizar para los usuarios.



Figura 1. Interfaz de SGH. Pantalla principal del sistema.

3.1. ¿Cómo funciona?

El Sistema Generador de Horarios permite que la realización de este proceso de generación de horarios sea más fácil y mucho más eficiente, debido a que es un sistema que se encarga de analizar las estadísticas con las que cuentan los coordinadores para la generación de grupos y horarios pertenecientes al semestre próximo a cursar. Este análisis consiste en realizar los cálculos matemáticos adecuados para poder determinar la cantidad de alumnos para cada materia, y con ello determinar el número de grupos que estarán disponibles.

Este sistema también involucra la participación activa de los alumnos del Instituto Tecnológico de Toluca, ya que ellos se encargarán de indicar cuáles son las materias que posiblemente cursarán en su próximo semestre, lo que le brinda al coordinador la opción de abrir grupos por medio de la encuesta realizada a los alumnos.

A continuación se describe detalladamente el funcionamiento del sistema con sus respectivas interfaces:

1. En la siguiente figura se muestra la forma en cómo un directivo ingresa al sistema con un identificador y una contraseña.



Figura 2. Ingreso de un directivo al sistema.

2. Una vez que el coordinador haya ingresado al sistema, elige que carrera quiere administrar, esto es en caso de que éste sea el mismo para dos carreras. A continuación se le muestra la pantalla de inicio de sesión.



Figura 3. Pantalla de inicio de sesión de directivos.

3. Posteriormente el sistema le permite al coordinador determinar los grupos en base a las siguientes estadísticas de todas las materias para cada especialidad:
 - Número de alumnos inscritos.
 - Número de alumnos aprobados.
 - Número de alumnos reprobados.
 - Número de alumnos faltantes.

Posteriormente analizadas las anteriores, se aplica una encuesta a todos los alumnos dentro de la institución para que determinen cuáles serán las materias que cursarán el semestre próximo al actual. Una vez contabilizados los grupos generados por estadísticas y por encuestas, el coordinador determina la cantidad de grupos por materia que habrá para el próximo semestre, como lo muestra la siguiente figura.



SELECCIÓN DE GRUPOS

MATERIA	POR ESTADÍSTICAS	POR ENCUESTAS
ARQUITECTURA DE RED	1 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/>
CULTURA EMPRESARIAL	1 <input type="radio"/>	
FUNDAMENTOS DE DESARROLLO DE SISTEMAS	1 <input type="radio"/>	
PROGRAMACION DE WEB	1 <input type="radio"/>	
PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS	1 <input type="radio"/>	
REDES DE COMPUTADORAS	1 <input type="radio"/>	
SISTEMAS OPERATIVOS		1 <input type="radio"/>
TALLER DE INVESTIGACION I	1 <input type="radio"/>	
TEORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES	1 <input type="radio"/>	

Aceptar

Administración:

Tabla de Comparación

Grupos Finales

Figura 4. Selección de grupos.

- Posteriormente, el sistema le muestra al coordinador los grupos generados con su respectivo identificador, para que finalmente, pueda determinar el horario final para el siguiente curso (Figura 5, Figura6).



GRUPOS FINALES

ID GRUPO	MATERIA
100900	PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS
100900	PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS
113000	TALLER DE INVESTIGACION I
113600	TEORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES
113600	TEORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES
113600	TEORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES
114100	REDES DE COMPUTADORAS
114100	REDES DE COMPUTADORAS
114300	FUNDAMENTOS DE DESARROLLO DE SISTEMAS
114600	PROGRAMACION DE WEB
114700	SISTEMAS OPERATIVOS
115100	CULTURA EMPRESARIAL
115100	CULTURA EMPRESARIAL
115100	CULTURA EMPRESARIAL
115100	CULTURA EMPRESARIAL
115100	CULTURA EMPRESARIAL
156500	ARQUITECTURA DE RED

Administración:

Tabla de Comparación
Grupos Finales

Figura 5. Grupos Finales.



SELECCIÓN DE GRUPOS

Paso 2: Asignación de grupos - ISIC-2004-296

<ul style="list-style-type: none"> 1º Semestre 133100 CAL. DIP. 133101 CAL. DIP. 133102 CAL. DIP. 100300 FISICA I 100301 FISICA I 2º Semestre 3º Semestre 4º Semestre 5º Semestre 6º Semestre 7º Semestre 8º Semestre 9º Semestre <p>Asigne la materia al grupo/ hora deseado.</p>	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes			
	E1	LR1	LR2	Q1	Q2	Q8	U1	
	7-8	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	8-9	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	9-10	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	10-11	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	11-12	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	12-13	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	13-14	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	14-15	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	15-16	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	16-17	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	17-18	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	18-19	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	19-20	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío
	20-21	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío	vacío

otras

Copyright ©. Todos los derechos reservados.

Figura 6. Generación de Horarios Finales

3.2. Tecnología utilizada en SGH

Para llevar a cabo la realización del proyecto utilizamos diferentes tecnologías para desarrollar cada una de las partes que conforman al mismo y son:

- **Oracle 8i (Requisito de la Institución):** Es el gestor utilizado para la creación y mantenimiento de la base de datos del proyecto.
- **PHP (Orientado a Objetos):** Lenguaje de programación web utilizado para la realización de la conexión con nuestra base de datos.

- **HTML:** Lenguaje de programación web utilizado para la realización de algunos aspectos del proyecto y diseño del mismo.
- **CSS:** Este lenguaje de programación utilizado para el diseño y personalización de las interfaces del proyecto.
- **JQUERY:** Fue utilizado para mejorar las interfaces del proyecto, ya que cuenta con interfaces muy amigables para los usuarios y fáciles de usar.

4. CONCLUSIÓN

La utilización del Sistema Generador de Horarios se mejora de manera muy notablemente la funcionalidad la gestión de horarios dentro del Instituto Tecnológico de Toluca, reduciendo de manera considerable el tiempo para su realización, y al mismo tiempo, evitando el uso de recursos materiales (papel) durante su elaboración.

REFERENCIAS

- [1] Soria Mompaler, Ramón. *HTML 4 Diseño y creación de páginas Web*. (AlfaOmega), Madrid. (2002).
- [2] Pérez López, César. *Administración y análisis de bases de datos*. (AlfaOmega). México, D.F. (2005).

SISTEMA MEDIDOR DE CALORÍAS

Mauro Sánchez Sánchez, Javier Gómez Lugo, Nemrod Dan Misraim Montaña Cervantes, Sergio Carbajal Millán, Erik David Hernández Martínez.

Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Ex Rancho La Virgen Metepec, México, C.P. 52140, Tel. 722 2 08 72 16, e-mails:{msanchez, jgomezl, 07280849, 07280043, 08280631}@ittoluca.edu.mx

RESUMEN

En todo el mundo existe un problema muy grave de salud, la obesidad. La obesidad es una enfermedad crónica que causa la acumulación excesiva de grasa corporal, este problema de salud ha tenido un impacto mayor en la actualidad, debido a que muchos de los productos que consumimos, son procesados y contienen altos niveles de calorías, carbohidratos, entre otros compuestos orgánicos.

El problema real es que muchas de las veces no nos damos a la tarea de consultar cuantas son las calorías que ingerimos en cada uno de nuestros alimentos, esto se debe principalmente a la falta de tiempo, la vida de hoy es muy acelerada y lo primero que vemos viable es consumir alimentos en la calle, donde no sabemos que es lo que realmente se usa para elaborar los alimentos.

El Sistema Medidor de Calorías tiene el propósito de informar a las personas, la cantidad de calorías que se encuentran en cada uno de los alimentos que consumen en el transcurso del día y, si fuese el caso, informar las actividades físicas necesarias que debe realizar el usuario para quemar las calorías consumidas en exceso.

Abstract

Worldwide there is a very serious health problem, called obesity. It is a chronic disease that causes excessive accumulation of body fat, it has had a major impact today, because many of the products we eat are processed and contain high levels of calories, carbohydrates, between other organic compounds.

The real problem is that many times we don't take the task to see how many calories we eat in each one of our food, this is mainly due to lack of time, today's life goes faster and our first solution for food, is fast-food, where we do not know what is really being used to produce the food.

The Calorie Meter System is intended to inform people, the amount of calories found in each food they eat during the day and, in case of being necessary, informs physical activities to be performed by the user to burn the excess of consumed calories.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En México, el 30% del total de la población tiene obesidad y 70% tiene sobrepeso, por lo que la obesidad es una de las enfermedades con mayor crecimiento en el país [1]. Lo anterior se debe a que principalmente al sedentarismo y a la comida que consumimos con poca aportación nutrimental.

Debido a este problema de salud que ha ido creciendo, las instituciones de salud en México como son el IMSS, ISSSTE, ISSEMYM, entre otras, se han tenido que dar a la tarea de atender a pacientes con obesidad mórbida. El tratamiento para esta enfermedad requiere de una infraestructura muy compleja, por lo que la aportación de inversión es muy elevada [2].

Aunque existen campañas de salud, es muy poca la gente que realmente pone interés en su cuidado personal esto debido, principalmente, a la falta de tiempo [3]. La vida en la actualidad es muy rápida, no da tiempo de casi nada, por lo que las personas no tomamos en cuenta que es lo que consumimos, si no que nada más comemos lo primero que encontramos en la calle.

1.2 Definición Del Problema

Cuando alguna persona consulta a un nutriólogo, este le recomienda una dieta y, quizá, ciertas actividades físicas que debe realizar junto con la dieta. El problema con estas dietas es que muchas de las veces los alimentos que recomiendan no son del apetito de la persona, por lo que terminan por dejarla a un lado y seguir su vida como la han llevado por mucho tiempo.

Una parte fundamental del problema es que muchas de las personas no se dan a la tarea de revisar que es lo que consumen, es decir, la calidad del alimento y sobre todo, las calorías.

Las calorías son una medida de valor energético que sirven para aportar la energía que se necesita para vivir. El cuerpo humano necesita energía para realizar las funciones vitales y para afrontar la actividad física diaria, el gasto energético es el Metabolismo Basal, que es la energía necesaria para mantener las funciones vitales y la temperatura corporal cuando estamos en reposo.

El problema que existe es que consumimos alimentos en abundancia y no nos percatamos de cuantas son las calorías que estamos consumiendo por medio de dichos alimentos. La cantidad de calorías que debemos consumir está determinada por el Índice Metabólico Basal.

1.3 Justificación

Observando las situaciones anteriores, y para darles una solución que sea fácil de llevar, es que desarrollamos el Sistema Medidor de Calorías, el cual no pretende ser la sustitución de un nutriólogo, sino una herramienta para cuidar la salud de las personas mediante información confiable de los alimentos que son consumidos.

Los alimentos que se encuentran en la base de datos son de los más comunes que se consumen en la actualidad, y poseen un aproximado de las calorías que se encuentran en ellos. Las actividades físicas son actividades que realizamos en la vida cotidiana, como son caminar, correr, andar en bicicleta, nadar, etc. No son actividades que sean complicadas de realizar por lo que se motiva más a las personas a realizarlo, pues no lo ven como una imposición.

2 FUNDAMENTACIÓN

2.1 Control De Calorías

Todas las personas requieren de calorías para poder realizar sus actividades diarias, pero cada persona requiere una cierta cantidad en específico, dependiendo de la edad, el sexo, estatura y peso. Para poder obtener esta cifra de calorías, se requiere de ciertos cálculos que, normalmente, realizan los nutriólogos.

2.2 Índice De Masa Corporal

Es un estándar para conocer la situación de nuestro peso en relación con la altura. Nos permite saber si nuestro peso se encuentra estable, por encima o por debajo de su nivel óptimo [4]. El Índice de Masa Corporal es utilizado por el Sistema Medidor de Calorías para poder proporcionar el peso ideal al usuario, y que él sepa si se encuentra dentro de los límites.

2.3 Índice Metabólico Basal

El Índice Metabólico Basal (IMB) es un cálculo que nos proporciona cuantas son las calorías que necesitamos consumir al día. Este cálculo está comprendido por la edad, la estatura y el sexo, principalmente. Las mujeres tienden a tener valores de IMB más bajos que los hombres, debido a su menor porcentaje de masa corporal [5]. El Sistema Medidor de Calorías utiliza el Índice Metabólico Basal para determinar cuántas son las calorías que necesita el usuario consumir diariamente.

Por lo que cuando un usuario ingresa los alimentos consumidos y estos sobrepasan el total de calorías requeridas, el Sistema Medidor de Calorías avisa que se ha consumido en exceso calorías.

2.4 Actividades Físicas

Una actividad física es cualquier movimiento que sea capaz de hacer trabajar al cuerpo más fuerte de lo normal. El realizar una actividad física requiere del uso de las calorías que se encuentran en el cuerpo. Entre más compleja y más movimiento tenga la actividad, mayor será la cantidad de calorías que se necesiten para poder realizarla [6].

El Sistema Medidor de Calorías muestra una gran diversidad de actividades que el usuario puede realizar, esto en caso de que llegue a exceder la cantidad de calorías que le fueron proporcionadas. Las actividades físicas que se le recomiendan realizar a los usuarios son desde las más básicas como son caminar hasta algunas un poco más complejas como montañismo, buceo, etc., estas van a depender de la cantidad total de calorías excedidas, entre más sea la cantidad, mayor complejidad tendrá la actividad.

2.5 Nutriólogo

Un nutriólogo es un médico profesional que se encarga de estudiar y brindar la alimentación que las personas sanas, en riesgo o enfermos, llevamos diariamente [7]. Normalmente un nutriólogo

proporciona dietas o programas de alimentación para las personas que acuden con él. Cuando un nutriólogo proporciona una dieta a un paciente es porque debe seguir al pie de la letra la dieta para que vea el efecto. Como se mencionó anteriormente, la vida en la actualidad es muy acelerada y pocas veces nos damos el tiempo para comer saludablemente, y mucho menos seguir una dieta.

Ya que el Sistema Medidor de Calorías no es un nutriólogo ni un médico, no toma en consideración ninguna enfermedad física, ya que no controla ni genera un diagnóstico para estas, sino solamente informa del consumo calórico del usuario.

3 ¿QUÉ ES EL SISTEMA MEDIDOR DE CALORÍAS?

El Sistema Medidor de Calorías es un sistema que se encarga de mostrar las calorías consumidas por una persona, de acuerdo a los alimentos que este ingrese en al sistema. Muestra también el peso ideal, las calorías diarias que debe consumir de acuerdo a sus datos personales, así como recomendaciones de actividades físicas que puede realizar.



(Figura 1. Interfaz del Sistema Medidor de Calorías, pantalla principal)

3.1 ¿Cómo Funciona?

Para que el usuario pueda hacer uso del sistema, lo primero que debe de realizar es su "Registro". Este lo hace en el apartado con el mismo nombre, en el se le pedirán los siguientes datos:

- Nombre
- Edad
- Sexo
- Estatura
- Peso
- Correo electrónico
- Usuario
- Contraseña

Una vez que el usuario se ha registrado, puede revisar su perfil, que es en donde se encuentra la información que le fue solicitado y además con algunos datos que se generan con base a la

información que ingreso como es el peso ideal y el consumo de calorías diario. La parte importante del Sistema Medidor de Calorías es la sección de “Calorías consumidas”, que es en la cual, el usuario ingresa los alimentos que son ingeridos por él, ya sea platillo, alimento o bebida.

¿SABES CUÁNTAS CALORÍAS CONSUMISTE?

Cuenta Calorías

INGRESA LOS ALIMENTOS QUE COMISTE:

Alimento(s) o bebida(s):	Tipo:	Porción(es):
Agua	Alimento	1
Fresa	Alimento	2
Chilaquiles	Platillo	1

Agregar Eliminar Enviar

MI PERFIL CALORÍAS CONSUMIDAS HISTORIAL CERRAR SESIÓN

¿SABES CUÁNTAS CALORÍAS CONSUMISTE?

MI PERFIL

MODIFICA TU IMAGEN

CALORÍAS NECESARIAS DIARIAS: 2277 Kilocalorías.

Ligas de Ayuda

VALORES CALORICOS DE ALIMENTOS

GRUPOS ALIMENTICIOS

¿NO SABES QUE COMER?

¿Y AHORA QUE?

COPYRIGHT © 2011 DESIMEX

(Figura 2. Interfaz del Sistema Medidor de Calorías, pantalla de “Calorías Consumidas”)

El usuario ingresa los alimentos consumidos en el día. En caso de que alguno de estos alimentos o bebidas no se encuentren en la base de datos del Sistema Medidor de Calorías, el usuario puede hacer la petición de ingreso del alimento que no fue encontrado, según sea el caso.

¿SABES CUÁNTAS CALORIAS CONSUMISTE?

VALORES CALORICOS

Alimentos:

Alimento: Fresa 36 Kilocalorías Cantidad: 2 porción(es)

Platillos:

Platillo: Chilaquiles (Tortilla, Queso, Crema, Cebolla) 350 Kilocalorías Cantidad: 1 porción(es)

ALIMENTOS NO ENCONTRADOS:

DESCRIPCIÓN:

Ingresa una descripción de los alimentos no encontrados, por ejemplo: Arroz con abondigas, ingredientes: arroz, carne molida, jitomate, pan molido, huevo

Agregar Alimentos

MI PERFIL CALORÍAS CONSUMIDAS HISTORIAL CERRAR SESIÓN

¿SABES CUÁNTAS CALORIAS CONSUMISTE?

MI PERFIL

MODIFICA TU IMAGEN

CALORIAS NECESARIAS DIARIAS: 2277 Kilocalorías.

CONSUMO TOTAL CON DIFERENCIA: Le falta 1855 Kilocalorías por consumir

Ligas de Ayuda

VALORES CALORICOS DE ALIMENTOS

GRUPOS ALIMENTICIOS

¿NO SABES QUE COMER?

¿Y AHORA QUE?

(Figura 3. Interfaz del Sistema Medidor de Calorías, pantalla de “Calorías Consumidas”, descripción de valores calóricos)

3.2 Tecnología Utilizada

3.2.1 HTML

Es un lenguaje de marcado que predomina para la elaboración de páginas web. Es el acrónimo de HyperText Markup Language. En la actualidad, el formato del HTML, es uno de los más populares, en cuanto a la construcción de páginas web [8]. Esto se debe en gran medida al soporte por parte de los navegadores existentes, como son Netscape, Firefox, Microsoft Explorer, entre otros. Este lenguaje es usado principalmente para generar páginas estáticas. Dentro de sus características se encuentran:

- Permite crear lenguajes de codificación descriptivos.
- Define una estructura de documentos jerárquica, con elementos y componentes interconectados.
- Proporciona una especificación formal completa del documento.
- No tiene un conjunto implícito de convenciones de señalización.
- Soporta, por tanto, un conjunto flexible de juegos de etiquetas.
- Los documentos generados por él son legibles.

3.2.2 PHP

Es un lenguaje de programación para desarrollo web que se encuentra del lado del servidor y que puede ser incrustado en lenguaje HTML. Es un acrónimo de PHP Hypertext Pre-processor. Sirve para crear contenido dinámico web y aplicaciones para servidores [9]. Por ejemplo, se puede obtener información desde una base de datos, para luego en el mismo instante generar una página que será la que vera el usuario.

Hoy en día, el PHP presenta características esenciales que lo hacen ser tan eficaz. Posee un lenguaje multiplataforma, es decir, un *software* que trabaja en diversas plataformas; conexión y aporte con un gran número de bases de dato como MySQL, Oracle, Informix, entre otros; capacidad de expandirse potencialmente por su gran cantidad de módulos; con bibliotecas externas de funciones, entre otras.

3.2.3 JavaScript

Es un lenguaje interpretado que permite crear acciones en las páginas web, se encuentra del lado del cliente, ya que es el navegador de internet el que soporta su procesamiento. Se pueden definir o crear aspectos especiales en las páginas y definir interactividades con el usuario.

Entre las acciones típicas que se pueden realizar en JavaScript existen 2. Por un lado los efectos especiales sobre páginas web, para crear contenidos dinámicos y elementos de la página que tengan movimiento, cambien de color o cualquier otro dinamismo. Por el otro, JavaScript nos permite ejecutar instrucciones como respuesta a las acciones del usuario, con lo que podemos crear páginas interactivas con programas como calculadoras, agendas, o tablas de cálculo [10].

JavaScript es un lenguaje con muchas posibilidades, permite la programación de pequeños scripts, pero también de programas más grandes, orientados a objetos, con funciones, estructuras de datos complejas, etc.

4 CONCLUSIÓN

El Sistema Medidor de Calorías ayudará a las personas a tener un mejor control sobre aquellos alimentos que consumen, ya que muestra en números todo lo que estamos consumiendo. El Sistema Medidor de Calorías no pretende ser un nutriólogo, sino una opción en la cual el usuario consuma lo que desee, entendiendo que si se excede, debe hacer algo para mantenerse en su nivel óptimo de calorías.

5 REFERENCIAS

1. OCDE: México supera a EU en obesidad, Recuperado el 23 de marzo de 2012 del sitio web: <http://www.eluniversal.com.mx/primer/35586.html>.
2. Enf. Maureen Mosti, Obesidad en México: Un Problema de Peso, Recuperado el día 23 de marzo de 2012 del sitio web: <http://www.abchospital.com/articulos/item/2010/02/10/obesidad-en-m%C3%A9xico-un-problema-de-peso>.
3. Marta Durán de la Huerta, México, primer lugar mundial en obesidad, Recuperado el día 23 de marzo de 2012 del sitio web: <http://www.rnw.nl/espanol/article/mexico-primer-lugar-mundial-en-obesidad>.
4. Índice de Masa Corporal, Recuperado el día 23 de marzo de 2012 del sitio web: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/007196.htm>.
5. Thomas M. Devlin, *Bioquímica*, (Ed. Reverté, S.A., Barcelona), 1118, (2004).
6. Actividades Físicas, Recuperado el día 23 de marzo de 2012, del documento: http://www.iedar.es/nuevo/act_fisic.pdf.
7. El nutriólogo, Universidad Católica, Recuperado el día 24 de marzo de 2012 del sitio web: <http://nutricion.univa.mx/nutriologo.html>.
8. Álvaro Martínez Echevarría, Manual Práctico de HTML, Recuperado el día 24 de marzo de 2012, del sitio web: <http://www-app.etsit.upm.es/~alvaro/manual/manual.html>.
9. ¿Qué es PHP?, Recuperado el día 24 de marzo de 2012, del sitio web: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>.
10. Javier Eguiluz Pérez, Introducción a JavaScript, (Librosweb.com), 5, (2009)

SITIO WEB PARA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMATIZADA (EMA) DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE NOGALES

Sigifredo García Alva, Guillermina Muñoz Zamora, Román Gabriel Duarte Valenzuela, Jesús Raúl Cruz Rentería, Ismael Armando Zúñiga Félix, Zindi Sánchez Hernández, Ludivina Gutiérrez Torres

Instituto Tecnológico de Nogales, División de Estudios de Posgrado e Investigación

sgarcia@depiitn.edu.mx,

guillemunoz@depiitn.edu.mx,

roman.duarte@gmail.com,

rcruz@depiitn.edu.mx,

iz@depiitn.edu.mx,

zindi.sanchez@depiitn.edu.mx,

ludygt@depiitn.edu.mx

RESUMEN

El propósito de este trabajo, se basa en la inquietud de mostrar a los interesados en esta materia, una información que se apegue a datos reales sobre la variedad de las condiciones atmosféricas para esta ciudad de Nogales, Sonora; así mismo mantener informada a la comunidad Nogalense, publicando de una forma clara y precisa la información a través de Internet. Actualmente el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) cuenta con una estación meteorológica automática instalada en Nogales, pero la información es publicada de una manera poco atractiva y poco amigable y sobre todo con, muy poca utilidad para la consulta pública, también hay otros aspectos importantes que se toman en cuenta para este proyecto, tal como contar con una EMA de las más completas en cuanto a sensores y también contar una base de datos de las variables meteorológicas reales de Nogales como son temperatura, sensación térmica, índice de rocío, índice de calor, humedad, velocidad del viento, presión atmosférica, precipitación, el índice de rayos Ultra Violeta y radiación solar, información que se muestra cada 15 minutos y se guarda por hora, así mismo tiene la opción para consultar información de fechas anteriores y ver graficas que sirvan para conocer la situación climática así como apoyar a estudios e investigaciones que actualmente se encuentran en proceso.

ABSTRACT

The purpose of this study is based on the concern to share to the interest in this matter, information with to real data about the variety of weather conditions for the city of Nogales, Sonora, likewise and to the community informed, publishing in clear and accurate way information via the Internet. Currently the Servicio Meteorológico Nacional (SMN) has installed an automatic weather station in Nogales, but the information is published in an unattractive and not very friendly way and above all, very with little use to the public consultation, there are other important aspects that are taken into consideration for this project as having an EMA of the most complete in terms of sensors and also have a database of meteorological variables such as Nogales real temperature, wind chill, dew index, heat index, humidity, wind speed, atmospheric pressure, precipitation, the index of ultra-violet and solar radiation the information is shown every 15 minutes and saved every hour, so it has the option to provide information of previous dates and provide graphs that can display the weather conditions to support analysis and research that are currently in progress.

INTRODUCCIÓN

Debido a que el clima juega un papel relevante en muchos aspectos de nuestra vida, siempre ha interesado al hombre conocer el comportamiento de los fenómenos meteorológicos y climáticos no para controlarlos sino para entenderlos debido a que las actividades rutinarias de la vida cotidiana, la salud, la calidad del medio ambiente y la economía nacional se ven afectadas por éstos dado que son extremadamente complejos por la cantidad de variables que pueden interactuar en ellos, pero la base es conocer la información real de algunas de las principales variables y tratar de pronosticarlas [1][2].

Actualmente para los pronósticos climáticos se apoyan en diferente herramientas que van desde satélites geoestacionarios y satélites de órbita polar así como radares Doppler para la obtención de imágenes visibles, infrarrojas y de vapor de agua y observatorios climáticos entre otros con los cuales nos permiten cubrir un amplio espectro del globo terráqueo y realizar pronósticos de

tendencias climáticas con valores máximos y mínimos y porcentajes por horas y por días. Por otro lado para microclima o clima local tenemos las Estaciones Meteorológicas Convencionales (EMC) las cuales requieren de un observador capacitado y las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) estas nos dan información real y válida para en un tiempo determinado para una área limitada de alrededor de 5 km en terrenos planos, la combinación de estas herramientas para pronósticos y de tiempo real proporcionan una información más robusta sobre las condiciones meteorológicas [3][4][5].

En internet tenemos una serie de sitios que nos proporcionan información climática como ejemplo esta Weather Watcher, WeatherBug, Weather Underground y The Weather Channel, entre sus ventajas está la de ofrecer imágenes de satélite en tiempo real, una predicción extendida de la mañana y de la noche, alerta de clima severo, radar animado, mapas del clima hasta niveles de polen entre otros su información es pronosticada hasta para horas y días pero casi siempre hay una diferencia con respecto a la información real de las estaciones meteorológicas[6][7].

En México contamos con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de México, es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo que prevalece o afecta el territorio nacional. El SMN depende directamente de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que a la vez forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas.

Para llevar a cabo sus objetivos el SMN cuenta con la siguiente infraestructura: integrada por 79 observatorios meteorológicos, 16 estaciones de radio sondeo, Red de 13 radares meteorológicos, Estación terrena receptora de imágenes del satélite meteorológico GOES-8, Las imágenes se utilizan para detectar, identificar y dar seguimiento a los fenómenos meteorológicos severos como tormentas, frentes fríos o huracanes. Por medio de las imágenes también se puede estimar la intensidad de la precipitación. Esta información es utilizada por los meteorólogos en la elaboración de sus pronósticos para cada región del país. [8]

El SMN también cuenta con Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA's), que son básicamente dispositivos eléctricos y mecánicos que realizan mediciones de las variables meteorológicas de forma automática (sobre todo en forma numérica). Su función principal es la recopilación y monitoreo de algunas variables meteorológicas para generar archivos del promedio de cada 10 minutos de todas las variables, esta información es enviada vía satélite en intervalos de 1 ó 3 horas por estación.

El SMN tiene un espacio asignado en su sitio de consulta de Internet para las EMA's, en la dirección electrónica <http://smn.cna.gob.mx/emas/>, en la cual es posible buscar y obtener información de variables meteorológicas por región, estado y ciudad donde se tiene instalada cada una de estas estaciones. También es posible obtener una imagen de mapa, imagen de infrarrojo, imagen visible o imagen de vapor de agua; en periodos de 10 minutos, 60 minutos o 24 horas. Este sistema de consulta nos despliega la información de las variables meteorológicas de precipitación y temperatura, y solamente información del mes actual sin posibilidad de elegir fechas para la consulta de datos históricos.

La red de EMA's del SMN, cuenta con 6 de ellas ubicadas en el estado de Sonora como se muestra en la figura 1, una de ellas ubicada en la ciudad de Nogales la cual se encuentra en la parte sureste de la ciudad a una distancia de unos 6 km de la EMA del Tecnológico de Nogales y en Nogales Arizona tiene varios EMAs uno de ellos el de National Weather Service se encuentra en el aeropuerto a una distancia de 15 km con el del Instituto Tecnológico.

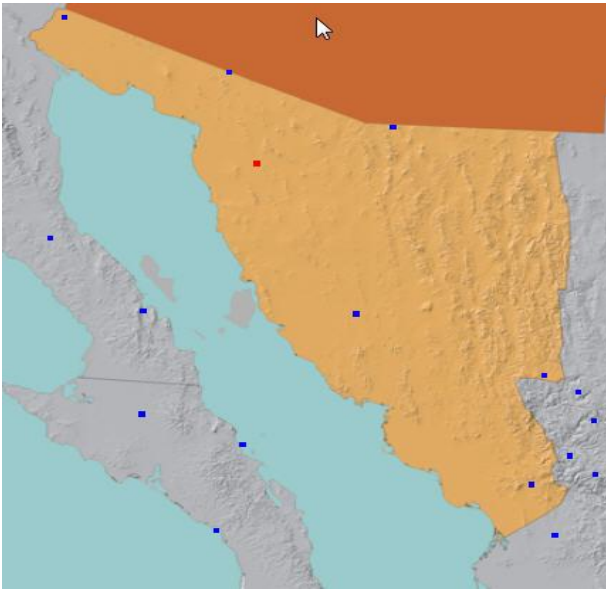


Figura. 1 Ubicación de las EMAs del SMN en el estado de Sonora.

Uno de los problemas principales por lo que los pronósticos pierden exactitud es debido a los microclimas o climas locales, este lo encontramos dentro de un área que tiene un tipo distinto de la superficie forma un clima local. Tomado en conjunto, los microclimas de una zona como un bosque, granja, o de la ciudad constituyen un clima local. Un clima local afecta a un área de 2.5 acres (1 hectárea) a 39 plaza millas (100 kilómetros cuadrados) y hasta una altura de unos 330 pies (100 m) sobre la superficie.

Nogales Sonora con una población de 212,533 habitantes según censo del 2010 se encuentra situado en el extremo norte del estado de Sonora, México, ocupando la porción media de la frontera del mismo con los EEUU, y tiene una superficie de 1,674.56 kilómetros cuadrados, correspondientes al 0.9% del área del estado. Cuenta con una topografía serrana, se compone de lomas, cerros, cañadas y arroyos. El clima es semiseco, subhúmedo con lluvias en veranos y temperaturas de 35 °C, muy extremo con inviernos fríos con mínimas que han alcanzado hasta los -20 °C con nevadas y veranos muy calurosos, pero nunca tan calurosos como el desierto de Sonora, ya que la ciudad está situada a entre 1,200 y 1,350 metros sobre el nivel del mar en zonas pobladas y hasta 1,640 en los alrededores. La precipitación se registra principalmente en los meses de verano aunque existe una pequeña época de lluvias en invierno principalmente en los meses de diciembre y de enero, donde se presentan nevadas.

La figura 2, muestra algunos datos reales de la estación meteorológica situada en Nogales del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) y cuenta con sensores de velocidad del viento, dirección del viento, presión atmosférica, temperatura y humedad relativa, radiación solar y precipitación, existe una diferencia de horario dado que utilizan la hora universal coordinada.

Estación: NOGALES, SON
 Operada por: SMN EMAS
 Longitud: 100°54'50" Latitud: 31°17'52" Altitud: 1275

DD/MM/AAAA	HH:MM	DIRS	DIRR	VELS	VELR	TEMP	HR	PB	PREC	RAD-SOL
26/03/2012	00:10	198	212	18.40	38.40	21.2	15	871.0	0.0	186.0
26/03/2012	00:20	208	214	20.40	36.70	21.3	16	871.0	0.0	307.0
26/03/2012	00:30	208	212	17.90	30.90	21.1	16	871.0	0.0	117.0
26/03/2012	00:40	196	216	18.30	39.10	20.7	17	871.0	0.0	108.0
26/03/2012	00:50	208	228	17.50	39.40	20.7	17	871.1	0.0	166.0
26/03/2012	01:00	207	228	16.00	28.20	20.5	17	871.2	0.0	92.0
26/03/2012	01:10	213	240	15.10	31.30	20.3	18	871.2	0.0	69.0
26/03/2012	01:20	217	231	17.50	31.20	20.1	18	871.3	0.0	34.0
26/03/2012	01:30	214	240	16.70	33.20	19.8	19	871.3	0.0	13.0
26/03/2012	01:40	214	219	13.00	26.70	19.5	19	871.3	0.0	2.0
26/03/2012	01:50	206	228	12.50	23.30	19.2	20	871.4	0.0	0.0
26/03/2012	02:00	201	230	12.20	23.70	18.9	21	871.3	0.0	0.0
26/03/2012	02:10	199	209	12.00	21.70	18.8	21	871.4	0.0	0.0
26/03/2012	02:20	211	210	10.40	17.70	18.5	22	871.4	0.0	0.0
26/03/2012	02:30	213	196	8.90	19.00	18.2	23	871.4	0.0	0.0
26/03/2012	02:40	221	236	11.60	17.30	18.0	24	871.4	0.0	0.0
26/03/2012	02:50	218	236	10.10	18.20	17.8	25	871.5	0.0	0.0
26/03/2012	03:00	220	218	10.10	18.40	17.6	25	871.6	0.0	0.0
26/03/2012	03:10	207	225	9.10	18.80	17.4	26	871.6	0.0	0.0
26/03/2012	03:20	207	210	9.80	18.00	17.2	26	871.7	0.0	0.0
26/03/2012	03:30	189	217	7.20	16.10	17.0	27	871.8	0.0	0.0
26/03/2012	03:40	196	230	6.70	12.10	16.7	28	871.8	0.0	0.0
26/03/2012	03:50	198	195	6.80	12.90	16.5	28	871.9	0.0	0.0
26/03/2012	04:00	198	228	5.50	10.80	16.2	29	871.9	0.0	0.0
26/03/2012	04:10	191	201	4.90	9.30	15.9	29	872.0	0.0	0.0
26/03/2012	04:20	188	228	5.20	11.20	15.9	29	872.1	0.0	0.0
26/03/2012	04:30	195	200	7.40	13.80	15.8	30	872.2	0.0	0.0
26/03/2012	04:40	178	204	6.60	11.60	15.6	32	872.2	0.0	0.0
26/03/2012	04:50	171	190	6.70	13.80	15.5	32	872.3	0.0	0.0
26/03/2012	05:00	204	244	7.60	16.70	15.3	34	872.4	0.0	0.0

Figura. 2 Datos de estación meteorológica de Nogales operada por el SMN.
 DESARROLLO

Se implementó un sitio Web para el manejo de los datos de la estación meteorológica automatizada (EMA) del Instituto Tecnológico de Nogales esta es una Vantage Pro2 Plus, dado que presentaba varios problemas como son mostrar la información en inglés y su datalogger solo guarda una cantidad limitada desde 2 hasta 10 días dependiendo de los intervalos que se guarden de información y la más antigua se va perdiendo también tiene una opción para graficar de una manera más básica, se realizó una base de datos en MySQL para descargar la información del datalogger y poder manipular la información para presentarla en el formato que se requiera, se publica en internet por medio de PHP, en el Instituto Tecnológico tenemos el servidor de datos, servidor Web y se cuenta con el siguiente dominio para publicarse <http://clima.depiitn.edu.mx/>.

En la página de principal nos presenta en la parte superior las opciones CONDICIONES ACTUALES, GRÁFICAS, HERRAMIENTAS, DEPI (página de la División De Estudios De Posgrado e Investigación del ITN) e ITN (página del Instituto Tecnológico de Nogales) tiene un recuadro en la parte superior derecha que muestra las temperaturas máximas, mínimas y la actual, pulsando el ratón sobre el éste recuadro cambia las temperaturas de °C a °F. Los datos actuales refrescándolos cada 15 minutos dado que no encontramos diferencia significativa en realizarlo con menor tiempo y si una mayor carga de trabajo para el servidor, las variables meteorológicas que se monitorean en condiciones actuales son: para la opción temperatura, punto de rocío, sensación térmica, índice de THW (temperatura-humedad-viento), índice de calor, y se le colocó una ayuda para describir en qué consisten cada una de las opciones anteriores, como se muestra en la figura 3.[9]

También presenta opciones para mostrar humedad, viento presión atmosférica, precipitación, radiación solar y ultra violeta (UV) y un resumen diario de los datos que tiene hasta ese momento del día.

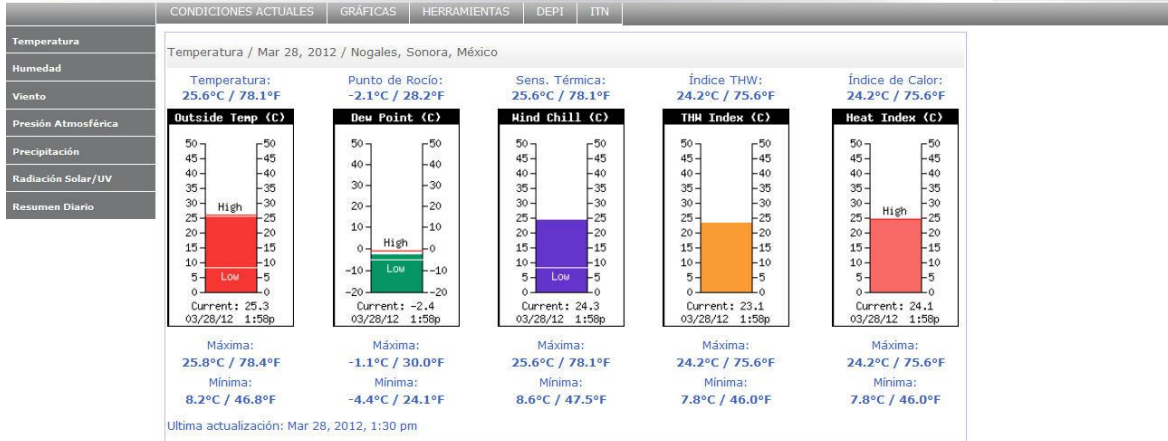


Figura. 3 Pagina de entrada para condiciones actuales para la opción de temperatura. En la opción de gráficas, contamos con estas para las mismas opciones contenidas en condiciones actuales, aquí podemos ver gráficas en la opción por hora se mostrara la grafica del comportamiento de esa variable meteorológica en lo que va del día, también tiene la opción de ver estas variables como gráfica de las últimas 25 horas para ver su tendencia, también se pueden graficar datos de fechas de las cuales el sitio tenga registros, estas graficas se hacen con librerías de gráficas de “highcharts” este es de uso libre para aplicaciones de educación y tienen las características de poder quitar graficas, en cada punto nos muestra su información, se pueden imprimir o importar a otros formatos como documento o imagen, como se muestra en la figura 4.



Figura. 4 Pagina de grafica de temperatura del EMA del Tecnológico de Nogales. También se realizó un reporte de hora por hora de cualquier día que esté registrado en el sitio Web, así como el máximo, mínimo y promedio de registros meteorológicos, esta aplicación se desarrolló para el municipio de Nogales requerida para los cálculos para la calidad del aire del PST (Partículas Suspendidas Totales) como se muestra en la figura 5, debido a que esta información la obtenían de Nogales Arizona y los datos tienen variaciones [10].

Viento
Presión Atmosférica
Precipitación
Radiación Solar/UV
Resumen Diario

Estación Meteorológica del ITN

Resumen del día 26-Mar-2012

	Minima	Promedio	Maxima
Temperatura (°C)	7.9	15.5	22.7
Punto de Rocío (°C)	-3.8	0.9	4.9
Humedad (%)	18.0	40.7	72.0
Presión al Nivel del Mar (mmHG)	756.2	758.2	759.6
Velocidad del Viento (Km)	0.0	6.2	17.7
Precipitación (%)	0.0	0.0	0.0

Hora	Temp. (°C)	Punto de Rocío (°C)	Humedad (%)	Presión al Nivel del Mar (mmHG)	Velocidad del Viento (Km)	Dirección del Viento	Precipitación (%)
00:00	13.6	1.9	45	756.4	8.0	SSW	0.0
01:00	12.9	3.3	52	756.4	9.7	S	0.0
02:00	12.1	3.8	57	756.8	4.8	SW	0.0
03:00	11.8	4.0	59	756.9	4.8	S	0.0
04:00	11.1	4.0	62	757.1	1.6	S	0.0
05:00	10.1	3.8	65	757.9	1.6	SSE	0.0
06:00	8.3	3.3	71	759.2	1.6	SSE	0.0
07:00	9.2	4.0	70	759.3	3.2	SW	0.0
08:00	12.1	4.8	61	759.3	4.8	SW	0.0
09:00	14.8	3.3	46	759.3	6.4	S	0.0
10:00	16.9	1.0	34	759.3	8.0	S	0.0
11:00	18.7	0.8	30	758.6	9.7	SE	0.0
12:00	20.1	1.0	28	758.3	8.0	SW	0.0

Figura. 5 Reporte de resumen diario del EMA del Tecnológico de Nogales

CONCLUSIONES

En la ciudad de Nogales, Sonora, solo había una estación meteorológica automática (EMA) perteneciente al SMN que proporciona información sobre variables climáticas por internet pero está limitada en la cantidad de variables climáticas que maneja además de estar limitado por una interfaz difícil de entender para la comunidad en general y esta información está más enfocada a los meteorólogos y el tipo de consultas que se le pueden mostrar, en cuanto a los sitios Web sobre clima solo presentan pronósticos de máximos y mínimos variables como sensación térmica son valores calculados y se desarrolló un sitio Web para la EMA en el Instituto Tecnológico de Nogales de acuerdo a nuestras necesidades para el apoyo a proyectos de investigación y que sirva a la comunidad nogalense como una fuente de información real fácil de entender sobre datos climáticos.

Actualmente los datos proporcionados por este sitio Web de esta EMA son utilizados en los siguientes proyectos:

- Captación de agua pluvial para uso en baños y jardines de este instituto, este proyecto está auspiciado por la Universidad de Arizona y este instituto, del EMA se requieren datos de precipitación.
- Se desarrolló en el EMA una aplicación de resumen diario para gobierno municipal de Nogales, Sonora con datos meteorológicos requeridos para el monitoreo de PST (partículas suspendidas totales) en el aire.
- Aplicación del método Sodis para desinfección de agua por medio de rayos ultra violetas de forma natural, esta investigación se apoya con datos de niveles de radiación solar y temperatura cuando se hacen las pruebas.
- Actualmente se está realizando un comparativo entre los datos proporcionados por la EMA y la información meteorológica que arroja una caseta para el monitoreo de la calidad del aire en tiempo real, que se encuentra en este Instituto Tecnológico proporcionada por CEDES (Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora), esto para detectar si se encuentra descalibrada dicha caseta y descartar los datos que estén fuera de rango y reiniciar la caseta.

También los datos del sitio Web de la estación meteorológica se encuentran publicados en el portal de Wunder Ground donde se pueden publicar datos meteorológicos EMA independientes

<http://espanol.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=ISONORAN3>

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de una aplicación para Windows para el escritorio para la barra de tareas, para poder ver la temperatura real de la ciudad de Nogales, también un glosario con la terminología meteorológica.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Titulación: Ingeniería Técnica de Telecomunicación especialidad Sistemas Electrónicos

Naoual Yemlahi

Universidad politécnica de Catalunya

[2] ENCYCLOPEDIA OF WEATHER AND CLIMATE, Revised Edition

Michael Allaby

Facts on File Science Library ISBN 0-8160-6348-6

[3] Understand the Weather

Peter Inness

Kindle Edition

[4]

http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/tornado/weather_radar.html&edu=high&lang=sp

[5] The handy weather answer book

Hile, Kevin.

Publisher: Visible Ink Press, ISBN-13: 978-1-57859-221-0

[6] Autor: Alberto Suarez Barnett

Fuente: <http://www.municipiodenogales.org>

[7] WEATHER AND CLIMATE: Decade by Decade

Kristine C. Harper

Publisher: Twentieth-century science ISBN 0-8160-5535-1

[8] <http://smn.cna.gob.mx/>

[9] <http://clima.depiitn.edu.mx/>

[10] <http://espanol.wunderground.com/>

SOFTWARE DE APOYO A LA ENSEÑANZA DE CÁLCULO PARA PANTALLAS DIGITALES INTERACTIVAS

Larissa Jeanette Peniche Ruiz, Jesús Roberto Dzul Chi, José Alejandro Ojeda Pérez, Versain Pacheco Faustino

Larissa.peniche@itmerida.mx, robertxdzul@gmail.com, alxojeda@gmail.com,
versa_89@hotmail.com

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA
AV. TECNOLÓGICO KM 4.5 S/N, MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO, CP 97118

ABSTRACT

The difficulty in understanding Calculus for under graduate students, results in poor school performance. Computers can facilitate this understanding of mathematical processes when they are used as a didactic teaching tool.

A software for Digital Interactive Whiteboards (PDI) is developed to support both differential and integral Calculus teaching for the students of Computer Science Engineering of the Instituto Tecnológico de Mérida (ITM).

This paper describes the development of the project from design to preliminary results obtained in the ITM mainly showing the importance of using and applying technological tools to benefit students and teachers in the teaching-learning process.

Key words: Differential Calculus, Integral Calculus, Interactive Whiteboard, Interactive Software.

RESUMEN

La dificultad de comprensión del Cálculo, por parte de los alumnos de educación media superior y superior, trae como consecuencia un bajo rendimiento escolar. Las computadoras pueden facilitar la comprensión de los procesos matemáticos cuando se utilizan como herramienta didáctica.

Se desarrolla un software para Pizarras Digitales Interactivas (PDI) que permita apoyar la enseñanza de cálculo diferencial e integral para estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales dentro del Instituto Tecnológico de Mérida (ITM).

El presente trabajo describe el desarrollo del proyecto desde el diseño hasta los resultados preliminares obtenidos en el ITM principalmente, mostrando la importancia de utilizar herramientas tecnológicas y aplicarlas en beneficio de los alumnos y profesores en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Pizarra Digital Interactiva (PDI), Software Interactivo.

1. INTRODUCCIÓN

En México existe un rezago educativo alto de acuerdo a los resultados de estudios realizados por parte de dependencias, tanto nacionales como internacionales. Por ejemplo, según un estudio realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico de la Organización de las Naciones Unidas, México ocupa un lugar deficiente en áreas de interés especial, como la de

matemáticas [1]. Además, en los resultados de las pruebas ENLACE que se llevan a cabo anualmente en México desde el 2006 a educación básica, y desde el 2008 a educación media superior por parte de la Secretaría de Educación Pública, se observa que el grado de dominio de la asignatura de matemáticas es muy bajo, empezando desde la educación básica y arrastrando este problema a niveles superiores [2].

Los bajos puntajes de estudiantes mexicanos en distintas pruebas relacionadas con el área de matemáticas, son un indicador de que hace falta implementar una técnica diferente de enseñanza para mejorar el proceso de aprendizaje en jóvenes estudiantes de instituciones públicas de educación, a nivel medio superior y superior.

1.1 Planteamiento del problema

La dificultad de comprensión del Cálculo, por parte de los alumnos de los primeros semestres de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Mérida, trae como consecuencia un bajo rendimiento escolar en la materia, que puede retrasar sus estudios e incluso provocar su abandono (deserción escolar). Esto se debe, en términos generales, al poco dominio de las asignaturas precedentes, al escaso nivel de interés por los temas de Cálculo y posiblemente a la deficiencia de los programas de enseñanza.

1.2 Justificación

La enseñanza del Cálculo debe complementarse con el apoyo de la intuición geométrica-visual para dar significado a los contenidos teóricos. Reforzar la metodología de enseñanza de esta asignatura con ejercicios, problemas tipo y ejemplos con significado práctico debe traer un efecto positivo al proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto se puede lograr de forma eficiente mediante un sistema informático e interactivo como lo demuestran estudios anteriores de aplicación similar [3].

Las computadoras pueden facilitar la comprensión de los procesos matemáticos debido a que pueden realizar cálculos de forma más rápida y precisa que la mente humana, y por otra parte se enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje porque despiertan curiosidad entre los alumnos y elimina el miedo que muchos de estos jóvenes les tienen a las matemáticas.

Entre las ventajas de utilizar un software de apoyo a la enseñanza de cálculo para pizarras digitales interactivas se encuentran:

- La capacidad de organizar las sesiones de trabajo y poder reutilizar el material didáctico en clases posteriores.
- La facilidad para intercambiar información mostrando diversos ejemplos de forma ágil.
- La integración de herramientas eficaces, que despliegan gráficas y resuelven problemas matemáticos en poco tiempo.

- Se aumenta la motivación y la atención del alumno en la clase, así como la capacidad de memorización (visual) y la participación.

1.3 Propuesta de Solución.

Por lo anterior se desarrolla un software para pizarras digitales interactivas (PDI) que permita apoyar la enseñanza de cálculo diferencial e integral para estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales dentro del Instituto Tecnológico de Mérida. Este software es capaz de desplegar gráficas en 2D que ayuden a entender conceptos matemáticos o comportamientos que son difíciles de explicar; además posee una interfaz gráfica con la que se pueda tener acceso a los diferentes temas disponibles de forma ágil; e incluye herramientas para el cálculo de las operaciones más comunes en la asignatura y que permita mostrar el procedimiento de algoritmos matemáticos paso a paso, de forma dinámica para poder organizar el proceso y facilitar su entendimiento.

2 DESARROLLO

La metodología de Desarrollo de Prototipos de software es el hilo rector del presente proyecto, ya que al desarrollar una primera versión del sistema, éste se puede refinar en ciclos posteriores para verificar los requerimientos y permite modificaciones al prototipo hasta obtener un conjunto de especificaciones completas y correctas.

2.1 Diseño

En la figura 1 se muestran la Arquitectura general del sistema con sus diferentes componentes y la forma en que se comunican. De forma general se puede decir que la información se recupera de la base de datos y se presenta en la pantalla a través de una interfaz gráfica atractiva y fácil de utilizar. La interfaz gráfica permite al usuario visualizar y modificar los datos recuperados y seleccionar diversos elementos de menú para navegar por los diferentes temas.

Los datos modificados se guardan en la base de datos, la cual organiza los diferentes elementos para que el sistema pueda acceder a ellos de forma rápida y presentarlos cuando el usuario los necesite; es por ello que el flujo de datos, representando en el diagrama mediante flechas, es de doble sentido.

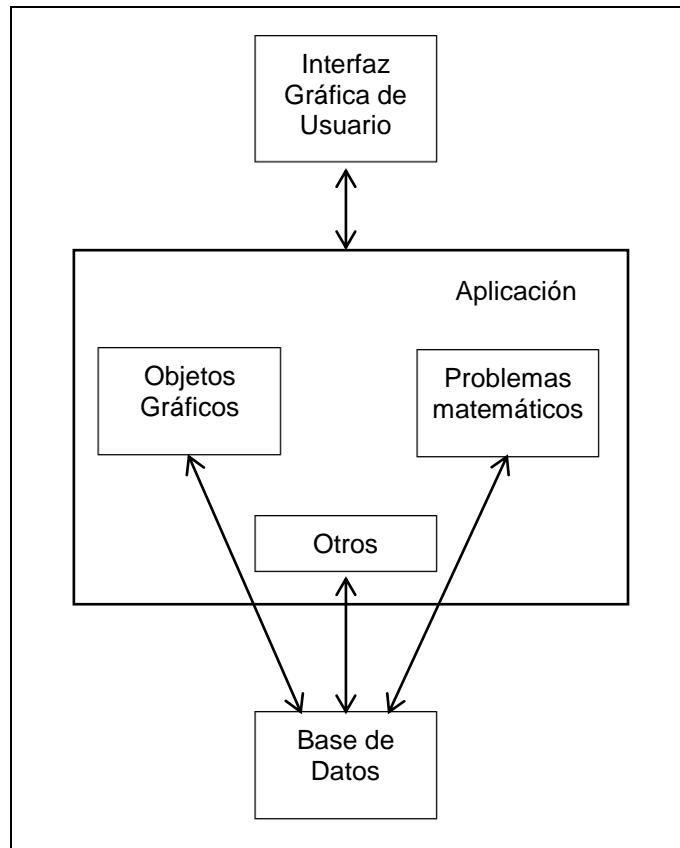


Figura 50. Arquitectura del software de apoyo a la enseñanza de las matemáticas

2.2 Implementación

El lenguaje de desarrollo es Java JDK 1.6 en el ambiente de desarrollo NetBeans IDE 7.0.1.

Utilizando hardware disponible en el ITM, principalmente la pantalla digital interactiva con los componentes que la componen para su utilización. Además del equipo de proyecto conformado por tres alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Los diferentes actores que intervienen en este sistema, así como las diferentes acciones que pueden realizar se ilustran en los casos de uso descritos a continuación.

Como puede observarse en la figura 2, Administrador puede agregar temas a la base de datos en determinada materia, esta tarea involucra agregar texto informativo de los diferentes temas, imágenes ilustrativas, diagramas o elementos interactivos como gráficas. También puede actualizar un tema ya registrado editando el texto o eliminando elementos ilustrativos y multimedia.

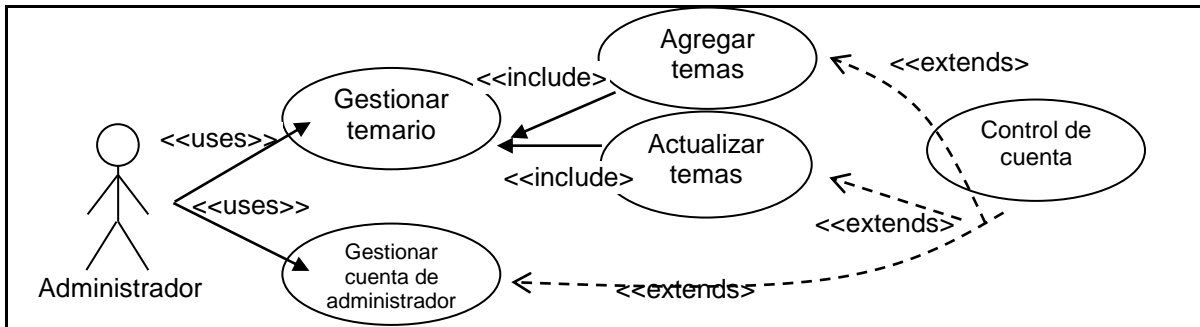
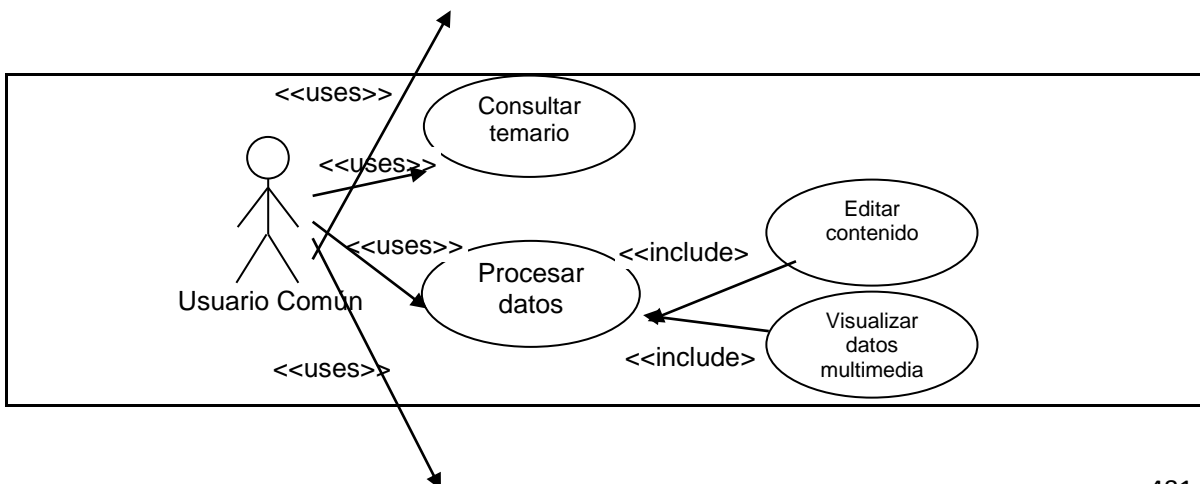


Figura 51 Diagrama de casos de uso del Administrador del sistema

En la figura 3 se describen las actividades del Usuario Común, quien posee diversas tareas relacionadas con la interacción directa con el sistema. La consulta del temario es una de ellas el cual le permite la navegación por los diferentes temas que están disponibles; cuando el usuario selecciona un tema, el contenido del mismo se despliega en la pantalla y se permite al usuario poder seleccionar las herramientas interactivas que se dispongan. En el caso de Uso Procesar Datos, este manipula diversos elementos que se encuentran en pantalla como gráficas, procedimientos almacenados, elementos multimedia u otros objetos del sistema. Las gráficas pueden moverse, ampliarse, reducirse y permiten modificar ciertos valores para cambiar de apariencia, estos valores llamados parámetros están presentes también en algunos problemas matemáticos que pueden ser resueltos. El usuario también puede realizar una búsqueda con la frase o palabras clave en los contenidos del temario.

El último caso de uso Control de Archivos, incluye dos casos de uso para extender las capacidades del sistema. El primero de ellos se presenta cuando el usuario, tras modificar los datos de un problema disponible para resolver, decide guardar los cambios realizados; cuando esto sucede los datos permanecen guardados, con la posibilidad de ser recuperados en el futuro si el usuario elige la opción. Finalmente si el usuario desea tener una copia en papel del material que aparece en la pantalla puede mandar a imprimirlo desde la pantalla en la que se encuentre.



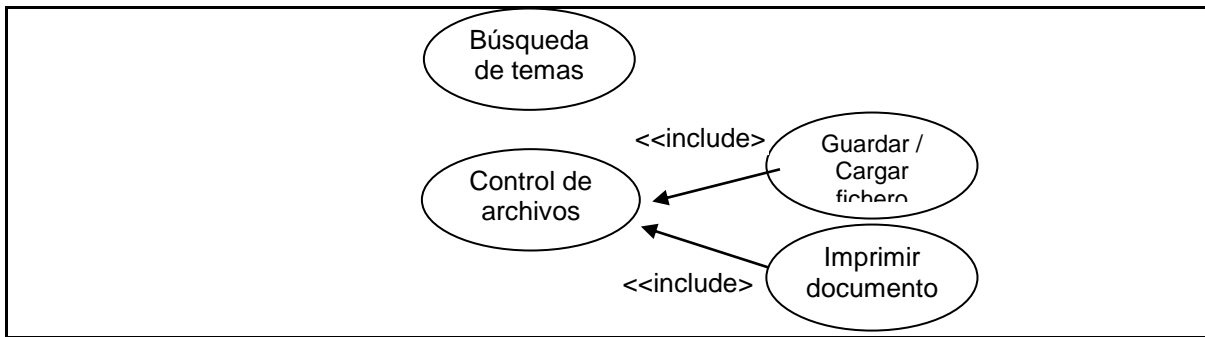


Figura 52 Diagrama de casos de uso del Usuario Común

3. RESULTADOS

A continuación se presenta el sistema resultante.

La interfaz principal del sistema cuenta con diferentes elementos: del lado izquierdo se encuentra el menú de temas y subtemas de la materia en forma de archivos organizados por carpetas y subcarpetas; en la parte central está el área principal de trabajo la cual puede ser ocupada por una pizarra de dibujo, un graficador de funciones, un evaluador de expresiones, para derivar funciones, para operaciones con matrices o para desplegar documentos; en la parte inferior se pueden apreciar los botones (ver figura 4) correspondientes con estas herramientas.

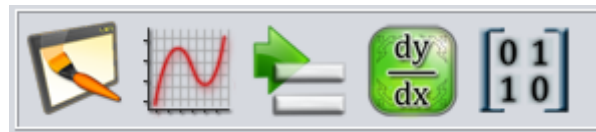


Fig. 4 Barra de herramientas

Las herramientas se describen a continuación:

Pizarra: Crea de nuevo la pizarra de dibujo en caso de que ésta haya sido cerrada.

Graficar: Genera una gráfica de alguna función sin dibujarla en la pizarra. (ver Figura 5).

Evaluador de expresiones: Herramienta que tiene las opciones de evaluar, simplificar y expandir una ecuación.

Derivar función: Herramienta que resuelve derivadas.

Operaciones con matrices: Herramienta que permite realizar operaciones con matrices como: matriz inversa, matriz identidad.

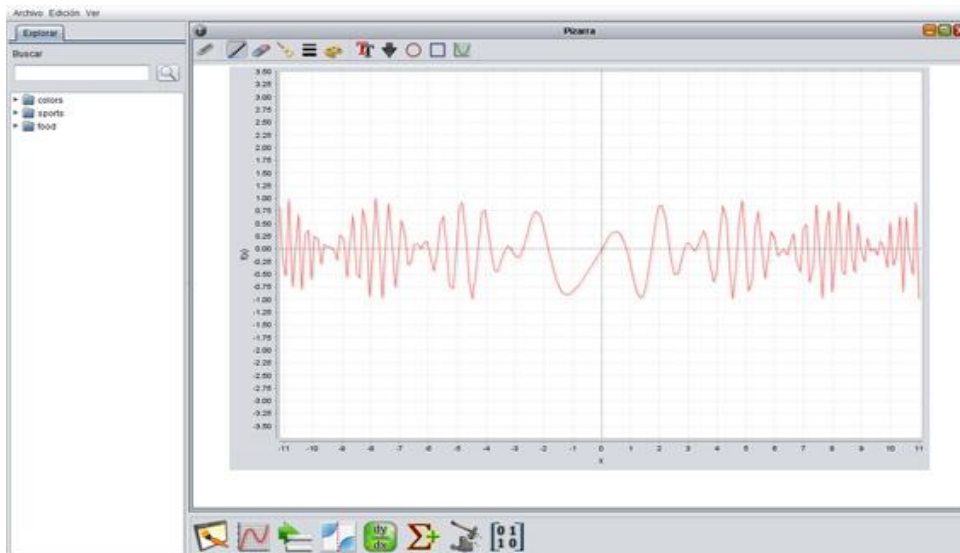


Figura 5 Interfaz Principal desplegando una gráfica

En la figura 5 se presenta la Pizarra de Dibujo, la cual tiene en la parte superior iconos para acceder a diferentes herramientas.



Figura 6 Interfaz de Pizarra de Dibujo

Las herramientas de la Pizarra de Dibujo, de izquierda a derecha, se describen a continuación:

Guardar: Almacenar en algún medio el contenido actual de la pizarra.

Plumón: para hacer trazos libres en la pizarra.

Borrador: Eliminar partes de un dibujo.

Limpiar pizarra: Borra todo el contenido actual de la pizarra.

Tamaño del plumón: Ajustar el grosor de la línea de los trazos.

Color del plumón: Seleccionar el color de los trazos.

Texto: Insertar texto en la pizarra.

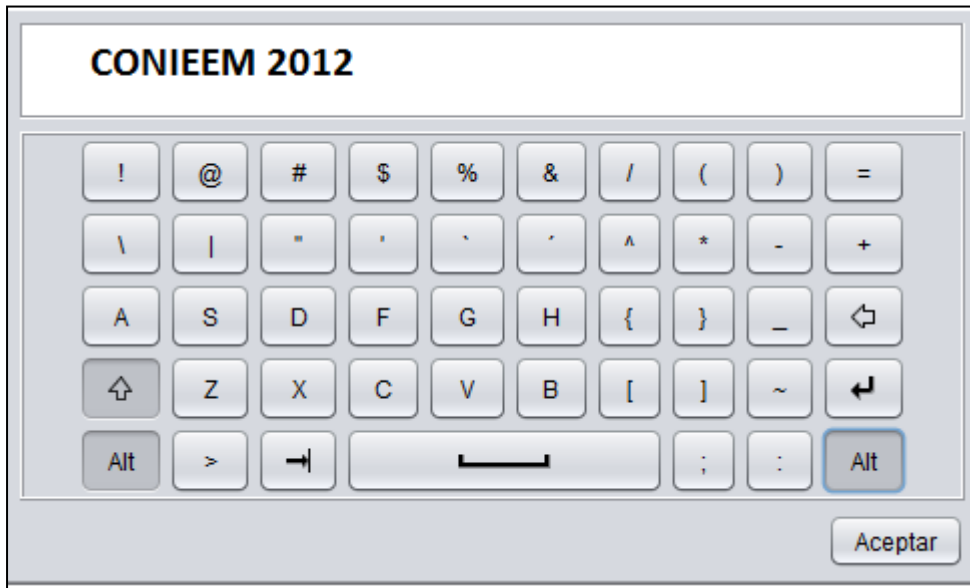
Flecha: Dibujar una flecha.

Elipse: Dibujar una elipse.

Rectángulo: Dibujar un rectángulo.

Insertar Gráfica: Dibujar una gráfica en la pizarra.

Debido a que el sistema fue desarrollado para implantarse en una pizarra digital interactiva, se



cuenta con un teclado virtual el cual se muestra en la figura 7; éste puede ser desplegado en las herramientas

en donde se requiera la inserción de texto.

El software de la pantalla digital interactiva y el software implantado se muestran en la figura 8, donde se observa la interacción con el teclado virtual que incluye el sistema desarrollado, así como también se visualizan las distintas herramientas antes descritas.

Figura 53 Teclado virtual del sistema

Figura 8 Interacción con el Teclado Virtual



Otro ejemplo se ilustra en la figura 9, donde la utilización de la herramienta Dibujo cuenta con la posibilidad de representar las figuras básicas que podrían ser de ayuda en algunas explicaciones que el profesor discurre a lo largo de una clase.

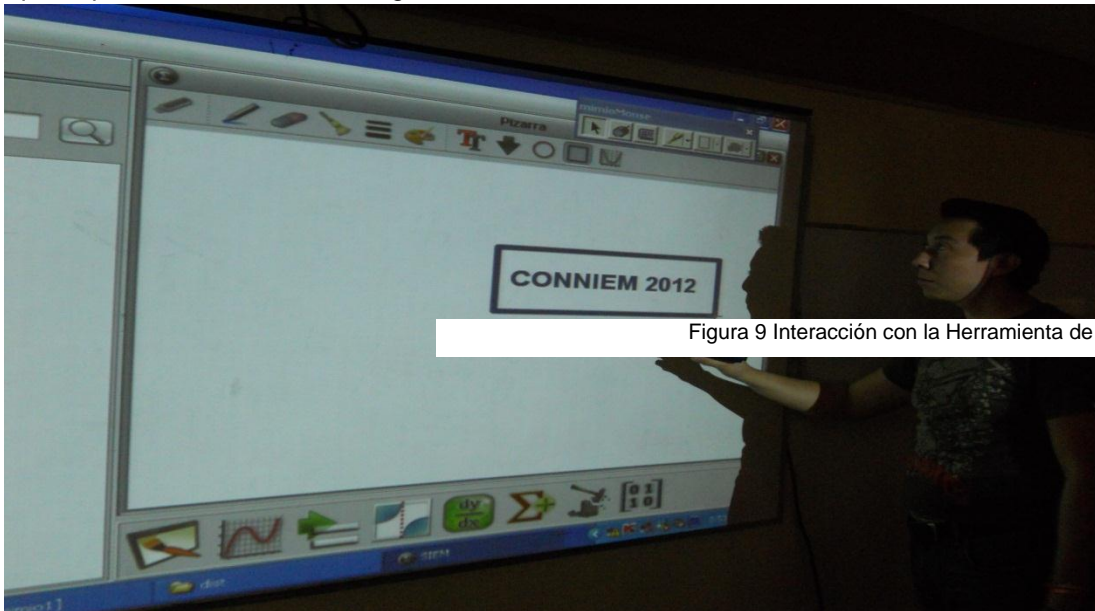


Figura 9 Interacción con la Herramienta de Dibujo

3.1
Co
ncl
usi
one
s.
Las

Las pruebas realizadas abarcan solamente la funcionalidad del sistema, que ha mostrado cumplir los requerimientos de interactividad y funcionalidad en cuanto a graficación, análisis de ecuaciones y dibujo, entre otras.

Sin embargo, se requiere realizar las pruebas de usuario para evaluar la efectividad del sistema en las clases de Cálculo a lo largo de un semestre. Se espera que las clases sean más amenas y capten mejor la atención de los alumnos coadyuvando así a un mejor aprovechamiento escolar.

4. REFERENCIAS

[1] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, (2010), *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Reading, Mathematics and Science*, Volumen 1.

[2] Secretaría de Educación Pública, (2011), *Resultados prueba ENLACE 2011 Básica y Media superior*.

[3] Cuevas C. y Pluinage F. ,(2009), *Cálculo y Tecnología*, Recuperado el 25 de marzo de 2012 <http://www.matedu.cinvestav.mx>.

TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL E INGENIERÍA DE SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE CALIDAD

Jaime Aviles Bahena.

Instituto Tecnológico de Toluca.
Laboratorio de Reconocimiento de Patrones, Ingeniería de Software.

jim_ab@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se muestra la forma de involucrar a la Ingeniería de Software (IS) y a la Inteligencia Artificial (IA) de forma que el producto o software resultante cumpla con las expectativas definidas por el cliente en términos de Calidad (satisfaciendo sus necesidades), considerando en todo momento el reúso de información y la aplicación de las metodologías de desarrollo de software.

Lo anterior es supervisado y formalizado, haciendo uso de metodologías de IS, tales como SCRUM, para la adaptación continua a las circunstancias de la evolución del proyecto basada en la satisfacción del cliente y para administrar los tiempos requeridos, en cada etapa del proyecto, con el fin de generar un software de calidad.

El proyecto que en este artículo se describe, plantea las etapas de la metodología CRISP-DM, que permite dividir en fases el proceso, esto para revisar parcial o totalmente las fases anteriores, con un esquema de retroalimentación, cuyo objetivo consiste en asegurar que cada proceso se realiza correctamente. Para el desarrollo del proyecto CBR se utilizó un framework llamado "jColibri" y una Suite de diseño "Colibri Studio", ambos fueron enfocados al entorno de desarrollo JAVA y se utilizó la técnica de RP del autor Kennedy [6], que permite identificar el algoritmo que más se adapta a los procesos del CBR. Tanto el framework, como la Suite de diseño, se incorporaron al entorno Eclipse y Netbeans, para una mejor manipulación de la estructura del CBR y mejor manejo, así como la reutilización de código y procesos, para agilizar el tiempo de ejecución de instrucciones.

ABSTRACT

This article shows how to involve software engineering (SE) and Artificial Intelligence (AI) so that the resulting software product or meet the expectations defined by the customer in terms of quality (meeting their needs), at all times considering the reuse of information and implementation of software development methodologies.

This is monitored and formalized, making use of SE methodologies such as SCRUM, to continuously adapt to the circumstances of the project development based on customer satisfaction and to manage the time required at each stage of the project, to generate a quality software.

The project described in this article raises the stages of the CRISP-DM methodology, which allows the process divided into phases, that partially or fully to review the previous phases, with

a feedback scheme, which aims to ensure that each process is successful. For the development of CBR project used a framework called "jColibri" and a suite of design "Colibri Studio", both were focused on Java development environment and used the technique of the author RP Kennedy [6], which identifies the algorithm that best fits the CBR processes. Both Framework like Suit Design, joined the Eclipse and Netbeans environment for better manipulation of the structure of the CBR and better management and reuse of code and processes to speed up instruction execution time.

1. INTRODUCCIÓN

Para asegurar el éxito durante el desarrollo de software no es suficiente contar con notaciones de modelado y herramientas, hace falta un elemento importante: la metodología de desarrollo, la cual provee de una dirección a seguir para la correcta aplicación de los demás elementos.

La Ingeniería del Software (IS) se define como la aplicación práctica del conocimiento científico al diseño y construcción de programas de computadora y a la documentación asociada requerida para desarrollar, operar (funcionar) y mantenerlos. Se conoce también como desarrollo de software o producción de software [1]. Varias personas que se dedican al desarrollo y programación de sistemas de software aplican correctamente la IS, logrando de esta manera que el proceso de desarrollo y mantenimiento del software sea una actividad que dependa de pautas establecidas, con modelos conceptuales y herramientas de trabajo [2].

Por otro lado la Inteligencia Artificial (IA) es intentar desarrollar programas de computadoras, algoritmos y Arquitecturas de Computadoras con características tales como: inteligencia, comprensión, pensamiento y razonamiento, es decir, la IA estudia las formas en que las computadoras pueden llevar a cabo tareas cognitivas, en las que en la actualidad, las personas realizan [3].

El Razonamiento Basado en Casos (CBR) [4], [5], no es más que otro paradigma de resolución de problemas, pero son precisamente las diferencias con el resto de los acercamientos de la IA las que lo hacen tan especial. En lugar de confiar únicamente en el conocimiento general del dominio del problema, o realizar asociaciones a lo largo de relaciones entre descripciones del problema y conclusiones, este paradigma es capaz de utilizar conocimiento específico de experiencias previas, es decir, situaciones de un problema concreto (casos). Un problema nuevo (al decir nuevo se refiere a nunca antes tratado) es resuelto cuando se encuentra un caso pasado similar y se reutiliza en la situación del problema nuevo.

Una diferencia muy importante con los otros métodos de IA radica en el hecho que CBR incorpora una memoria incremental y continua concepción de aprendizaje; cada vez que un problema se soluciona, una nueva experiencia (problema + solución) se encuentra inmediatamente disponible para resolver futuros problemas. De esta forma, el aprendizaje continuo permite la actualización constante [5].

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Existen diferentes sistemas de software que hacen uso del paradigma del CBR como por ejemplo el trabajo del autor López [6], en el que se detalla una propuesta de estructura de almacenamiento y los mecanismos de recuperación utilizados para aplicar el CBR en la generación de procedimientos de prueba funcionales en proyectos de software. Esta propuesta parte de los requisitos funcionales del proyecto de software y en ella se enuncian los algoritmos propuestos para considerar la semejanza entre cada par de proyectos, así como los que permiten adaptar la solución encontrada en la base de casos a las características de los nuevos proyectos.

Otro trabajo es el presentado por el autor Martínez [7] donde la solución que se propone en este trabajo es desarrollar un Sistema Multiagente de Razonamiento Basado en Casos para Facilitar el Aprendizaje Colaborativo, para proporcionar el aprendizaje colaborativo a partir de las asesorías individuales. Y en particular los problemas de lógica de programación, es decir, los errores que presenten los alumnos en lógica de declaraciones, ciclos y llamadas a funciones. Con lo que se logra ayudar a los alumnos a aprender rápido la lógica de programación, le quita trabajo a los profesores, se eleva el promedio en general del alumno, y como consecuencia se incrementa el nivel de competitividad de los alumnos, también se hace una aportación a la educación a distancia y se obtiene una base muy buena para implementar sistemas de este tipo para diferentes materias.

Otro trabajo es el que presenta el autor Delgado [4] donde se presenta una propuesta de estructura de almacenamiento y de función de semejanza entre proyectos de software para aplicar el Razonamiento Basado en Casos (CBR) en las Revisiones a estos. Estas revisiones se enfocan en la etapa de Requisitos, debido a la importancia de la detección de los defectos en las etapas tempranas del desarrollo de los proyectos. Enuncia los algoritmos propuestos para considerar la semejanza entre cada par de proyectos, así como los que permiten adaptar la solución encontrada en la base de casos, a las características de los nuevos proyectos. Además se describen las características generales de una herramienta automatizada que implementa el CBR de forma que se pueda acumular la experiencia en la detección de defectos en los proyectos de software y emplearla en la ejecución de nuevas revisiones.

3. METODOLOGÍA

El trabajo que se describe en este proyecto, detalla el uso de Metodologías Ágiles de IS como SCRUM y la forma de introducir la IA en su área de Reconocimiento de Patrones (RP) y su paradigma del CBR diseñado con la metodología CRISP-DM.

El proyecto se centra en diseñar un sistema de software que sirva como apoyo a un analista de desarrollo de software que simule su experiencia en el área en la toma de decisión. Se visualizaron algunas técnicas para resolverlo. En este trabajo, se aplicó la Inteligencia Artificial, específicamente se trabajó con el paradigma CBR y para dar formalidad al trabajo realizado, se siguió la herramienta de RP, según Kennedy [9].

3.1 Uso de Metodología SCRUM.

SCRUM ES UNA METODOLOGÍA DE DESARROLLO MUY SIMPLE, QUE REQUIERE TRABAJO DURO PORQUE NO SE BASA EN EL SEGUIMIENTO DE UN PLAN, SINO EN LA

ADAPTACIÓN CONTINUA A LAS CIRCUNSTANCIAS DE LA EVOLUCIÓN DEL PROYECTO [8].

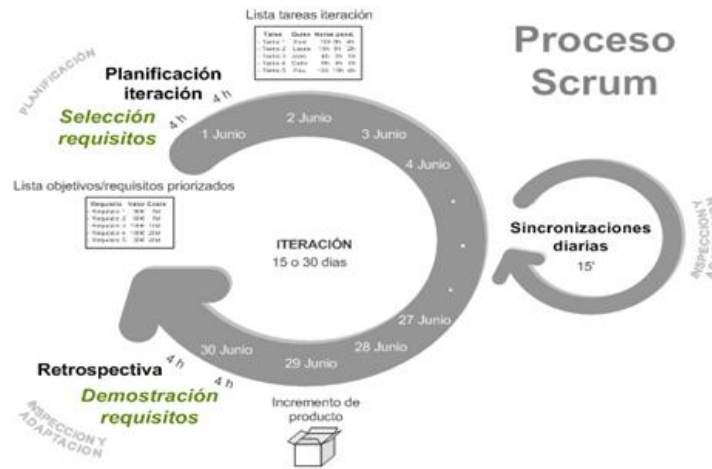


Figura 1. Modelo SCRUM

El proceso parte de la lista de objetivos/requisitos priorizada del producto, que actúa como plan del proyecto. En esta lista el cliente prioriza los objetivos balanceando el valor que le aportan respecto a su coste y quedan repartidos en iteraciones y entregas. Se realizan entregas parciales y regulares del producto final, priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto. Esto ayuda a que el cliente valla visualizando de forma contaste la evolución que se tiene de su proyecto.

3.2 Uso de Metodología CRISP-DM.

El uso de la metodología CRISP-DM que permitió comprender en forma técnica el cumplimiento de los objetivos planteados, permitiendo dividir en módulos individuales el proyecto general.

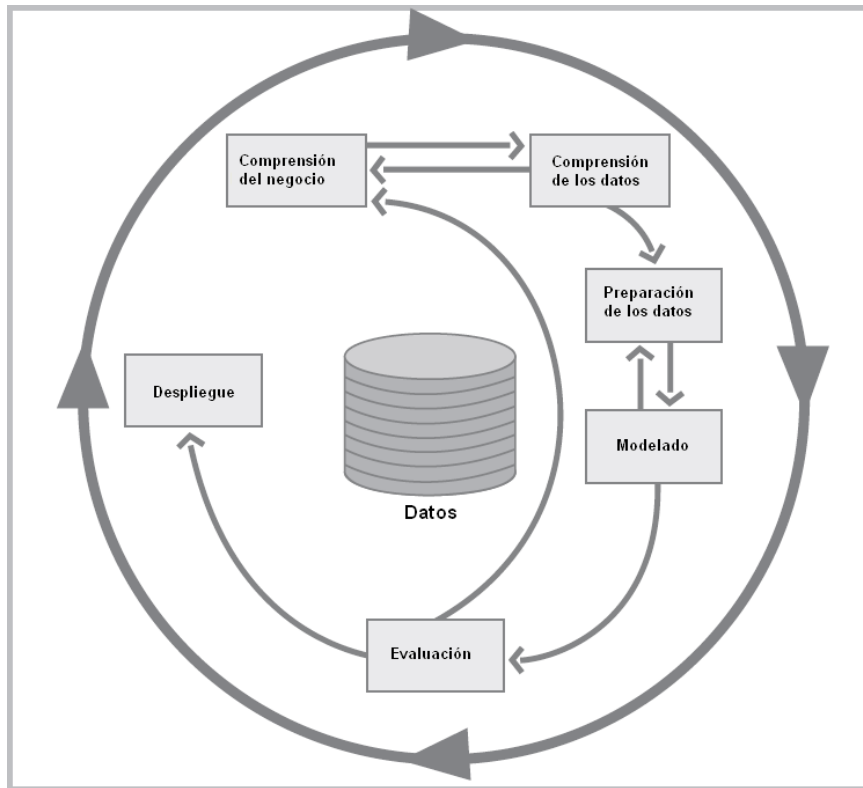


Figura 2. Modelo CRISP-DM [11].

Mediante la aplicación de esta metodología y entendiendo cual es el problema computacional, se visualiza y se diseña el modelo de solución a un nivel técnico y programable, De esta forma el primer prototipo, quedó integrado por dos módulos: Diseño CBR y Diseño JAVA.

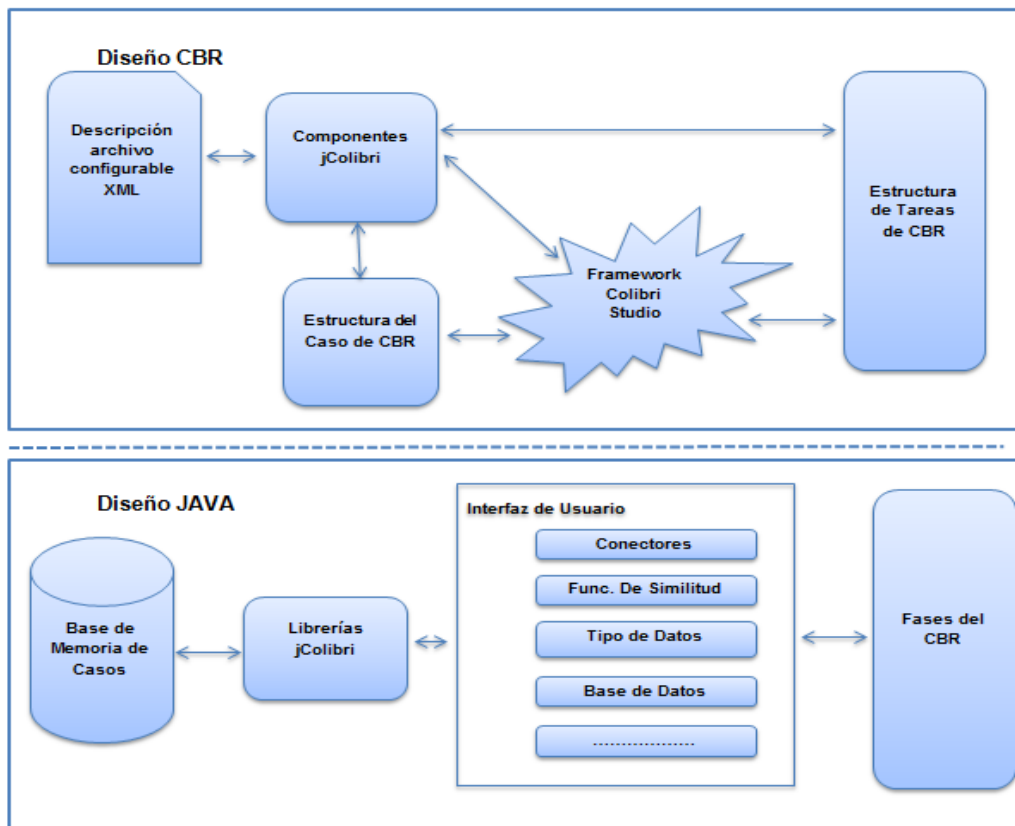


Figura 3. Modelo de Solución.

3.3 Herramienta de RP.

La herramienta según Kennedy, se divide en varios módulos que se detallan a continuación.

3.3.1 Definición del problema

En esta etapa se estudia cual es el problema computacional que se tiene, cómo generar internamente en el sistema, una estructura de datos computacional que simula la experiencia de un individuo en un área determinada.

Para cumplir con este punto, se visualizó que la forma más adecuada de simular la experiencia de un humano se encuentra en la IA en el paradigma de CBR que consta de 4 etapas principales:

Recuperar: Dado un problema, buscar los casos más similares en la base de conocimiento.

Reutilizar: El caso recuperado de la base de conocimiento se reutiliza para resolver el problema actual. Esto puede implicar adaptar la solución a la nueva situación.

Revisar: Analizar si la nueva solución es aceptable y si es necesario revisarla.

Retener (aprendizaje): Después de haber aplicado la solución con éxito, se debe almacenar la experiencia como un nuevo caso en la Bases de Casos. Esta es la última fase del ciclo.

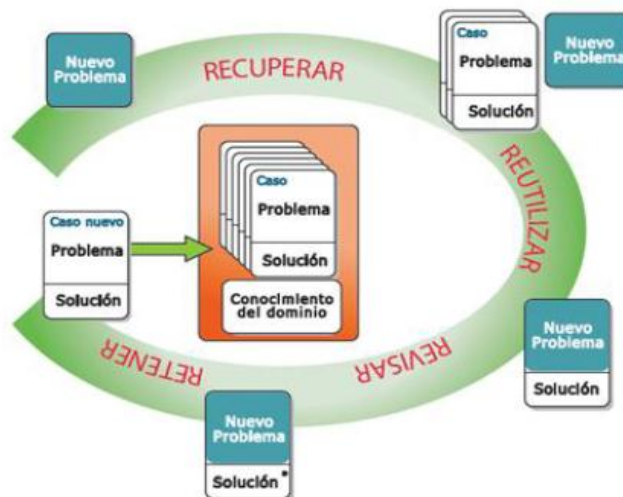


Figura 2. Paradigma CBR:

3.3.2 Colección de datos

En esta etapa se analizó cómo diseñar los casos con los que trabaja el CBR para poder manipular la información en la computadora. Con las fuentes de información encontradas se definió que lo más correcto es trabajar mediante objetivos.

3.3.3 Preparación de datos

Una vez definido la forma de trabajar, se analizaron varios objetivos de proyectos desarrollados en el Instituto Tecnológico de Toluca y se diseñó la estructura del caso en términos computacionales.

Package: representation CBR-System ▾
 Config file: caseStructure.xml

Attribute	Type	ID
Case		
Description	DescripcionCaso	
IDCaso	Integer	<input checked="" type="checkbox"/>
Justification		
Result		
Solution	SolucionCaso	
Resultado	Boolean	<input type="checkbox"/>
CasoID	Integer	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3. Estructura de un Caso.

3.3.4 Pre-procesamiento de datos

En esta etapa se definieron las variables que se utilizaran, la forma de interactuar con los casos y la base de datos, esto para poder realizar ajustes a la configuración de proyectos y obtener resultados aceptables.

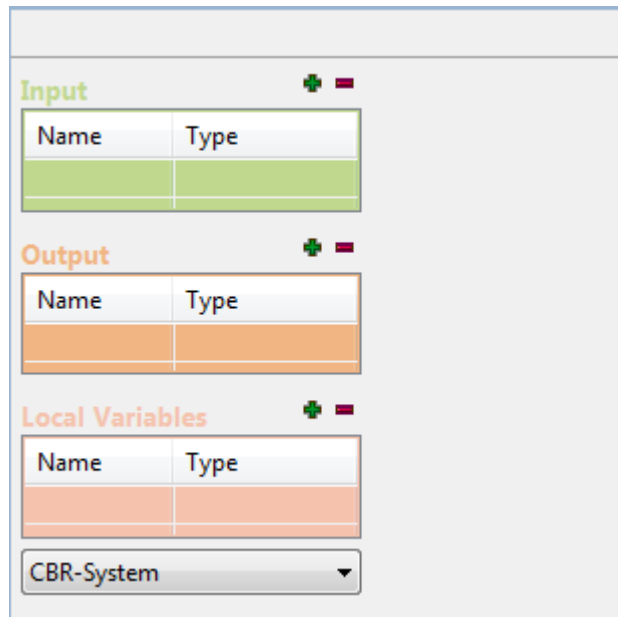


Figura 4. Editor de Variables.

3.3.5 Selección del algoritmo

Al buscar un algoritmo que tuviera como entrada una cadena de datos (en forma de caracteres) y como salida entregara una estructura de datos computacional, se eligió el algoritmo del autor Recio [10] donde se especifica la estructura que deberá tener la entrada de datos y la estructura de cómo se ira desglosando la información..

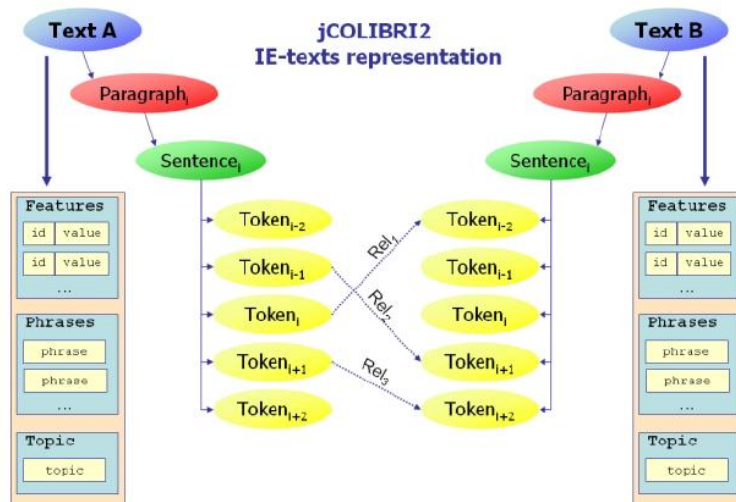


Figura 5. Vista global de la representación del Texto.

4. PRUEBAS

En la evaluación del software se tomaron en cuenta varios factores como:

- En las etapas de análisis, diseño y desarrollo del software, con el fin de verificar, corregir y perfeccionar el programa.

- En el mejoramiento y adaptación continuo del algoritmo.
- Que los resultados proporcionados por el software sean coherentes con lo esperado.

5. RESULTADOS

Para el sistema de CBR se toma como base el sistema jColibri y Colibri Studio, que implementa el ciclo completo de un sistema CBR, ésta herramienta genera clases de java para cada uno de los elementos del ciclo, algunas de estas clases fueron modificadas para permitir su integración al sistema, la base de casos que se utiliza está implementada sobre una base de datos MySQL.

La base de casos del sistema irá evolucionando con el tiempo, hasta que en un momento dado no habrá que hacer adaptación.

A medida que el número de casos crece en el sistema puede ocurrir que para una solicitud del usuario exista más de una alternativa de solución. En estos casos es finalmente el sistema de evaluación del CBR el que determina cual es la solución o las soluciones que más próxima(n) a los deseos del usuario.

Empleando el prototipo propuesto, se procesaron un conjunto de casos definidos con lo cual se obtuvieron pruebas satisfactorias de similitud tomando como base el conocimiento almacenado.

6. CONCLUSIONES

Es importante hacer énfasis que la utilización de metodologías de IS y su correcta aplicación, permiten generar sistemas de calidad, basados en estándares establecidos, lo que garantiza el éxito del mismo.

Las pruebas realizadas al software, permitió visualizar que el producto cumple con las necesidades del cliente, esto se logró con la aplicación de la metodología SCRUM donde se hace énfasis a que el cliente es parte importante del equipo de desarrollo.

El software obtenido es una muestra clara de la buena aplicación de la IS, un buen seguimiento en los procesos a seguir y el correcto análisis del problema.

Para finalizar es necesario mencionar para que el CBR funcione correctamente y tenga resultados satisfactorios, se debe ir incrementando los casos, entre más casos tenga la memoria el resultado será más aceptable, se adaptara a nuevas propuestas para diferentes áreas de trabajo

7. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la DGEST por el apoyo de beca No. 20110000470 para la realización de la investigación aquí descrita.

8. REFERENCIAS

- [1] Cataldi Zulma. "*Metodología de Diseño, Desarrollo y Evaluación de Software Educativo*". Tesis de Magister en Informática. Facultad de Informática. UNLP. Argentina. 2000.
- [2] De la Riva C. "PRIS 2009: *Taller sobre Pruebas en Ingeniería del Software*". Actas de los Talleres de Ing. del Sw y Bases de Ds. Vol. 3, Núm 4. ISSN 1988-3455. Septiembre. 2009

- [3] Stuart Russell, Peter Norving. "*Inteligencia Artificial. Un enfoque Moderno*". ISBN: 84-205-4003-X. PEARSON Prentice Hall. Madrid, España. 2005
- [4] Delgado Dapena Martha, Lorenzo Fonseca Iren. "*Una Herramienta de Apoyo a las Revisiones de Proyectos de Software Utilizando Razonamiento Basado en Casos*". Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. No.30. V. 10. ISSN: 1137-3601. 2006.
- [5] Lozano Laura. "*Razonamiento Basado en Casos: Una Visión General*". Universidad de Valladolid. España. 2007.
- [6] López Trujillo Yucely. "*Propuesta de utilización del razonamiento basado en casos para la recuperación de procedimientos de prueba funcionales*". Ingeniería e Investigación Vol. 30 No. 3. ISSN: 0120-5609. Colombia. 2010.
- [7] Martínez Ortiz F. "*Sistema Multiagente de Razonamiento Basado en Casos para Facilitar el Aprendizaje Colaborativo*". Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Tesis Maestría en Ciencias en Sistemas Inteligentes. México. 2004.
- [8] Kniberg H. "*Scrum y XP desde las trincheras. Como hacemos Scrum*". C4Media Inc. ISBN: 978-1-4303-2264-1. 2007.
- [9] Kennedy Ruby L., Lee Yuchun, Roy Benjamin. "*Solving Data Mining Problems Trough Pattern Recognition*". Prentice-Hall. ISBN: 0-13-095083-1. 1997.
- [10] Recio García Juan A. "*jCOLIBRI2, Tutorial*". Department of Software Engineering and Artificial Intelligence. University Complutense of Madrid. ISBN: 978-84-691-6204-0. España. 2008
- [11] Azevedo Ana, Santo Manuel Filipe. "*KDD, SEMMA and CRISP-DM: A parallel overview*". IADIS European Conference Data Mining ISBN: 978-972-8924-63-8. 2008.

UNA APLICACIÓN PARA TELÉFONOS INTELIGENTES

J. A. Estrada Soto, M. A. García Galván
Universidad Autónoma Metropolitana
Av. San Pablo 180 Col. Reynosa
C.P. 02200 Del. Azcapotzalco
Teléfono: 5318 9550 ext. 1057

e-mail:

jestrada@correo.azc.uam.mx ggma@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

Las tecnologías que más impacto tienen en la sociedad son las que llegan a ser “transparentes”; es decir, aquellas que llegan a ser parte de la vida cotidiana hasta que no se distinguen en ella. El uso que actualmente se da a los *smartphone* va desde la ejecución de aplicaciones sencillas orientadas a la recreación del usuario, hasta ser empleado como plataforma de desarrollo de aplicaciones complejas capaces de interactuar con sistemas hardware software. Este trabajo muestra el diseño y construcción de un sistema cuyo objetivo es introducir, a aquellos interesados tanto de la electrónica como de la computación, en el desarrollo aplicaciones hardware-software para *smartphone*.

ABSTRACT

The technologies that have more impact on society are those that become "transparent": those who become part of everyday life until they are distinguished in it. The current use is given to the *smartphone* ranges from simple applications to complex patterns of users to be used as a platform for developing applications capable of interacting with complex hardware systems software. This work shows the design and construction of a system whose aim is to introduce, for those interested both in electronics and computing, to develop hardware-software applications for *smartphones*.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de los sistemas distribuidos, la transparencia es un término que hace referencia al hecho de percibir al sistema como un todo, más que como una colección de componentes independientes [1]. Sin embargo, la experiencia nos muestra que con el paso del tiempo ésta característica está implícita en las nuevas tecnologías, entendiéndose que son “nuevas” de acuerdo a su época. Así, encontramos que las tecnologías que más impacto tienen en la sociedad son las que llegan a ser “transparentes”; es decir, aquellas que llegan a ser parte de la vida cotidiana hasta que no se distinguen en ella. Un ejemplo de estas tecnologías que tienden a ser transparentes es el llamado “Teléfono inteligente” [2] (*smartphone* en inglés), término comercial empleado para distinguir aquellos teléfonos móviles que dentro de su escalabilidad vertical [1] muestra algunas características propias a las de una computadora personal: pantalla táctil, conexión a Internet, memoria interna, entre otras. El uso que actualmente los usuarios dan a estos dispositivos, los hacen omnipresentes al grado de que para muchos es difícil imaginar la vida moderna sin ellos. Para los desarrolladores, una de las características de los *Smartphone* que llaman su atención es que permiten la creación de aplicaciones propias.

Hoy en día contamos con una variedad de aparatos de uso común tales como lavadoras, refrigeradores, taxímetros, juguetes, entre otros, que ante los ojos de los usuarios denotan cierta “inteligencia”. Un gran número de tales aparatos basan su operación en algún tipo de sistema embebido; todo ello sin que el usuario sepa a ciencia cierta “cómo hace el aparato para saber que hacer”.

Aunque la electrónica digital día a día es más empleada en la construcción de un sinnúmero de dispositivos que hacen “más fácil la vida” a quienes hacen uso de ellos, aún requieren que sus diseñadores desarrollen los algoritmos y programas computacionales que les permitirán a tales dispositivos realizar las tareas para las que fueron creados.

Así, haciendo uso de un smartphone, el sistema operativo móvil Android y de un sistema embebido con base en microcontroladores PIC, el presente trabajo muestra el diseño y construcción de un sistema cuyo objetivo es introducir, a aquellos interesados tanto de la electrónica como de la computación, en el desarrollo de aplicaciones hardware-software para smartphone con base en Android.

2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El objetivo del sistema es brindar una plataforma para desarrolladores de aplicaciones software que pretendan controlar cierto tipo de hardware. En particular, está conformado por elementos hardware y software agrupados en tres grandes bloques: la interfaz hombre-máquina, el sistema digital y la comunicación entre procesos. A continuación se describen cada uno de estos bloques.

2.1 Interfaz hombre-máquina

La interfaz hombre-máquina tiene dos funciones: ocultar al usuario la complejidad del hardware y administrar una parte de los recursos hardware-software del sistema. El núcleo básico de la interfaz está con base en un smartphone Samsung Ace con Android 2.2. El smartphone integra una variedad de características entre las cuales está la de permitir crear un servidor para ser accedido vía un mecanismo de comunicación entre procesos.

2.1.1 Operación

La interfaz interactúa con el usuario a través de un menú de opciones como el mostrado en la figura 1.



Figura 1. Ejemplo de menú de opciones.

Inicialmente el usuario interactúa con un menú que muestra los elementos contemplados y, de acuerdo a su elección, se ejecuta lo siguiente:

- Lámpara:
 - Encender/apagar. Si la lámpara está apagada, se encenderá. En caso contrario, se apagará.
- Móvil:
 - Adelante. El móvil avanzará hacia adelante.
 - Reversa. El móvil retrocederá.
 - Alto. El móvil se detendrá.

En el caso del móvil, si se selecciona la opción adelante o reversa dos veces, el móvil se detendrá. Todas las aplicaciones para el smartphone se desarrollan bajo Eclipse IDE for Developers en conjunto con el Android SDK. Ambos paquetes, y las instrucciones de instalación y configuración, pueden ser descargados de [3]. En tal sitio también es posible encontrar ejemplos sencillos para

Android. Cabe hacer notar que el desarrollo de una aplicación para Android contempla un conjunto de secciones entre las cuales están: el código fuente (extensión .java), el archivo Manifiesto (AndroidManifest.xml) y la interfaz gráfica para el usuario de la aplicación (main.xml). En sí, dependiendo de la acción que el programador quiera llevar a cabo, tendrá que manipular el archivo adecuado.

El menú que presenta el smartphone se diseñó en la sección res/layout/main.xml del código escrito especialmente para la aplicación. Aunque en particular este menú fue implementado escribiendo el código, también es posible hacerlo empleando la interfaz gráfica que Eclipse proporciona. La parte operativa fue escrita en el archivo fuente, y los dispositivos a emplear son declarados en AndroidManifest.

2.2 El sistema digital

Por cada selección que el usuario hace en el menú principal, mediante un protocolo con base en caracteres se transmite la petición hacia un sistema digital con base en un PIC 16F84A [4] que interpreta la petición y establece las señales de control en el puerto de entrada/salida específico que activará la etapa de potencia adecuada.

El algoritmo que se emplea es el siguiente: una vez que un carácter arriba al puerto de entrada del PIC, este compara con los caracteres previamente establecidos para llevar a efecto alguna tarea; si por alguna razón tal carácter no se encuentra en la base de datos, se ignora; en caso contrario se ejecuta la subrutina de atención apropiada.

Debido a que se consideran dos tipos de dispositivos a controlar (una lámpara y un móvil), también se consideran dos etapas de potencia, ambas se muestran en la figura 2. Para la lámpara se emplea un relevador electrónico miniatura de 1 polo, 2 tiros (SPDT) y bobinas de 5 Vcc que controla el encendido y apagado. Para activar el relevador con la señal proveniente del PIC se utilizó un buffer el cual es un inversor y un transistor de propósito general (2n2222) como interruptor. Debido a que el buffer utilizado es un inversor, se tuvieron que invertir las señales del PIC, es decir, para que el recurso se encienda se envía un '0' y para que se apague se envía un '1'.

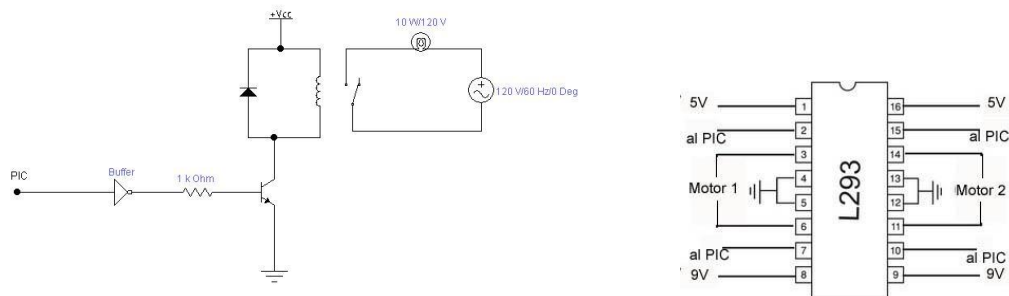


Figura 2. Etapas de potencia.

En el caso del móvil, se hace uso de un circuito L293D el cual controla dos motores de 9V CD. Los puertos de entrada/salida del PIC se conectan directamente a este circuito y, dependiendo de la señal emitida, los motores trabajan en un sentido o en otro, o bien, se detienen.

2.3 Comunicación entre procesos

La tercera parte la constituye el mecanismo de coordinación, sincronización y comunicación entre el sistema digital y el Smartphone. Para ello se emplean los sockets [5] como mecanismo de comunicación y un algoritmo con base en caracteres para la coordinación y sincronización de las acciones. Todo ello vía Bluetooth.

Bluetooth es un protocolo de comunicación inalámbrica con alcance limitado; permite el acceso peer-to-peer a redes, el intercambio de objetos, la sustitución de cables, entre otros. El perfil que se emplea en este trabajo es el perfil de sustitución de cable RFCOMM (Radio Frequency Communication). En sí, la plataforma Android incluye soporte para la pila de red de Bluetooth. Esto proporciona acceso a funcionalidades del Bluetooth a través de las APIs de Android para Bluetooth. Así, los pasos llevados a cabo para el intercambio de información contemplan: la búsqueda de otros dispositivos Bluetooth por parte del smartphone, el “emparejamiento” con los dispositivos encontrados (en este caso el del sistema digital), el establecimiento de canales RFCOMM, la conexión con otros dispositivos vía el servicio apropiado, la transferencia de datos entre los dispositivos y la desconexión. La información sobre las clases e interfaces necesarias para crear conexiones Bluetooth pueden ser consultadas en [3].

El protocolo Bluetooth establece un dispositivo “primario”, o “maestro”, que inicia la comunicación con uno o varios dispositivos “secundarios”, o “esclavos”. Con independencia del modo de establecimiento de la conexión, las aplicaciones Android intercambian datos a través de una interfaz socket. Para ello, se emplea el paquete `android.bluetooth`, disponible desde la versión 2.0.

Para la interconexión, es necesario el “emparejamiento” previo entre los dispositivos bluetooth: el del smartphone y el del sistema digital. Posteriormente, primero se obtiene una lista de dispositivos emparejados de la pila hardware/software Bluetooth y después se da inicio a una conexión RFCOMM con el dispositivo objetivo; eso es, un perfil de conexión del puerto serie entre dos dispositivos emparejados.

Ya que Android está con base en Linux, el adaptador de Bluetooth del smartphone es tratado como archivo. Así, primero se obtiene un descriptor para tal adaptador para posteriormente crear el socket que permitirá la conexión con el dispositivo remoto a través del Serial Port Profile (empleando el método `createRfComSocketToServiceRecord`). Una vez que se tiene el socket, solo se ejecuta la función `connect`. A partir de ello el intercambio de información se lleva a cabo mediante las llamadas de tipo `InputStream` y `OutputStream` —para recepción y envío respectivamente—, [6] proporciona una excelente guía para ello.

Del lado del sistema digital el dispositivo de comunicación es un bluetooth serial uart. Así, este se conecta directamente a los pines del PIC especialmente reservados para Rx y Tx y de esta manera la comunicación se reduce únicamente a una comunicación serial.

3 PRUEBAS Y RESULTADOS

Ya que el sistema fue creado para ser empleado como una aplicación más, las pruebas realizadas estuvieron con base en la ergonomía, facilidad de uso y alcance de la señal. Para ello se construyeron una maqueta con el hardware adecuado para el manejo de la lámpara y un robot móvil. La aplicación para el smartphone se puso en un servidor de pruebas para que pudiera ser descargado por usuarios elegidos de acuerdo a características tales como edad, experiencia en el manejo de smartphones, entre otros. Así, la aplicación respondió adecuadamente en la parte del control de los dispositivos, no así la comunicación entre los bluetooth ya que en diversas ocasiones se “desconectaba” la parte correspondiente al smartphone.

4 CONCLUSIONES

Generalmente, la mayor parte de los contenidos de los cursos sobre Android se ocupan en cómo emplear las distintas posibilidades que brinda el SDK. Sin embargo, en la actualidad un significativo número de desarrolladores están interesados en cómo sacar partido al hardware del dispositivo Android y en la interacción entre este y aquel hardware construido a partir de sistemas embebidos. Para este trabajo, inicialmente se pensó que la implementación de sockets en el smartphone sería tan amigable como aquellas hechas sobre los sistemas PC tradicionales. Sin embargo, dada la diferencia entre la arquitectura de estas últimas y la de los smartphones, fue necesaria la adquisición de nuevos conocimientos tanto en hardware como en software para trabajar con el smartphone. Por ejemplo, Eclipse cuenta con emuladores, incluyendo la máquina

virtual Dalvik propia para smartphones, pero no se puede emular la comunicación vía Bluetooth: la máquina virtual no está preparada para ello. Como trabajo futuro se propone la creación de aplicaciones híbridas. Por ejemplo, que vía WiFi se registren algunos eventos y de acuerdo al evento vía Bluetooth el smartphone realice alguna acción. Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que el sistema construido puede ser empleado por cualquier usuario como una aplicación más del Smartphone.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Couloris, G. *Sistemas Distribuidos: conceptos y diseño 3ª edición*, (Ed. Prentice Hall, Madrid), 726, (2001).

[2] COMENTARIOS SOBRE teléfonos inteligentes 2011 [en línea]

<http://www.fundeu.es/recomendaciones-T-telefono-inteligente-preferible-a-smartphone-541.html>

[consulta: 10 enero 2012]

[3] PLATAFORMA DE DESARROLLO para Android 2011 [en línea]

<http://developers.android.com> [consulta: 25 agosto 2011]

[4] HOJAS DE ESPECIFICACIONES TECNICAS SOBRE el microcontrolador PIC 16F84A [en línea] <<http://www.microchip.com>> [consulta: 10 septiembre 2011]

[5] Márquez, F. *Unix Programación Avanzada 3ª Edición*, (Ed. Alfa-Omega, México), 598, (2006)

[6] EJEMPLO DE APLICACIÓN para comunicación en Android [en línea]

<http://marakana.com/forums/android/examples/50.html> [consulta: 25 septiembre 2011]

UTILIZACIÓN DE ÍNDICES DE VALIDACIÓN INTERNOS PARA OPTIMIZAR EL ANÁLISIS DE APLICACIONES DE AGRUPAMIENTO

Dra. Erendira Rendon Lara, Juan Omar Ramírez Arellano, Andrés Villanueva Picasso
Instituto Tecnológico de Toluca
(Av. Tecnológico s/n. Ex-Rancho la Virgen. Metepec, Edo. de México, México C.P. 52140
Tel: 722-2087200

{erendon@ittoluca.edu.mx, djneo.imix@gmail.com, avp_1987_02nov@hotmail.com}

Resumen:

Existen muchas aplicaciones de Inteligencia artificial que dan como resultado agrupaciones de distintos objetos en determinadas clases, por ejemplo, las redes neuronales o algunos algoritmos como el K-medias, las cuales son muy útiles para el reconocimiento de patrones, sin embargo es complicado saber si los grupos obtenidos, es el correcto, dado que por la naturaleza de algunos algoritmos de agrupamiento el número de grupos resultantes es definido por el usuario. Así es como surgen los índices de validación, los cuales prácticamente nos indican que tan bien agrupada se encuentra una muestra, para poder confiar en el resultado o intentar mejorar el resultado obtenido según sea necesario.

En este trabajo se presenta un software que se programó en forma modular, cada índice a probar dentro de su clase tiene todo lo necesario para funcionar por sí mismo. Cuyo objetivo es comparar los resultados de aplicar los índices de validación de una muestra indicando de acuerdo a la convergencia el resultado de los índices determinando cual es el número de grupos óptimo.

Abstrac:

There are many artificial intelligence process that give clusters as result, for example, neural networks and some algorithms like K-means, those are useful for pattern recognition, although is complicated to know if that result, the number of clusters, is the best, because most of the time the number of clusters is given by the user.

This is where validation measures, whose aim is to show how well a pattern have been clustered, in order to use that result or try to make it better if possible.

The project was coded trying to make each module independent, making each validation measure class independent from others; they have everything needed to work standalone.

Comparing the results of each validation measure, applied to a sample, is the way it works, and if there is convergence between each one, then it is the best result for the given files.

1.- Introducción

La inteligencia artificial es una rama de las ciencias computacionales que busca soluciones a problemas reales, gracias a sus herramientas la tecnología ha ido en crecimiento en diferentes problemáticas de la sociedad, tal es el caso de la medicina, el ambiente, la industria, por nombrar algunas. Una de las herramientas de la Inteligencia Artificial es el uso de los índices de validación los cuales son esenciales para el análisis de algunas aplicaciones. Podemos encontrar índices de validación externos, relativos e índices de validación internos.

Los índices de validación externos tienen como objetivo determinar si los puntos en un archivo de datos se encuentran estructurados aleatoriamente o no, utilizando para ello distintos tipos de pruebas estadísticas intentando encontrar si existen diferencias significativas entre los grupos o no.

Los índices de validación relativos son aquellos que no involucran pruebas estadísticas. La idea fundamental de estos índices es elegir el mejor esquema de agrupamiento de un conjunto de esquema de acuerdo a un criterio pre-especificado.

Por otra parte los Índices de validación internos son aquellos que utilizan pruebas de hipótesis estadísticas, examinan las pruebas de validez para determinar si la estructura es intrínsecamente apropiada para los datos, es decir se verifica si la estructura del agrupamiento producido por un algoritmo de agrupamiento, encaja correctamente los datos, pero usando sólo información inherente al conjunto de datos. Utilizando estos índices de validación interna de grupos la meta es evaluar el agrupamiento resultante de un algoritmo utilizando cantidades y características inherentes al conjunto de datos. Hay dos casos en los cuales se aplican los índices de validación interna de grupos y dependiendo de la estructura de agrupamiento son:

- a) Esquemas de agrupamiento jerárquico.
- b) Esquemas de un solo agrupamiento.

Los índices internos son estadísticas basadas en las sumas de cuadrados entre grupos y dentro de grupos. El número de grupos K es aquel que maximiza o minimiza uno de estos índices.

2.-Desarrollo.

Para este proyecto fueron utilizados los siguientes índices de validación interna:

- Silhouette
- Davies Bouldin
- Calinski and Harabasz

Sin embargo existen otros índices de validación interna como por ejemplo, el Bayesian Information Criterion (BIC), éste propone una aproximación al factor de Bayes basados en su marco del modelo de la mezcla para comparar modelos con diversos parámetros [1]. El índice de validación DUNN, el cual tiene como principal finalidad identificar los grupos que están bien compactos y deparados de los demás [2].

2.1.- Silhouette

El índice de validación Silhouette es útil cuando se están buscando grupos claramente separados. Para construir siluetas necesitamos una partición de k grupos obtenida por el uso de un cierto algoritmo de agrupamiento, y la matriz de la proximidad que contiene todas las cercanías entre los objetos. Para un grupo dado, este método asigna a cada objeto del grupo un $s(i)$ cuantitativo de la medida, conocido como la anchura de la silueta. La anchura de la silueta indica la calidad de miembro del objeto (i) en el grupo que se ha asignado.

Donde (i) es cualquier objeto en el archivo de datos. Se denota como C_j al grupo a que el objeto (i) se ha asignado. Si $a(i)$ es la desigualdad media entre (i) y todos los otros objetos en el grupo C_j . Considerando algún grupo de C_k diferente del grupo C_j y calcula $b(i)=\min_{C_k=C_j} d(i, C_k)$ ($k=1,2,\dots,c$; $k \neq j$).

Entonces la silueta se define como:

$$S(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (1)$$

Por lo tanto se puede definir:

a(i) Como la distancia promedio entre (i) y los otros objetos que están en el mismo grupo.

b(i) Denota la distancia promedio mínima de (i) a los objetos que están en otros grupos [3].

El vecino del objeto (i) es del grupo C_k para el cual se obtiene el mínimo, es decir:

$(i, C_k) = b(i)$. El grupo C_k representa la segunda mejor opción para el objeto i.

De la definición nosotros podemos ver que $-1 \leq s(i) \leq 1$. Un valor de $s(i)$ cerca de 1 es obtenido cuando dentro de la desigualdad a(i) es más pequeño que el valor más bajo dentro de la desigualdad b(i).

Por consiguiente podemos decir que el objeto i está bien agrupado. Por otro lado, si $s(i)$ toma los valores cerca de -1 implica que a(i) es más grande que b(i). En este caso nosotros podemos decir que el objeto i ha sido el clasificado equivocadamente, para que el objeto i pueda ser reasignado. Si a(i) y b(i) tienen los valores similares entonces el $s(i)$ es aproximadamente cero. En esta situación el objeto (i) yace igualmente lejos de los dos grupos C_j y C_k .

2.2.- Davies Bouldin

Este índice es una función del cociente entre la suma de la dispersión dentro del grupo y la separación entre los grupos. La dispersión dentro del k-ésimo grupo se puede calcular como [5]:

$$S_{kj} = \left(\frac{1}{|C_k|} \sum_{z \in C_k} \|x - z_k\|^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

La distancia entre los centroides del grupo C_k y C_j se realiza por:

$$d_{kj} = \left\{ \sum_{i=1}^d |C_{ki} - C_{ji}|^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

Posteriormente, la semejanza $R_{k,qt}$ se puede calcular como:

$$R_{kqt} = \left\{ \frac{S_{kj}}{d_{kj,q}} \right\} \quad (4)$$

Donde $d_{kj,q}$ es la distancia entre los centros de los grupos.

El índice de DB se define como:

$$DB = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k R_{k,qt} \quad (5)$$

Este algoritmo busca grupos con la dispersión mínima dentro del grupo y la separación máxima entre clases. Por lo tanto, el número de grupos que tenga un valor mínimo del DB se toma como el valor óptimo.

2.3.- Calinski and Harabasz

Para seleccionar el número más útil de grupos en un tradicional k-medias agrupamiento de objetos de un objeto dado por la matriz de los atributos de los datos Calinski y Hatabasz (1974) propusieron el índice CH, este índice o método se dice que es un método global. La diferencia en Relación de Criterios de CH es la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{BGSS(k)/(k-1)}{WGSS(k)/(n-k)} \quad (6)$$

Donde BGSS es la suma de las dispersiones entre los centroides de racimo k y el general centroide; WGSS es la suma de la dispersión de cada grupo de miembros de sus racimo ponderado por el número de miembros de la agrupación; n es el número de datos y k es el número de grupos [4].

$$W = \left\{ \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} |X_j - C_i|^2 \right\}^{1/2} \quad (7)$$

Es la suma de los cuadrados de las distancias dentro de los grupos.

$$B = \left\{ \sum_{i=1}^d |C_{ki} - C_{kj}|^2 \right\}^{1/2} \quad (8)$$

Es la suma de la distancia cuadrada entre los grupos, medida entre sus respectivos centroides. Se puede concluir que el índice CH divide la variabilidad entre los grupos de una solución por la variabilidad correspondiente dentro del grupo, ambas corregidas para sus grados de libertad respectivos. Como tal, el índice CH logrará los altos valores con muchas soluciones, pero no muchos grupos. La selección modelo de Calinski-Harabasz heurística entonces consiste en dos pasos:

- 1.- Para todo K-medias que agrupa las soluciones se determina el valor del índice CH
Note, sin embargo, ese CH no se define para k=1, esto implica que nunca se seleccionará un modelo con un sólo grupo.
- 2.- Como medida óptima se debe seleccionar la solución con el valor CH más alto.

2.4.- Programación

La programación para el proyecto fue modular, lo que significa que cada una de las clases dedicadas a los índices de validación se encuentra codificada de tal manera que puede funcionar por sí sola, siempre y cuando también se encuentre la clase archivo dentro del mismo paquete.

Para poder lograr esto se utilizó el lenguaje de programación JAVA, el cual gracias al paradigma de la programación orientada a objetos, además de su facilidad para ser portado a otros sistemas operativos, se consideró como la mejor alternativa disponible.

El programa de computadora final cuenta con una interfaz grafica simple como se muestra en la Figura 1, esto debido a que se pensó en una solución que fuera fácil de utilizar. Dicha interfaz sólo cuenta con una ventana, la ventana principal, y es aquí donde se tienen al alcance los componentes necesario para apreciar el resultado del análisis de los índices de validación.

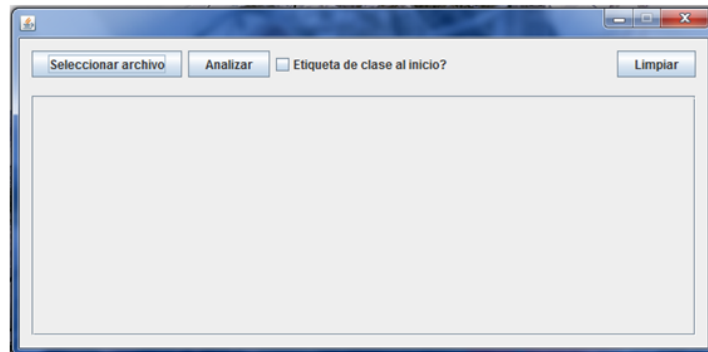


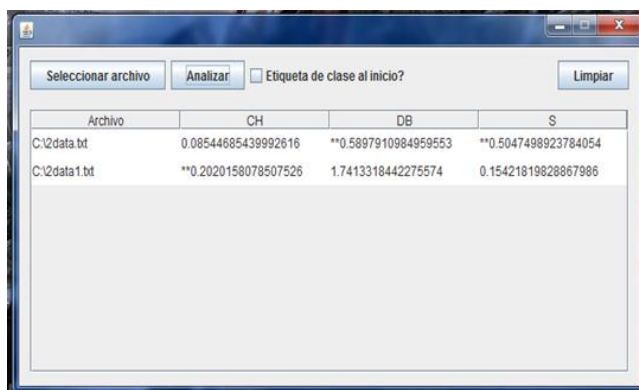
Figura 1

El Botón “Seleccionar Archivo”: como el nombre lo indica al dar clic en este botón se mostrará una ventana de selección de archivo, se pueden abrir tantos archivos como sea necesario (uno a la vez) en tanto todos tengan el mismo número de columnas. Cabe mencionar que los archivos deben poseer ciertas características que los hagan compatibles con la aplicación, la cuales son:

- ser archivos de texto.
- No debe haber dentro de ellos mas información que las características cuantitativas de los objetos, así como una etiqueta de clase, la cual debe ser un numero y puede ir tanto en la primera como en la última columna, siempre y cuando todos los archivos tengan la etiqueta de clase en la misma posición y se especifique con la casilla de selección “Etiqueta de clase al inicio?”; también debe contener un separador, el cual puede ser cualquier símbolo excepto números o puntos. A continuación se muestra un ejemplo con 2 objetos con etiqueta de clase al final.

0.743085x0.408142x0.192979x2
0.52338x0.987384x0.269902x1

En el ejemplo se puede apreciar además que el separador es la letra “x”. Una vez abiertos todos los archivos que sean requeridos se procede a dar clic sobre el botón analizar, al hacer esto el programa automáticamente inicia el proceso de análisis para cada uno de los índices, y al finalizar marca con “***” el mejor resultado posible obtenido de los archivos dados, como se aprecia en la siguiente figura.



Archivo	CH	DB	S
C:\2data.txt	0.08544685439992616	**0.5897910984959553	**0.5047498923784054
C:\2data1.txt	**0.2020158078507526	1.7413318442275574	0.15421819828867986

Figura 2

En la figura 2 se puede apreciar el análisis realizado sobre 2 archivos, y se despliega tanto el nombre del archivo como el valor optimo para cada índice además de la convergencia encontrada por los índices Daves Bouldin y Silhouette indicando que para este conjunto de archivos el que contiene el mejor agrupamiento es el archivo “2data.txt”.

2.5.- Implementación.

Para la implementación primeramente se buscó la manera de saber si los resultados arrojados por el programa eran los adecuados, para lograrlo se utilizó la muestra de datos “iris”, debido a que existe documentación que muestra que resultados se deben obtener al aplicarle distintos algoritmos.

Actualmente el software está siendo utilizado para ayudar a validar los resultados del análisis de imágenes colposcópicas dentro del Instituto Tecnológico de Toluca, de las cuales es necesario realizar tareas de agrupamiento sobre los datos obtenidos para poder identificar las diferencias en las regiones de una imagen de este tipo.

3.- Conclusión

Durante el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo varias pruebas las cuales nos eran de mucha utilidad para determinar el funcionamiento de cada índice y así poder obtener un resultado favorable, a través de pruebas de escritorio pudimos constatar que los resultados obtenidos en el programa como en la prueba eran semejantes.

El poder ofrecer una aportación de este tipo hacia un problema real como lo es la clasificación de imágenes colposcopias, lleva al programa a ser una herramienta muy útil para las aplicaciones de agrupamiento aunque sea de forma indirecta.

4.- Referencias Bibliográficas.

1.-Fraley C. and Raftery A. E. "How Many Clusters? Which Clustering Method?" Answers Via Model-Based Cluster Analysis, Technical Report No 329, Department of Statistics, University of Washington.

2.-Gonzalez Toledo Marggie D. "A comparison in cluster validation techniques" December, 2005, University of Puerto Rico, Mayagüez campus.

3.-Peter J. ROUSSEEUW, Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis, Journal of Computational and Applied Mathematics, 20, 53-65, North- Holland

4.-Guergana Savora, Cluster Stopping Rules for Word Sense Discrimination, Mayo Clinic, USA, Consulta Abril 2011.

5.- Chih-hung Wu, One-Class Support Vector Machines for Aerial Images Segmentation, World Academy of Science, Engineering and Technology 65 2012, [en LINEA]
< <http://www.waset.org/journals/waset/v65/v65-161.pdf> > Consulta Abril 2011

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS DE QoS EN UNA RED VoIP

Homero Toral, Vladimir Cabañas, Freddy Chan, Víctor Sánchez, Emmanuel Torres, Jorge Aguilar
Universidad de Quintana Roo, Av. Boulevard Bahía s/n, Col. Del Bosque, Chetumal Quintana
Roo. Email: htoral@uqroo.mx

RESUMEN

Voz sobre el protocolo de Internet (Voice over Internet Protocol-VoIP) es una tecnología de crecimiento acelerado, que permite el transporte de señales de voz sobre redes de datos, tales como Internet. Internet no ofrece garantías en términos de ancho de banda, pérdida de paquetes y retardos, parámetros clave para las aplicaciones en tiempo real como VoIP. La caracterización adecuada de estos parámetros permite el desarrollo de aplicaciones de VoIP que empleen de manera óptima los recursos de la red, sin comprometer la calidad de la conversación. En este trabajo se presenta un análisis del comportamiento de los factores antes mencionados bajo la perspectiva de los procesos auto-similares con memoria de largo plazo, un enfoque ampliamente aceptado para el modelado de tráfico en redes.

ABSTRAC

Voice over Internet Protocol (VoIP) is a rapidly growing technology that enables the transport of voice over data networks such as Internet. Internet does not offer guarantees in terms of bandwidth, packet loss and delays, key parameters for real time applications like VoIP. The appropriate characterization of these parameters allows the development of VoIP applications that employ the network resources in optimal manner, without jeopardizing the speech quality. This work presents an analysis of the above factors behavior under the self-similar process with long range dependency perspective, a widely accepted approach for network traffic modeling.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la transmisión de voz y datos se ha realizado a través de diferentes redes. Para el transporte del tráfico de voz se ha utilizado hasta ahora la red telefónica pública conmutada (Public Switched Telephone Network - PSTN), basadas en las técnicas de conmutación de circuitos y especialmente adaptadas a las características del tráfico de voz. Por otro lado, el tráfico de datos se caracteriza en general por su falta de continuidad (tráfico a ráfagas), es por ello, que la técnica de conmutación de paquetes se adapta mucho mejor a este tipo de tráfico.

Sin embargo, la tendencia de las telecomunicaciones es la unificación de redes o convergencia de redes, es decir, que sobre una misma infraestructura se transporten tráfico de voz y tráfico de datos, todo esto es posible gracias a los protocolos IP, los cuales nos permiten encapsular la voz como si fueran datos (paquetes de voz) y de esta manera puedan ser transmitidos sobre las redes de conmutación de paquetes, tales como Internet.

El Internet de nuestros días proporciona un servicio llamado de "mejor esfuerzo" ("best-effort") y no garantiza calidad de servicio (Quality of Service-QoS) a aplicaciones multimedia en tiempo real, tal como voz sobre el protocolo de Internet. En los últimos años VoIP ha llegado a ser una de las aplicaciones más atractivas sobre Internet que demanda estrictamente recursos y servicios de red para proporcionar un nivel de QoS aceptable por los usuarios. La QoS de aplicaciones VoIP depende principalmente de los siguientes parámetros: ancho de banda, pérdida de paquetes y retardos.

Debido a que en el futuro se espera la migración de las comunicaciones de voz a Internet, las expectativas por mejorar el desempeño de los sistemas VoIP han aumentado considerablemente, por lo cual es esencial conocer el comportamiento de los factores que afectan el desempeño y funcionamiento de la misma con el objetivo de definir mejores modalidades de prestación de servicios, traducidas en aceptable nivel de QoS.

En este trabajo se realizó, medición, análisis y caracterización de los principales parámetros de QoS de tráfico de voz sobre IP en un escenario de dos redes LAN interconectadas por Internet. Las pruebas efectuadas consistieron en el establecimiento de llamadas de prueba entre un conjunto de terminales (end-points). Para establecer el conjunto de llamadas de prueba se utilizó una aplicación VoIP en hardware. Dentro del conjunto de llamadas establecidas se utilizaron

diferentes configuraciones de algunos parámetros, tales como, tipo de CODEC (G.711 y G.729) y diferentes tamaños de paquete (10ms, 20ms, 40ms y 60ms), con el objetivo de analizar y caracterizar el comportamiento de los parámetros de QoS, bajo diferentes configuraciones. Paralelamente al establecimiento de llamadas se efectuó la captura de patrones de tráfico mediante un analizador de protocolos y finalmente se realizó el procesamiento de las trazas capturadas para lograr el análisis y la caracterización propuesta en el presente trabajo.

1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

Existen numerosos parámetros o métricas para medir el desempeño de una red, tales como: ancho de banda, retardo y pérdida de paquetes, que a su vez se subdividen en otros sub-parámetros. La Tabla 1.1 muestra los principales parámetros con sus respectivos sub-parámetros.

Tabla 1.- Parámetros de QoS

Parámetros	Ancho de Banda	Retardo	Pérdida de Paquetes
Sub- Parámetros	Ancho de Banda Disponible	One-Way-Delay	One-Way Packet Loss
	Utilización		
	Throughput	Round-Trip-Time	Round-Trip Packet Loss
	Capacidad		
	BTC	Jitter	

1.1 RETARDO

El retardo en Internet consta principalmente de cuatro componentes:

- *Retardo de Propagación:* es el tiempo que tarda un bit en transmitirse de un punto a otro. Es una cantidad casi constante y depende principalmente de la velocidad de propagación de la señal en el medio de transmisión.
- *Retardo de procesamiento:* es el intervalo de tiempo desde que el paquete arriva al router o switch hasta que es puesto en una cola para su transmisión.
- *Retardo de encolamiento:* es el tiempo que el paquete espera en la cola hasta que es puesto en un puerto para su transmisión.
- *Retardo de transmisión:* es el tiempo que tarda en enviarse un paquete desde el primer bit hasta el último.

Usualmente se toman solamente en cuenta los últimos dos componentes, aunque el retardo de procesamiento ya no es despreciable. Analíticamente el retardo total, de fuente a destino, de un paquete k de tamaño L esta dado por:

$$T_i^k(L) = \alpha^i + \beta^i + \sum_{n=1}^i \left(\frac{L}{C_i} + X_n^k(t) \right) \quad (1)$$

Donde α^i representa el retardo de propagación hasta el hop i de un paquete k de tamaño L , β^i representa el retardo de procesamiento desde el hop fuente hasta el hop i del paquete k de tamaño L , L/C_i representa el retardo de transmisión del paquete k de tamaño L cuando se transmite por un hop de capacidad C_i , y finalmente $X_n^k(t)$ representa el retardo de encolamiento del paquete k en el hop i . El retardo de transmisión depende de la capacidad del router que se

da en paquetes/seg, es decir, mientras mayor sea la capacidad menor será este retardo. Por otra parte el retardo de encolamiento es una variable aleatoria, y por lo tanto se tiene que describir por medios estadísticos. A continuación se describen los sub-parámetros del retardo que en general difieren en la manera como se mide y su comportamiento en el tiempo.

1.1.1 RETARDO EN UN SOLO SENTIDO (OWD)

Como se puede ver en la ecuación 1, los componentes α^i y β^i son constantes por lo que podemos expresar $\psi^i = \alpha^i + \beta^i$ y definir de esta manera el retardo en un solo sentido o de fuente a destino como:

$$T_i^k(L)_{OWD} = \psi^i + \sum_{n=1}^i \left(\frac{L}{C_i} + X_n^k(t) \right) \quad (2)$$

El ITU-T G.114 recomienda los siguientes límites para el tiempo de transmisión en un solo sentido [1], en conexiones que cuenten con un control de eco adecuado conforme a la Recomendación G.131:

De 0 a 150 ms: aceptable para la mayoría de las aplicaciones de usuario.

De 150 a 400 ms: aceptable siempre y cuando las administraciones conozcan la influencia del tiempo de transmisión en la calidad de transmisión de las aplicaciones de usuario (véase la Nota 3).

Por encima de 400 ms: inaceptable a efectos de planificación general de la red; se acepta, sin embargo, que este límite pueda ser rebasado en ciertos casos excepcionales.

1.1.2 RETARDO IDA Y VUELTA (RTT)

La ecuación 2 describe el modelo del retardo en un solo sentido, sin embargo, en múltiples aplicaciones es mejor utilizar el retardo de ida y vuelta o de fuente-destino-fuente. Éste es una generalización de la ecuación 2, y está dada analíticamente como:

$$T^k(L)_{RTT} = \psi^f + \psi^b + \sum_{n=1}^f \left(\frac{L}{C_f} + X_n^k(t) \right) + \sum_{n=1}^b \left(\frac{L}{C_b} + X_n^k(t) \right) \quad (3)$$

Donde el término $\psi^f + \sum_{n=1}^f \left(\frac{L}{C_f} + X_n^k(t) \right)$ representa el retardo de ida y el término

$\psi^b + \sum_{n=1}^b \left(\frac{L}{C_b} + X_n^k(t) \right)$ representa el retardo de vuelta.

1.1.3 VARIACIÓN DE RETARDO (JITTER)

El jitter es definido como la variación en el retardo de los paquetes que llegan al extremo receptor. Es causado debido a la congestión en varios puntos de la red, variaciones en los tamaños de los paquetes que producen tiempos de procesamiento irregulares, entrega de paquete fuera de orden, encolamiento, almacenamiento temporal en "buffers", redireccionamiento del paquete, pérdida de paquetes y otros factores similares.

El transmisor envía cada paquete de una aplicación a una misma tasa de salida pero la red puede provocar que la tasa de llegada en el receptor no sea constante. Por ejemplo, si la tasa de transmisión de paquetes es de 20 ms, cada paquete debería llegar a su destino cada 20 ms. Esto no siempre es así, por ejemplo, la Fig. 1 muestra como los paquetes P1 y P3 llegan cuando se esperaba, pero el paquete P2 llega 12 ms después y el paquete P4 llega con 5 ms de retraso.

Para eliminar el jitter se introduce un retardo artificial (búfer), fijo o adaptativo, suficientemente pequeño para no contribuir mucho al retardo extremo a extremo, pero suficientemente grande para que la mayoría de paquetes sean recibidos antes de su instante de reproducción.

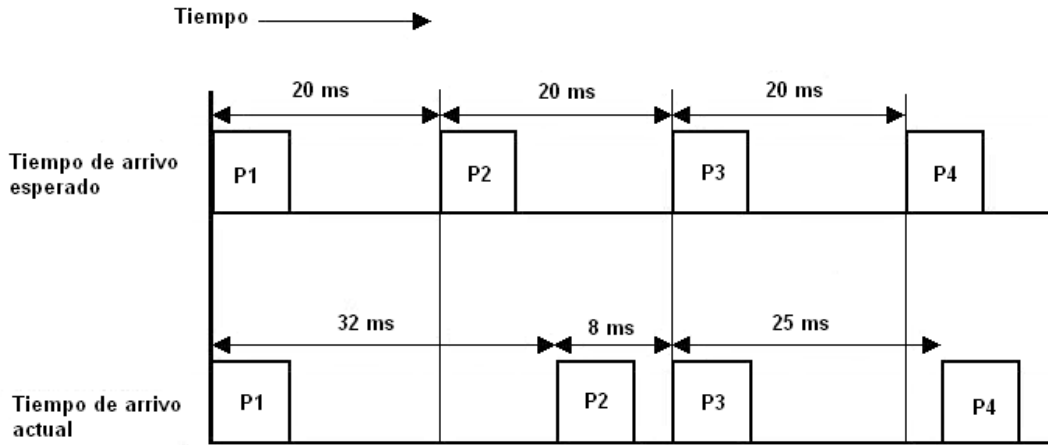


Fig. 1 Variación en el retardo de paquetes.

Como se puede notar en las ecuaciones anteriores, el retardo cuenta con un parámetro estocástico $X_n^k(t)$, por lo tanto, el retardo de cada paquete también será aleatorio. El jitter caracteriza completamente esta variación, analíticamente la relación entre el retardo total y jitter está dado por:

$$T_i^k(L) = T_i^k(L)_{\min} + \zeta_i^k(L) \quad (4)$$

donde $\zeta_i^k(L)$ representa el jitter experimentado por el paquete k de tamaño L desde el hop fuente hasta el hop i , formalmente el jitter se puede definir para una transmisión de ida como:

$$T_i^k(L)_{OWD} = T_i^k(L)_{OWD_{\min}} + \zeta_i^k(L)_{OWD} \quad (5)$$

donde $T_i^k(L)_{OWD_{\min}}$ está definido de acuerdo a la ecuación 2 cuando el retardo de encolamiento es cero, es decir, $X_n^k(t) = 0$. Para una transmisión de ida y vuelta lo anterior queda expresado como:

$$T_i^k(L)_{RTT} = T_i^k(L)_{RTT_{\min}} + \zeta_i^k(L)_{RTT} \quad (6)$$

donde $T_i^k(L)_{RTT_{\min}}$ está definida de acuerdo a la ecuación 3 cuando el retardo de encolamiento de ida y vuelta es cero, es decir, $X_n^k(t)^f, X_n^k(t)^b = 0$.

Las ecuaciones anteriores muestran el jitter para un solo paquete (su variación con respecto a su valor mínimo), sin embargo, es usual describir al jitter en términos de su variación con respecto al paquete $k+1$. Formalmente, sea $T_i^k(L)$ el retardo del paquete k y sea $T_i^{k+1}(L)$ el retardo del paquete $k+1$, entonces la variación del retardo o jitter entre estos dos paquetes es:

$$J(k) = T_i^{k+1}(L) - T_i^k(L) \quad (7)$$

Sin embargo si suponemos que $T_i^k(L)_{\min} = T_i^{k+1}(L)_{\min}$ entonces la ecuación anterior queda de la siguiente manera tanto para el retardo OWD como el RTT.

$$J(k)_{OWD} = \zeta_i^{k+1}(L)_{OWD} - \zeta_i^k(L)_{OWD} \quad (8)$$

$$J(k)_{RTT} = \zeta_i^{k+1}(L)_{RTT} - \zeta_i^k(L)_{RTT} \quad (9)$$

1.2 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda es una medida de la cantidad de datos por unidad de tiempo que se puede transportar entre dos puntos A y B [2].

Cuatro sub-parámetros importantes para el ancho de banda son [3]:

- *Capacidad*: Es el máximo ancho de banda que un enlace o camino de red puede transportar. Cuando tenemos un camino, dado por la secuencia de saltos $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ con correspondientes capacidades C_1, C_2, \dots, C_n , entonces su capacidad está dada por:

$$C = \min \{C_i\}_{i=1}^n$$

(10)

Es decir, la capacidad del camino, está limitada o es igual al enlace con la mínima capacidad.

- *Ancho de banda disponible*: Es el máximo ancho de banda sin usar en un enlace o trayectoria de red. A diferencia de la capacidad, el ancho de banda disponible es una métrica dinámica en el tiempo, por lo cual su estimación es más compleja. Analíticamente el ancho de banda disponible se obtiene de la siguiente manera; supongamos que C_i representa la capacidad del enlace i , ahora definamos como u_i la utilización del enlace i , de tal manera que $0 \leq u_i \leq 1$, entonces el ancho de banda disponible para el enlace i , A_i , esta dado por:

$$A_i(t) \equiv C_i(1 - u_i(t))$$

(11)

Debido a que u_i es un parámetro dependiente del tiempo, entonces la ecuación 11 en el intervalo $t + \tau$ puede expresarse como:

$$A_i(t + \tau) \equiv C_i(1 - u_i(t + \tau))$$

(12)

Para un camino de n saltos lo anterior viene dado por la siguiente ecuación:

$$A(t + \tau) \equiv \min \{A_i(t + \tau)\}_{i=1}^n$$

(13)

Como en el caso de la capacidad el ancho de banda disponible para un camino es igual al enlace con el mínimo ancho de banda disponible.

Throughput: Es el "bit rate" medido en la capa de red (IP) en cierto periodo de tiempo.

BTC (Bulk Transfer Capacity): Es el máximo "bit rate" obtenido en un enlace, visto desde la capa de transporte (conexión TCP\UDP).

1.3 PÉRDIDA DE PAQUETES

La pérdida de paquetes es importante en numerosas aplicaciones, principalmente en aquellas en tiempo real.

La pérdida de paquetes en una red puede ocurrir:

Si la red se congestiona y los buffers de los routers sufren de desborde.

Si el paquete tiene un retardo mayor que el del timer de retransmisión.

Si el paquete es corrompido y se recibe un NAK.

Si se recibe un paquete ICMP TTL Exceeded.

Si el paquete no obtiene recursos en el hop dado y es descartado.

Usualmente en la pérdida de paquetes hablamos de que la probabilidad de pérdida P_k , para un paquete k , no debe exceder un límite, es decir:

$$P(k = \text{perdido}) \leq W_{\min} \quad (14)$$

Una ventaja del tráfico multimedia es su tolerancia a pérdidas, tasas $< 2\%$ suelen pasar inadvertidas. Para atenuar los efectos en caso de pérdidas elevadas se usan distintas técnicas no excluyentes que permiten elevar el umbral permisible de pérdidas incluso hasta el 20%, dependiendo de la codificación:

- *FEC (Forward Error Correction)*: Técnica utilizada en sistemas de transmisión digital de datos para proveer robustez contra canales ruidosos, al proporcionar un servicio de corrección de errores. El codificador de FEC, agrega información redundante a los bits de información que serán transmitidos. El decodificador FEC utiliza esta información redundante, para detectar y corregir errores [4].
- *Interleaving para atenuar los efectos de pérdidas de ráfagas*: El procedimiento implica el reacomodo (orden temporal) de las tramas originales, de acuerdo a una distancia específica dada por el algoritmo "interleaving" para asegurar que las tramas previamente consecutivas están separadas en la transmisión y cambiadas de vuelta en su secuencia original en el receptor. Dentro de la técnica de "interleaving", un solo paquete perdido dará lugar solamente a múltiples boquetes cortos en diversos flujos de los datos recibidos, que el receptor puede tolerar (ver Fig. 2) [5].

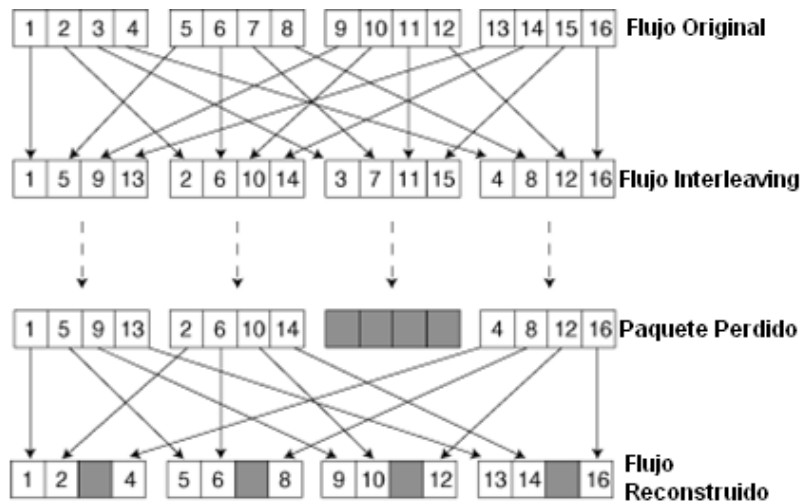


Fig. 2 Técnica de Interleaving.

2 MEDICIÓN Y MODELADO DE TRÁFICO EN INTERNET

En la actualidad la medición de los parámetros de desempeño de una red, juegan un papel fundamental en la calidad de servicio de las redes IP. Muchas aplicaciones necesitan del conocimiento de estos parámetros para ofrecer un mejor servicio.

Por otro lado, el tráfico de datos en la Internet actual presenta un nuevo reto de caracterización y modelado para el correcto diseño de aplicaciones y mecanismos que garanticen cierto nivel de QoS.

2.1 MEDICIÓN DE TRÁFICO EN INTERNET

Las mediciones en Internet se pueden clasificar de varias formas, una muy importante a considerar es la realizada por la organización CAIDA [6] (Cooperative Association for Internet Data Analysis), en la cual las mediciones se dividen de la siguiente manera:

- *Mediciones de Topología*: Las mediciones de topología describen la infraestructura de los enlaces de una red en diferentes niveles.

- *Mediciones de carga de trabajo:* Las mediciones de carga de trabajo se refieren a la medición del uso de switches y enrutadores, así como también, de la utilización de los enlaces.
- *Mediciones de desempeño:* Estas mediciones se enfocan al análisis del comportamiento correcto de la red, así como el diagnóstico de las fallas.
- *Mediciones de enrutamiento:* Mediciones enfocadas a la dinámica y el funcionamiento correcto de los algoritmos de enrutamiento en una red.
- *Mediciones de multidifusión:* Mediciones en las cuales se monitorea diferentes aspectos de la multidifusión, como son su duración, la ruta, etc.

Todas estas mediciones a su vez se dividen en mediciones activas y pasivas. En una medición activa para poder inferir alguna métrica, se requiere de la generación, transmisión por la red, recepción y procesamiento de paquetes de prueba. Los paquetes de prueba tendrán características predefinidas y se hará uso de estas para la estimación de la métrica de interés. Mientras en una medición pasiva, se hace uso del tráfico presente en la red, es decir, captura el tráfico actual en la red y lo procesa para inferir alguna métrica en particular. De acuerdo a lo anterior podemos entonces hablar de mediciones de topología pasivas, mediciones de desempeño activas, etc. Las mediciones activas suelen ser más precisas en mediciones de extremo a extremo o de fuente a destino. Por otra parte las mediciones pasivas se utilizan para medir el efecto del tráfico acumulado en el desempeño del host o nodo de interés. Las mediciones activas suelen afectar al tráfico que fluye en la red aumentando su retardo, pérdida de paquetes, etc.; sin embargo al no sobrepasar una cierta tasa de datos estas implicaciones serán mínimas. Cuando se causa lo anterior, se dice que el tráfico de prueba es intrusivo o invasivo. A diferencia de la activa, la medición pasiva no es intrusiva.

2.2 MODELADO DE TRÁFICO

Uno de los principales problemas que se plantean a la hora de realizar una rigurosa evaluación de desempeño de una red de comunicaciones es el modelado de tráfico, el éxito de este análisis depende en gran medida de la representatividad de la realidad que logren los modelos de tráfico utilizados.

A lo largo del desarrollo de las redes de comunicaciones, se han propuesto diferentes modelos de tráfico, cada uno de los cuales ha resultado útil dentro del contexto particular para el que se propuso. Esto es, al utilizar estos modelos en el estudio del desempeño de redes (mediante análisis o simulación), se obtienen resultados estadísticamente significativos. Este aspecto es importante, pues un modelo puede ser tan bueno como otro si ambos satisfacen pruebas de hipótesis adecuadas (en especial, los criterios de ajuste del modelo no solo deben incluir distribuciones marginales y estructuras de autocorrelación sino que, en últimas, deben predecir con suficiente exactitud las medidas de desempeño de interés).

El tráfico se modela mediante un proceso estocástico que representa la demanda que los usuarios de una red de comunicaciones imponen sobre los recursos de la red. Originalmente se consideró que los tiempos entre llegadas de las demandas de los usuarios eran independientes entre sí, así como la cantidad misma de la demanda (tiempos entre llamadas y duración de las llamadas, tiempos entre llegada de paquetes y longitud de los paquetes, tiempos entre solicitud de conexiones y duración de las sesiones, etc.). Posteriormente se vio la necesidad de incluir el efecto de la correlación existente entre estas variables, para lo cual se desarrollaron modelos más elaborados en los que la correlación decaía exponencialmente con el tiempo (Modelo de Poisson). Sin embargo, recientemente se ha evidenciado que, en las redes modernas de comunicaciones, la correlación entre estas variables no decae tan rápidamente y puede persistir a través de muchas escalas de tiempo. Este fenómeno, que afecta significativamente el desempeño de las redes de comunicaciones, se puede representar adecuadamente mediante procesos auto-similares.

2.3 MODELO DE POISSON

Los primeros modelos de tráfico se crearon para estudiar la PSTN. Para modelarla se utilizan los modelos de Erlang de pérdidas y espera, los cuales a su vez se basaban a su vez en las cadenas de Markov y el proceso de Poisson. Cuando aparecieron las redes de paquetes, se siguieron utilizando los modelos clásicos, asumiendo que las fuentes de datos eran infinitas y existía una independencia entre las mismas, a su vez que el tiempo entre llegadas y el tamaño de los paquetes seguía una distribución exponencial. Dicha aceptación proporcionaba expresiones sencillas para dimensionar tamaños de colas, como veremos a continuación con el proceso de Poisson como ejemplo concreto.

Según el proceso de Poisson, la probabilidad de que haya un número de llegadas k en un tiempo T dado esta dado por [7]:

$$P(k | T) = \frac{(\lambda T)^k}{k!} e^{(-\lambda T)}$$

(15)

Donde k es el número de llegadas en un tiempo T y λ es el número medio de llegadas.

Y la probabilidad de que haya un número de finalizaciones j en un tiempo dado esta dado por:

$$P(j | T) = \frac{(\mu T)^j}{j!} e^{(-\mu T)}$$

(16)

Donde j es el número de finalizaciones en un tiempo T y μ es el número medio de finalizaciones.

Los intervalos entre llegadas λ o entre finalizaciones μ son independientes y tienen una distribución exponencial negativa.

$$f(t) = \mu e^{(-\mu|t|)} \quad \mu > 0$$

(17)

Sin embargo, a pesar de su sencillez, estos modelos no se ajustan al tráfico de paquetes. A partir de algunos estudios, se demostró que naturaleza del tráfico IP no es la misma que la del tráfico de la PSTN, puesto que el tráfico IP presenta propiedades de auto-similitud. Por lo tanto, el proceso de Poisson no es el más adecuado para modelar la naturaleza de las redes IP.

2.4 PROCESOS AUTO-SIMILARES

La auto-similitud describe el fenómeno en el que ciertas propiedades de un objeto se preservan sin importar el escalamiento en el tiempo o en el espacio.

Proceso Auto-similar: Un proceso estocástico continuo de valores reales $\{Y(t), -\infty < t < \infty\}$ es llamado auto-similar si para una constante $\alpha > 0$ existe un $H > 0$, llamado índice de auto-similitud, tal que:

$$\{Y(at), t \in \mathfrak{R}\} \stackrel{d}{=} \{a^H Y(t), t \in \mathfrak{R}\} \forall \alpha > 0, \alpha \in \mathfrak{R}$$

(18)

Donde: $Y(at)$ es la versión escalada de $Y(t)$, a^H es un parámetro de normalización y $\stackrel{d}{=}$ representa igualdad de las distribución finitas, lo anterior quiere decir que $Y(t)$ y $a^{-H} Y(at)$ tienen idéntica distribución en diferentes escalas de tiempo. Para una serie de tiempo discreta la definición se da en términos de la serie agregada.

Series de tiempo discretas auto-similares de segundo orden: Cuando se consideran series estocásticas de tiempo discreto la definición de auto-similitud está dada en términos de procesos agregados. Sea $\{X(t), t = 0, \dots, N-1\}$ una serie discreta derivada de un proceso auto-similar con incrementos estacionarios ($H - sssi$), entonces otras series pueden ser obtenidas mediante agregación. Precisamente, este proceso con incrementos estacionarios es el que tiene interés en el campo de la modelación de tráfico. Así, una segunda definición de auto-similitud, muy próxima a la primera, aunque no equivalente, es la usada por la siguiente serie agregada:

$$X(m) = \{X_k^{(m)}; k = 1, 2, 3, \dots\} \quad (19)$$

Donde: cada término $X_k^{(m)}$ se define como:

$$X_k^{(m)} = \frac{1}{m} \sum_{i=(k-1)m+1}^{km} Xi; k = 1, 2, 3, \dots \quad (20)$$

Donde: m representa el nivel de agregación; esto es, cada nueva serie es obtenida partiendo la original en bloques disjuntos de tamaño m y promediando cada bloque para obtener los k valores de la nueva serie.

Auto-similitud de una serie agregada: Sea $\{X(t); t \in \mathbb{N}\}$ una serie de tiempo discreta estacionaria con media $\mu = 0$, varianza σ^2 y función de auto-covarianza (ACV) $\gamma(k)$, y sea $X^{(m)}$ su serie agregada. Entonces se dice que X es auto-similar ($H - ss$) si satisface la siguiente ecuación:

$$X^{(m)} \stackrel{d}{=} m^{H-1} X \quad (21)$$

Auto-similitud asintótica de una serie agregada: También suele decirse que la serie $X^{(m)}$ es asintóticamente auto-similar si:

$$X^{(m)} \xrightarrow{d} m^{H-1} X \quad (22)$$

Donde: \xrightarrow{d} significa convergencia en distribución.

Auto-similitud exacta de segundo orden: Una serie de tiempo discreta $X(t)$ es exactamente auto-similar de segundo orden con parámetro de Hurst $H \in \left(\frac{1}{2}, 1\right)$ si:

$$y_X^m(k) = \frac{\sigma^2}{2} \left((k+1)^{2H} - 2k^{2H} + (k-1)^{2H} \right) \quad (23)$$

Donde: $y_X^m(k)$ es la función de auto-covarianza de la serie agregada $X^{(m)}$ de orden m , k representa el lag, σ^2 la varianza y H el parámetro de Hurst.

Exactamente auto-similar implica que la función de auto-correlación (ACF) es igual en todas las escalas de tiempo. En nuestro caso nos referiremos a una situación menos estricta de auto-similitud, el caso asintótico.

Auto-similitud asintótica de segundo orden: Una serie de tiempo discreta $X(t)$ es exactamente auto-similar de segundo orden con parámetro de Hurst $H \in \left(\frac{1}{2}, 1\right)$ si:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} y_X^m(k) = \frac{\sigma^2}{2} \left((k+1)^{2H} - 2k^{2H} + (k-1)^{2H} \right) \quad (24)$$

Como se puede notar el caso asintótico tiende al exacto cuando $m \rightarrow \infty$. El parámetro de Hurst nos da una medida de la auto-similitud de un proceso.

Para un estudio más profundo de la teoría de procesos auto-similares vea [8], [9], [10].

Dependencia de rango largo: La dependencia de rango largo (Long Range Dependence-LRD) [10], es otro tópico de interés en el análisis de tráfico en Internet y está íntimamente ligado al análisis y teoría de procesos auto-similares. Existen diferentes definiciones equivalentes de dependencia de rango largo, también llamado procesos con memoria larga (Long Memory Processes), entre las que encontramos:

LRD: Un proceso estacionario $X(t)$ es LRD si la suma de su función de auto-correlación no está acotada, es decir:

$$\sum_{k=0}^{\infty} |r(k)| = \infty \quad (25)$$

SRD: Un proceso estacionario $X(t)$ es SRD si la suma de su función de auto-correlación es absolutamente sumable, es decir:

$$\sum_{k=0}^{\infty} |r(k)| < \infty \quad (26)$$

La dependencia de rango largo implica que la función de auto-correlación de un proceso estacionario decae más lentamente que una exponencial, es decir, de acuerdo a una ley de potencia. Este tipo de comportamiento nos indica la presencia de valores muy altos con probabilidad no despreciable. Por otro lado, la dependencia de corto rango implica que la función de auto-correlación decae rápidamente como la exponencial.

3 ANÁLISIS DE TRÁFICO VoIP

3.1 MEDICIÓN DE TRÁFICO VoIP

El escenario de medición fue conformado por dos redes LAN (LAN-A y LAN-B) interconectadas por Internet. Dentro de cada red LAN se estableció una zona H.323, cada una gestionada por un Gatekeeper (GK-A y GK-B), donde cada Gatekeeper administraba cuatro terminales (end-points A-1, A-2, A-3, A-4 y B-1, B-2, B-3, B-4), a las cuales se les instaló una interfaz de usuario (aplicación VoIP) y se les conectó un teléfono convencional. Ambos Gatekeepers fueron configurados para que la señalización de las llamadas (i.e. H.225.0 y H.245) y los flujos de voz (i.e. RTP) fueran canalizados a través de ellos de manera exclusiva.

Las pruebas efectuadas consistieron en el establecimiento de llamadas de prueba entre el conjunto de terminales A-1, A-2, A-3, A-4 y B-1, B-2, B-3, B-4. Dentro del conjunto de llamadas establecidas se utilizaron diferentes configuraciones de algunos parámetros, tales como, tipo de CODEC (G.711 y G.729) y diferentes tamaños de paquete (10ms, 20ms, 40ms y 60ms), con el objetivo de analizar y caracterizar el comportamiento de los parámetros de QoS, bajo diferentes configuraciones. Para capturar las trazas (parámetros de QoS) del tráfico VoIP se ejecutó el analizador de protocolos Wireshark.

2.1 ANÁLISIS DE AUTO-SIMILITUD Y DEPENDENCIA ESTADÍSTICA

En esta sección se presenta el análisis de auto-similitud efectuado al parámetro de jitter, mediante la herramienta SelQoS [11].

Se utilizaron seis métodos de estimación del parámetro de Hurst: el método de análisis de rango re-escalado (R/S), momento absoluto (AM), método de la varianza (VAR), el método de varianza modificada de Allan (MAVAR), periodograma (PER) y whittle local (WHI).

El parámetro de Hurst de las trazas de jitter analizadas fue estimado en seis niveles de agregación m distintos, i.e. $m = 1, 2, 4, 8, 16, 32$, donde $m = 1$ es la traza original. Finalmente se calculó la función de auto-correlación para determinar el rango de dependencia estadística.

Debido a que cada estimador del parámetro de Hurst tiene un comportamiento particular que depende de la naturaleza de la traza bajo estudio, es de gran importancia establecer una métrica para seleccionar a los estimadores. En este trabajo, se utilizó como métrica de selección el error medio cuadrático (MSE) definido de la siguiente manera:

$$MSE = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 (\theta - \theta_j)^2$$

(27)

Donde θ es la estimación de H de la traza original, i.e. $m = 1$, y θ_j representa los valores estimados de las series agregadas de la traza original, $m = 1, 2, 4, 8, 16, 32$. Las Fig. 3 presentan

los resultados del análisis MSE del parámetro de Hurst estimado a cada una de las trazas bajo estudio, la Tabla 2 muestra el MSE promedio total de cada uno de los estimadores. El análisis mostró que el estimador con el menor MSE a lo largo de toda la prueba fue VAR, seguido por R/S y AM, siendo PER, WHI y MAVAR los estimadores con MSE mayor.

Tabla 1.- Parámetros de QoS

Estimador	MSE Promedio total
VAR	0.00759193
R/S	0.01193624
AM	0.01293955
PER	0.02831334
WHI	0.02879848
MAVAR	0.03295189

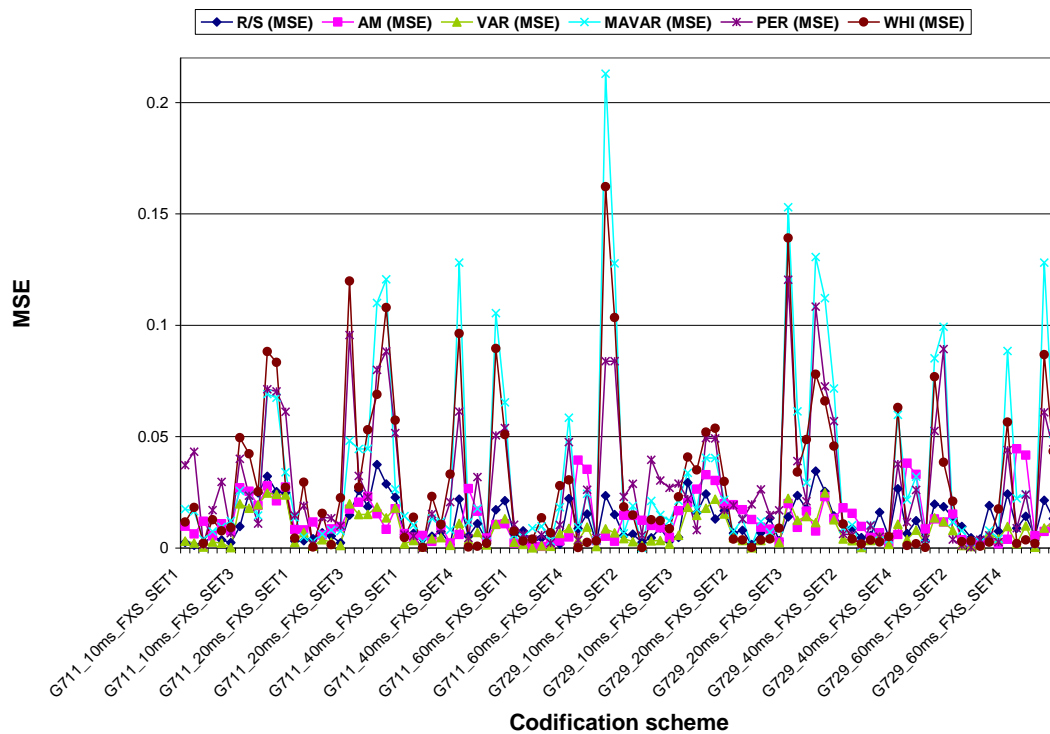


Fig. 3 MSE de las trazas de jitter.

Para estimar el rango de dependencia estadística de las trazas de jitter del tráfico VoIP, se calculó a cada una su correspondiente función de auto-correlación (ACF). La Fig. 4 presenta una comparativa entre la ACF de una traza con un H-VAR estimado de 0.774 y la ACF de una traza con un H-VAR =0.402, del mismo modo la figura muestra dos referencias obtenidas de graficar:

$$ref(x) = c_1 x^{2H-2}$$

(28)

Con $c_1 = 0.25$, $H = 0.9$ y $c_1 = 0.25$, $H = 0.4$ para cada referencia.

Lo anterior es un indicativo de que las trazas con $H < 0.5$ presentan auto-similitud con corto rango de dependencia, i.e. SRD, mientras que las trazas con $H > 0.5$ muestran auto-similitud con largo rango de dependencia, i.e. LRD.

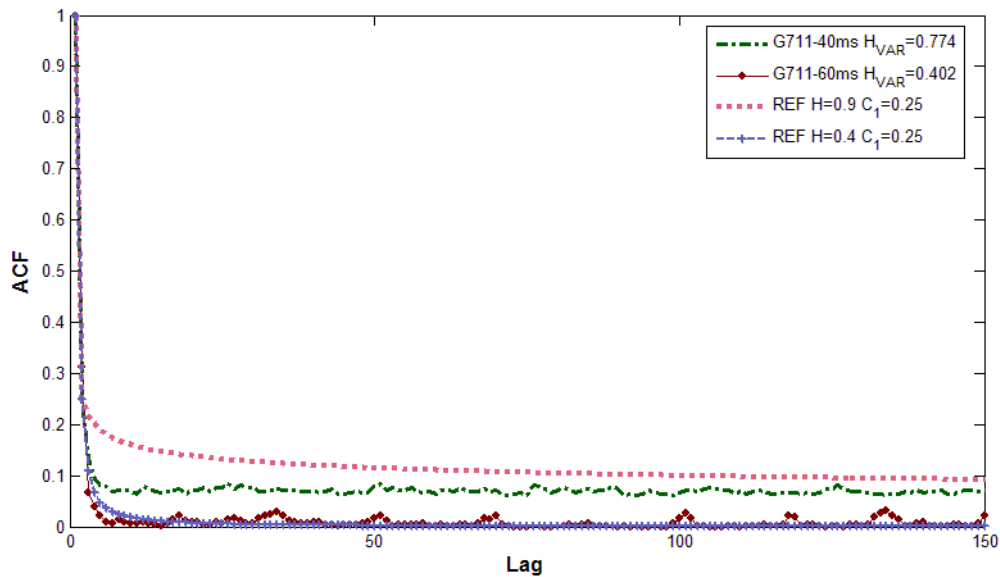


Fig. 3 Funciones de Auto-correlación (ACV) de las trazas de jitter.

CONCLUSIONES

VoIP es una de las aplicaciones más atractivas en redes de comunicaciones, sin embargo, la tecnología IP proporciona un servicio de mejor esfuerzo y por tanto, la calidad de servicio no está garantizada. Debido a que, las aplicaciones en tiempo-real (VoIP) demandan cierto nivel de QoS, es necesario contar con un correcto análisis y caracterización de los principales parámetros que determinan la calidad de servicio. En este trabajo se presenta la representación matemática de diferentes parámetros de QoS, la caracterización y modelado del parámetro de jitter. Estos resultados pueden ser usados en futuras implementaciones de sistemas VoIP y en la predicción del impacto de la carga impuesta por las diferentes aplicaciones sobre los recursos de la red.

REFERENCIAS

- [1] ITU-T Recommendation G.114, "One-Way Transmission Time," Febrero 1996.
- [2] H. Toral and D. Torres, "IP Telephony: An Overview", Acapulco, Guerrero, Septiembre 2004, Memorias de CIE 2004, pp. 23-28.
- [3] R. Prasad and C. Dovrolis, "Bandwidth Estimation: Metrics, Measurement Techniques, and Tools," IEEE Network, Noviembre-Diciembre 2003, pp. 27-35.
- [4] B. Irineo, D. Torres, A. Veloz and E. García, "In Band" FEC Encoder for SONET/SDH At 2.5 Gbit/s And 10 Gbit/s", México, D.F., Septiembre 2003, CIE 2003.
- [5] B. Bouallegue, R. Djemal, H. Guesmi, R. Tourki and J. P. Diguët, "A Flow Control Approach and Interleaving Method for Real-time Application in High-speed Network," Dedicated Systems Magazine 2003 (<http://www.dedicated-systems.com>), pp. 13-18.
- [6] "Cooperative Association for Internet Data Analysis (CAIDA)", www.caida.org
- [7] J. F. Hayes and T. V. J. Ganesh Babu, "Modeling and Analysis of Telecommunications Networks", Jhon Wiley Interscience, New Jersey, 2004.
- [8] W.E. Leland, M.S. Taqqu, W. Willinger, and D.V. Wilson, "On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic" (Extended Version), IEEE/ACM Transactions on Networking, 2:1-15, 1-15.
- [9] W.E. Leland, M.S. Taqqu, W. Willinger, and D.V. Wilson, "On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic" (Extended Version), IEEE/ACM Transactions on Networking, 2:1-15, 1-15.

- [10] K. Park K and W. Willinger, "Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation", Jhon Wiley Interscience, New York, 2000.
- [11] J. Ramírez, D. Torres, "Desarrollo de una herramienta para un análisis básico de autosimilitud del tráfico de Internet", Tesis de Maestría, CINVESTAV Unidad Guadalajara, Dic 2005.

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA ALMACENADA EN LAS LINEAS EMITIDAS POR UN AMPLIFICADOR RAMAN DE FIBRA OPTICA.

*M.J. Vázquez López, M.L. Estrella Rosas, L. de la Cruz-May**

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería,
Av. Central S/N Esq. Con Fracc. Mundo Maya, Ciudad del Carmen Campeche, C.P. 24115, Tel:
9383811018 ext. 1702-1703.

[*ldelacruz@pampano.unacar.mx](mailto:ldelacruz@pampano.unacar.mx)

RESUMEN

Este trabajo presenta una relación matemática para estimar la potencia máxima almacenada en el primer Stokes, que fue obtenida de la solución de las ecuaciones diferenciales que gobiernan el esparcimiento Raman estimulado. Esta ecuación se ha generalizado con la finalidad de predecir con precisión la potencia máxima almacenada en Stokes de orden N antes de generar el Stokes de orden N+1. Las simulaciones numéricas fueron probadas experimentalmente con una fibra LEAF de 9.6 Km de longitud, donde se obtuvo que la potencia de bombeo máxima teórica al primer Stokes es 2.4 W y experimentalmente de 2.43 W, mientras que para el segundo Stokes el bombeo teórico fue de 4.6 W y el experimental de 4.1 W esto prueba la consistencia de las formulas aquí reportadas.

ABSTRACT

This paper presents a mathematical relationship to estimate the maximum power stored in the first Stokes, this equation was obtained from differential equations solution that governing the stimulated Raman scattering. This equation has been generalized in order to predict the maximum power stored in N-order Stokes before generating the N+1-order Stokes. The numerical simulations were tested experimentally with a 9.6 km LEAF fiber, where it was found the theoretical maximum pumping power for the first Stokes was 2.43 W, while 2.4 W was found experimentally, in other hand, for the second Stokes power was 4.6 W theoretically, while 4.1 W it was found experimentally. Those results proof the consistency of the equations here reported.

1 INTRODUCCIÓN

El esparcimiento Raman es un efecto no lineal que se produce cuando un haz de luz monocromático se propaga a lo largo de la fibra óptica, la mayor parte de la potencia del haz es transmitida sin cambio, pero una pequeña cantidad (típicamente 10^{-6}) es dispersada con una nueva frecuencia (componente Stokes) [1]. En este proceso, los fotones excitan instantáneamente los niveles de energía de las moléculas de sílice hasta un nivel "virtual" de donde espontáneamente decaen a un modo de vibración con energía más alta que el estado de vibración molecular inicial. La energía radiada por este proceso se llama componente Stokes. Desde este nivel vibracional las moléculas toman un retorno discreto a sus estados de vibración inicial liberando fonones (cuantos de baja energía) que son resonantes con las moléculas y son absorbidos en lugar de ser irradiados, este proceso es conocido como esparcimiento Raman espontáneo. Cuando aumenta la intensidad del haz de bombeo los pocos fotones "Stokes" dispersados que se propagan a través de los ejes de la fibra pueden ser amplificados debido a que la población en el nivel excitado aumenta, de esta forma se genera la amplificación de la señal Stokes, esto se conoce como esparcimiento Raman estimulado (SRS) y es la plataforma para el desarrollo de láseres y amplificadores Raman. Como la señal Stokes crece, el bombeo decrece hasta agotarse. Ahora, la señal Stokes puede ser suficiente para producir el siguiente Stokes por SRS, el proceso se repite nuevamente, hasta formar Stokes de orden N. El SRS en la región espectral de 1.1-1.7 μm resulta de gran importancia en el desarrollo de varias aplicaciones como

pueden ser las comunicaciones por fibra óptica, procesamiento de materiales, procesamiento de señales, espectroscopia láser y medicina [2]

Las ecuaciones que describen la amplificación Raman ya han sido descritas [3],[4] y se han propuesto soluciones[3],[5]. A Pesar de estos avances, aún quedan comportamientos de parámetros por describir que permiten la optimización de los recursos materiales para el mejor rendimiento de esos sistemas. En este trabajo se deduce una expresión matemática que es útil para obtener la potencia máxima almacenada en el primer, segundo y tercer Stokes.

2. TEORÍA

Con la finalidad de encontrar una relación matemática que prediga la potencia máxima almacenada en la señal Stokes es necesario resolver las ecuaciones que describen la propagación de la potencia de bombeo y el SRS en la misma dirección dadas por[3]:

$$\frac{dP_P}{dz} = -\alpha_P P_P - \frac{v_P}{v_S} \frac{g_r}{A_{eff}} P_P P_F \quad (1)$$

$$\frac{dP_F}{dz} = -\alpha_S P_F + \frac{g_r}{A_{eff}} P_P P_F \quad (2)$$

Donde P_P y P_F , v_P y v_S , α_P y α_S son las potencias, frecuencias y coeficientes de pérdidas de bombeo y señal Stokes, respectivamente. g_r es el coeficiente de ganancia Raman de la señal Stokes. A_{eff} es el área efectiva de núcleo de la fibra.

Suponiendo que $\alpha_P = \alpha_S = \alpha$, en la ventana de transparencia del espectro de atenuación de las fibras de sílice, donde la curva de atenuación es aproximadamente constante. Entonces se puede obtener una solución analítica de las ecuaciones que gobiernan el SRS mediante el siguiente procedimiento: primero se divide la ecuación (1) entre la ecuación (2), y después se suman las ecuaciones (1) y (2). Las dos ecuaciones diferenciales resultantes son fáciles de resolver y sus soluciones son evaluadas en toda la fibra desde $z=0$ hasta $z=L$, como se muestra a continuación [5]:

$$\ln \left[\left(\frac{P_F}{P_{F0}} \right) \left(\frac{P_{P0}}{P_P} \right) \right] = \frac{g_r}{A_{eff}} \frac{v_P}{v_S} \frac{1}{\alpha} \left[\left(\frac{v_S}{v_P} P_{P0} + P_{F0} \right) - \left(\frac{v_S}{v_P} P_P + P_F \right) \right] \quad (3)$$

$$\left(\frac{v_S}{v_P} P_P + P_F \right) = \left(\frac{v_S}{v_P} P_{P0} + P_{F0} \right) e^{-\alpha L} \quad (4)$$

Donde P_{p0} y P_p son las potencias de bombeo inicial y de salida, P_{F0} y P_F son las potencias de la señal Stokes a la entrada y salida de la fibra, respectivamente. L es la longitud de la fibra. Por otro lado, se ha determinado que una millonésima parte de la potencia de bombeo (P_{p0}) es transferida en señal Stokes (P_{F0}), es decir, $P_{F0} \approx 10^{-7} P_{p0}$. Por lo tanto, el término $v_S/v_P P_{P0} + P_{F0} \approx v_S/v_P P_{P0}$. Sustituyendo la ecuación (4) en la ecuación (3), se obtiene una solución general para las ecuaciones diferenciales (1) y (2), dada por;

$$\ln \left(\frac{P_F}{P_{F0}} \frac{P_{P0}}{P_P} \right) = \frac{g_r}{A_{eff}} P_{P0} L_{eff} \quad (5)$$

Donde $L_{eff} = [(1 - \exp(-\alpha L))/\alpha]$ representa la longitud de interacción de las señales de bombeo y la onda Stokes. Con esta relación matemática se determina fácilmente dos puntos especiales en el

diseño de láseres y amplificadores Raman: el umbral Raman y la potencia máxima almacenada en el primer Stokes antes de generar el SRS para el segundo Stokes.

2.1 Umbral Raman

El umbral Raman ha sido considerado como una potencia crítica límite, arriba de éste la transferencia de energía del bombeo al primer Stokes es muy rápido y por debajo de este los sistemas de comunicaciones multicanales operan eficientemente ya que no hay transferencia de energía de un canal a otro [1].

El umbral Raman se define como el nivel de potencia en el cual la potencia residual y la potencia de la señal Stokes son iguales a la salida de la fibra óptica, es decir, $P_p = P_f$. Y tomando en cuenta que $P_{F0} \approx 10^{-7} P_{p0}$, la ecuación (5) se transforma en;

$$16 \approx \frac{g_r}{A_{eff}} P_{cr} L_{eff} \quad (6)$$

Donde el parámetro P_{p0} se ha cambiado por la potencia crítica P_{cr} para hacer referencia que a esta potencia ocurre el umbral Raman. Esta relación ya fue previamente reportada [3] y usada en diversos trabajos de investigación, a partir del umbral Raman rápidamente comienza la transferencia de potencia del bombeo a la señal Stokes hasta que el bombeo se agota, provocando que el primer Stokes alcance su máxima capacidad de almacenamiento de energía y como consecuencia provocará la formación del próximo Stokes.

2.2 Escalamiento de la ganancia Raman

Una ecuación de escalamiento del coeficiente de ganancia Raman es fundamental para predecir con precisión la señal Stokes subsecuente de láseres y amplificadores Raman. Para esto, primero se deben reescribir las ecuaciones (1) y (2), segundo se asume que el primer Stokes tomará el papel de bombeo y el primer Stokes tomará el papel de segundo Stokes. Y finalmente se realiza el procedimiento que se uso para determinar la ecuación (6), de tal forma que se obtiene el umbral Raman para el segundo Stokes dado por [5]:

$$16 \approx \frac{g_{r2}}{A_{eff2}} P_{cr2} L_{eff2} \quad (7)$$

Donde g_{r2} y P_{cr2} son el coeficiente de ganancia Raman y la potencia crítica para el segundo Stokes, respectivamente. $L_{eff2} = [(1 - \exp(-\alpha_{s2} L_{eff})) / \alpha_{s2}]$ es la longitud efectiva de interacción entre el primer y segundo Stokes. Igualando las ecuaciones (6) y (7), se obtiene la ecuación general para el escalamiento de la ganancia Raman dado por [6]:

$$g_{r2} = \frac{P_{cr}}{P_{cr2}} \frac{L_{eff}}{L_{eff2}} \frac{A_{eff2}}{A_{eff}} g_r \quad (8)$$

Se ha demostrado previamente que para un haz gaussiano la potencia de bombeo es proporcional a la longitud de onda [7], asumiendo que la forma de las potencias críticas son gaussianas, se tiene que el cociente de las potencias críticas puede ser aproximada al cociente de las longitudes de ondas, de tal manera que la ecuación (8) se transforma en:

$$g_{r2} = \frac{\lambda_p}{\lambda_s} \frac{L_{eff}}{L_{eff2}} \frac{A_{eff2}}{A_{eff}} g_r \quad (9)$$

Esta ecuación indica que el coeficiente de ganancia Raman escala con el inverso de la longitud de onda de la onda Stokes, la longitud efectiva de interacción del primer y segundo Stokes y el área efectiva. Esta ecuación puede ser usada para diseñar láseres y amplificadores Raman.

2.3 Obtención de la potencia máxima almacenada en el primer, segundo y Stokes de orden N.

Los láseres y amplificadores Raman son estudiados ampliamente en diferentes fibras ópticas con matriz de sílice, y su uso es frecuente en los sistemas de telecomunicaciones, también otros campos de estudios son investigados como la medicina y aplicaciones militares. Sin embargo, aún hay por estudiar parámetros que permitan estudiar al máximo estos sistemas.

Experimentalmente se ha demostrado que alrededor de millonésima parte de la potencia de bombeo que se propaga en una fibra óptica se convierte en esparcimiento Raman, en este trabajo se propone que la transferencia de bombeo al primer Stokes cesará cuando la potencia de bombeo sea alrededor de una millonésima parte de la señal Stokes. Es decir, $P_{P0} \approx 10^{-7} P_F$, bajo esta propuesta y tomando en cuenta la expresión ya conocida $P_{F0} \approx 10^{-7} P_{P0}$, la ecuación (5) se transforma en;

$$30 \approx \frac{g_r}{A_{eff}} P_{Max}^1 L_{eff} \quad (10)$$

Donde el parámetro P_{P0} se ha cambiado por la potencia máxima acumulada P_{Max}^1 para hacer referencia que a esta potencia se almacena la cantidad máxima de energía en la señal Stokes, es decir, la señal Stokes dejará de crecer y en su defecto generará el segundo Stokes. Esta ecuación indica que para un tramo de fibra conocido se tiene una potencia de bombeo que hace que la señal Stokes sea máxima. Por el contrario, si se tiene una potencia de bombeo específica se puede determinar la longitud óptima de fibra que optimiza el primer Stokes. Ahora para cuantificar la potencia almacenada en el primer Stokes se sustituye la ecuación (10) en la ecuación (4) y se obtiene;

$$P_1^{Sto} = \frac{v_s}{v_p} \frac{30 A_{eff}}{g_r L_{eff}} e^{-\alpha L} \quad (11)$$

Donde P_F se ha cambiado por la potencia máxima almacenada P_1^{Sto} , que representa la potencia máxima acumulada en la señal del primer Stokes como se observa en la figura 1.

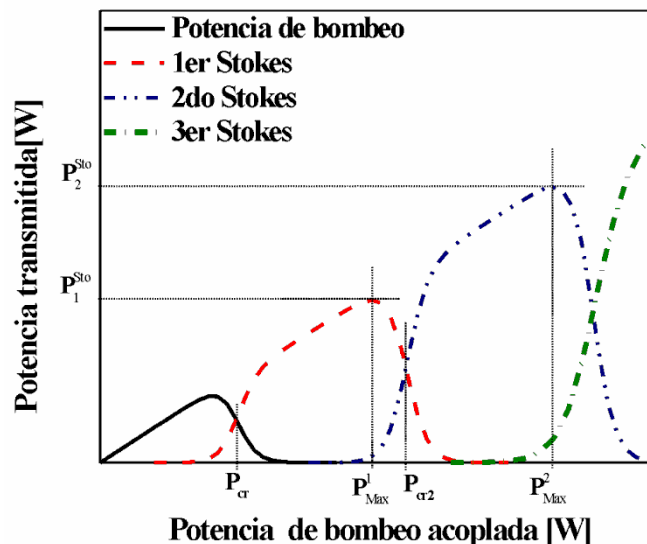


Figura 1. Puntos representativos del máximo de bombeo acoplado.

Una vez que el primer Stokes alcanza su máximo nivel de potencia, instantáneamente se comienza a generar el segundo Stokes. Es decir, ahora el primer Stokes actúa como el bombeo que comienza a transferir su potencia al segundo Stokes, esta dinámica termina hasta que el segundo Stokes alcanza su máximo nivel de potencia. Siguiendo el mismo procedimiento para

obtener la ecuación (11), el segundo Stokes alcanza su máxima potencia como se muestra en la formula (12);

$$30 \approx \frac{g_{r2}}{A_{eff2}} P_{Max}^2 L_{eff2} \quad (12)$$

Donde el parámetro P_F se ha cambiado por la máxima acumulada en el segundo Stokes P_{Max}^2 para hacer referencia que a este valor se almacena la máxima cantidad de potencia en el segundo Stokes, es decir, la señal Stokes deja de crecer y en su defecto genera el tercer Stokes. Ahora la correspondiente potencia almacenada en el segundo Stokes está dada por;

$$P_2^{Sto} = \frac{v_{S2}}{v_S} \frac{30A_{eff2}}{g_{r2}L_{eff2}} \exp(-\alpha_2 L_{eff}) \quad (13)$$

Donde P_{F2} se ha cambiado por P_2^{Sto} , que representa la potencia máxima acumulada en la señal del segundo Stokes como se observa en la figura 1. Ahora, la potencia de bombeo que se debe acoplar a la fibra para alcanzar la potencia máxima en el segundo Stokes está dada por la suma de las potencias de almacenamiento máximo mostrados en las ecuaciones (10) y (12);

$$P_{02}^{Max} \approx 30 \frac{A_{eff}}{g_r L_{eff}} + 30 \frac{A_{eff2}}{g_{r2} L_{eff2}} \quad (14)$$

Donde P_{02}^{Max} es la potencia de bombeo necesario para almacenar la potencia máxima en el segundo Stokes. Esta ecuación a pesar de la simplicidad que aparenta, no es operable debido a que se tienen que hacer cálculos extras. Si ahora se emplea la ecuación (9), se puede obtener una ecuación versátil dada por;

$$P_{02}^{Max} \approx 30 \frac{A_{eff}}{g_r L_{eff}} \left[1 + \frac{\lambda_P}{\lambda_S} \right] \quad (15)$$

En general, la potencia de bombeo para almacenar la máxima energía en el Stokes de orden N está dada por;

$$P_{0N}^{Max} \approx 30 \frac{A_{eff}}{g_r L_{eff}} \left[1 + \frac{\lambda_S}{\lambda_{S1}} + \frac{\lambda_{S2}}{\lambda_{S3}} + \dots + \frac{\lambda_{N-1}}{\lambda_N} \right] \quad (16)$$

Con esta ecuación, es posible calcular una aproximación de la potencia máxima de bombeo acumulada en el Stokes de orden N antes de generar el Stokes de orden N+1. Esta ecuación es versátil debido a que los parámetros involucrados son simples al calcularlos. Hasta hoy, la ecuación (16) a lo menos de nuestro conocimiento no ha sido reportada.

3. CONFIGURACIÓN EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

La figura 2 muestra la configuración experimental empleada para generar Stokes. Está constituida por un láser de fibra (FL) que emite un haz de luz a una longitud de onda de 1064 nm. El haz es acoplado a una fibra LEAF de 9.6 km. En el extremo de la fibra, se instaló un medidor de potencia (PM) para cuantificar el valor promedio de la señal de salida y un analizador de espectros ópticos (OSA) para ver los anchos y cambios de las líneas cuando la potencia de bombeo es liberada gradualmente.

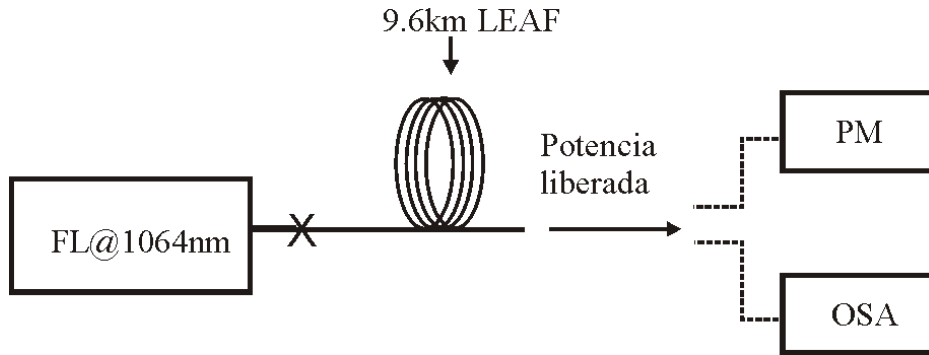


Figura 2. Configuración experimental de libre recorrido.

La potencia de bombeo es liberada e instantáneamente aparece el esparcimiento Raman estimulado. El bombeo aumenta y la transferencia de energía al primer Stokes comienza hasta que este alcanza su valor máximo, y está listo para generar el siguiente Stokes. Este proceso se repite hasta agotar la potencia de bombeo. La medición del espectro y la potencia de salida para cada bombeo sirven para cuantificar el valor que corresponde a la potencia de bombeo y a las señales Stokes. La figura 3 muestra curvas de la potencia residual y las señales Stokes para varias potencias de bombeo acopladas.

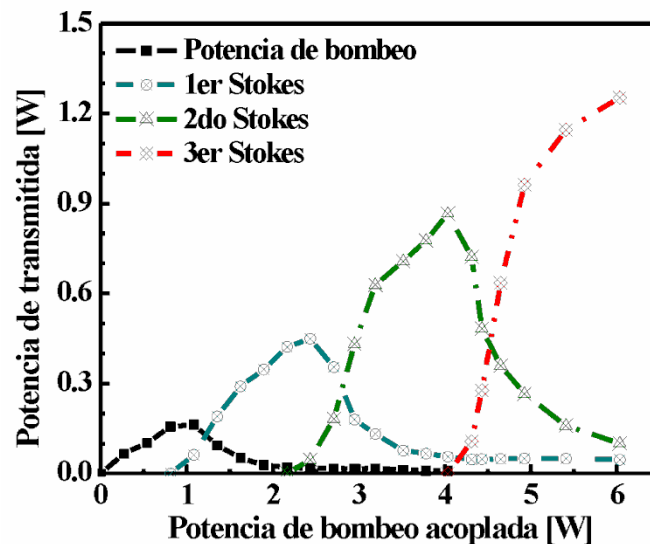


Figura 3. Resultado experimental al bombear gradualmente 9.6 Km de fibra LEAF.

Observe que los máximos valores del primer y segundo Stokes están localizados en las posiciones 2.43 y 4.06 W, respectivamente. Y las energías son 0.45 y 0.86 W, respectivamente.

4. SIMULACIONES TEÓRICAS

Tomando los datos característicos de la fibra LEAF proporcionados por el fabricante, se realizaron cálculos, y se tuvo como resultado los siguientes valores: $A_{\text{eff}}=48 \mu\text{m}^2$, $A_{\text{eff}2}=50 \mu\text{m}^2$, $\alpha=0.75 \text{ dB/Km}$, $\alpha_1=0.6 \text{ dB/Km}$, $\lambda_p=1064 \text{ nm}$, $\lambda_1=1115 \text{ nm}$, $\lambda_2=1175 \text{ nm}$, y $g_R=1.27 \times 10^{-13} (\text{mW})^{-1}$ [5]. Con estos valores se obtuvieron simulaciones numéricas para 10 km de fibra, en la figura 4 se observan dos curvas; una muestra la potencia de bombeo necesaria para obtener la energía máxima acumulada en el primer Stokes y otra curva que representa la energía almacenada en el primer Stokes. Note que a una distancia de 9.6 Km de fibra la potencia de bombeo máximo es de 2.4 W y la potencia almacenada en el primer Stokes es 0.43 W, mientras que experimentalmente se encontró que la potencia de bombeo máximo es de 2.43 W y la potencia máxima almacenada es de 0.45 W, la gran similitud de los valores teóricos y prácticos obtenidos con los datos

experimentales para la fibra LEAF prueban la consistencia de las formulas mostradas en este trabajo.

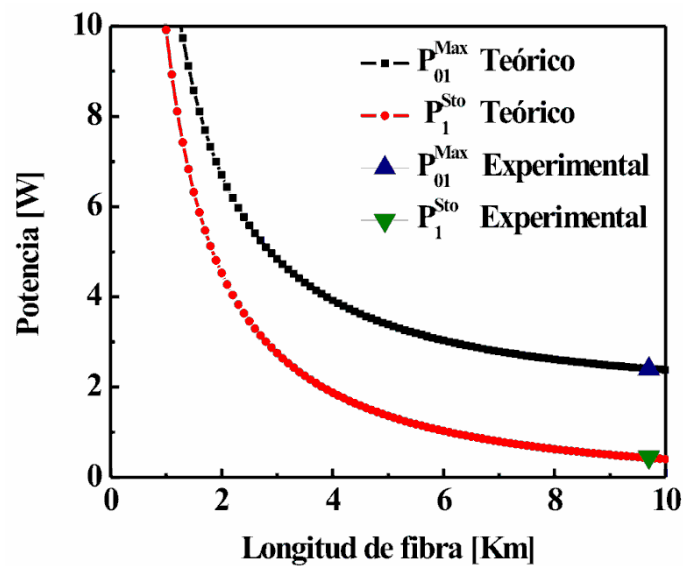


Figura 4. Comparativo de dos curvas de simulaciones numéricas con dos puntos experimentales obtenidos en la figura 3. Note que P_{01}^{Max} corresponde a P_{Max}^1 .

La figura 5 muestra dos curvas comparativas y dos puntos experimentales para la potencia de bombeo máxima que alcanza el segundo Stokes, así como la potencia máxima acumulada. Observe que a una distancia de 9.6 Km de fibra la potencia de bombeo máximo es de 4.6 W y la potencia almacenada al primer Stokes es 0.81 W; experimentalmente la potencia de bombeo máxima es de 4.1 W y la potencia máxima almacenada es de 0.85 W. Para el caso de la energía máxima acumulada al segundo Stokes los resultados teóricos y experimentales son similares, no obstante que el error en la potencia de bombeo máxima el error es de un 9%.

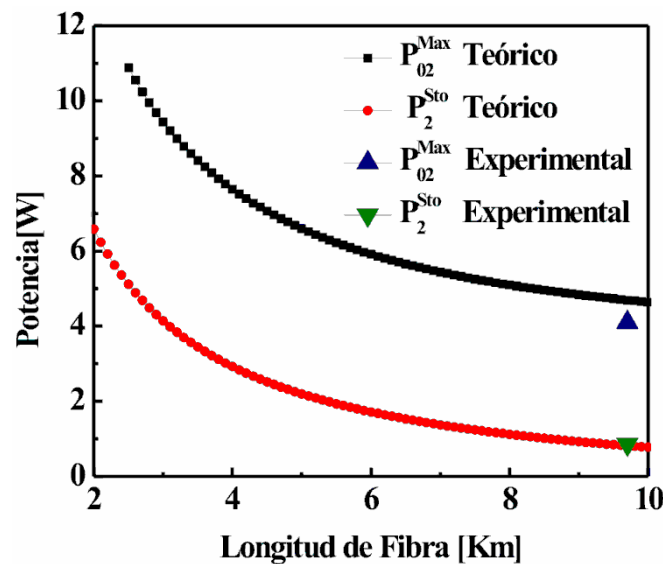


Figura 5. Curvas de potencia máxima de bombeo contra la longitud de la fibra.

5. CONCLUSIONES

Una ecuación para predecir la potencia de bombeo para almacenar la máxima energía en el primer, segundo y Stokes subsecuente, a lo mejor de nuestro conocimiento no ha sido reportada. Existe una fuerte correspondencia entre los valores simulados y experimentales para el primer Stokes, no obstante que para el segundo Stokes el error en la estimación de la potencia máxima es de 9%. La ecuación que aquí se reporta es una herramienta poderosa para diseñar láseres y amplificadores Raman eficientemente.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos ampliamente a la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) por apoyarnos en la realización y presentación de este trabajo a través del PIFI y el proyecto DAIT/2011/09.

7. REFERENCIAS

1. G. P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics*, (4th ed., Elsevier Academic Press, San Diego), 274, (2007)
2. A. S. Kurkov; E. M. Dianov; V. M. Paramonov. et. al. *Quantum Electron.* 30, 9, 791-793, (2000).
3. R. G. Smith, *Appl. Opt.* 11, 11, 2489-2494, (1972).
4. J. AuYeung, and A. Yariv, *J. Opt. Soc. Am.*, 69, 6, 803-807, (1979).
5. L. de la Cruz-May, J.A. Álvarez-Chávez, E.B. Mejía, A. Flores-Gil, F. Méndez-Martínez, S. Wabnitz, *Opt. Fiber Technol.*, 17, 214-217, (2011).
6. L. de la Cruz May, E. B. Mejía, D. V. Talavera, A. Chapuz-Benítez, O. Benavides, *Proc. of SPIE.* 8011. (2011)
7. Gao Pei-juan, Nie Cao-jian, Yang Tian-log, and Su Hai-zheng, *Appl. Phys.* 24, 303. (1981).

SISTEMA DE MONITOREO DE ESTACIONES DE REPETICIÓN MICROONDAS DE TELECOMUNICACIONES EN PETRÓLEOS MEXICANOS, ACTIVO INTEGRAL MACUSPANA

M.I. Jorge Alberto Acosta Alejandro¹, Ing. Antonio Acosta Alejandro¹, Ing. Heron Bache Clemente², Manuel Acosta Alejandro³

¹Universidad Politécnica del Centro, Tabasco, México.

²Universidad del Valle de México, Campus Villahermosa.

³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

jacostalejandro@gmail.com

bache@uvmnet.edu

maa690502@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presentan el diseño y construcción de los módulos de transmisión y recepción del sistema de monitoreo y alerta de fallas ajenas a los equipos de microondas de las estaciones repetidoras dependientes del Activo Integral Macuspana de PEMEX, usando microcontroladores PIC. El sistema de monitoreo consiste en obtener información en tiempo real del estado de funcionamiento de la energía primaria, del motogenerador y de su temperatura, dando como resultado el despliegue de alertas de modo visual y audible para que el personal operativo del Centro de Ingeniería de Telecomunicación identifique la estación que presenta la falla notificando al personal técnico para implementar acciones que permitan la rápida atención y corrección del problema. Las señales de alarmas generadas por el transmisor se transporta por el radio de la misma red de microondas, a través de un canal telefónico compuesto, conocido como 4W E&M, disponible en cada repetidor. Dichas alarmas se despliegan a través del receptor, facilitando la lectura de éstas, el sistema opera con el banco de batería de la estación tanto en las repetidoras como en el módulo de operadoras.

ABSTRACT

In this work we presents the design and construction of transmission and reception modules of the failure monitoring and warning system outside of microwave stations dependent from the Macuspana Integral Active of PEMEX, using PIC microcontrollers. The monitoring system consists in to obtain information in real time of the operational status of the primary energy, the generator motor and its temperature, resulting in the deployment of alerts in visual and audible mode for that the operational staff from Telecommunication Engineering Center identifies the station that presents the failure and notifying the technical staff to implement actions that allow the prompt attention and correction of the problem. The alarm signals generated by the transmitter is transported by the radius of the same microwave network, through a compound telephone channel, it is known as E & M 4W, available at each repeater. These alarms are displayed through the receiver, enabling the reading of these, the system operates with the battery bank from station in both relay and operating module.

1. INTRODUCCIÓN

Petróleos Mexicanos (PEMEX), empresa pública responsable de la extracción, transporte e industrialización de los hidrocarburos en México, por su naturaleza tiene una gran cantidad y diversidad de instalaciones, desarrollando un sinnúmero de actividades, que van desde la exploración y explotación de los hidrocarburos, hasta su comercialización nacional e internacional. Para realizar eficaz y eficientemente todas sus actividades, se hace imprescindible una comunicación expedita y confiable que integre a la mayoría de los centros de actividad petrolera. Esta necesidad ha originado que Petróleos Mexicanos cuente con una vasta y moderna red de telecomunicaciones. El manejo y envío sistemático y eficaz de la información, ya sea por voz o

datos, a todos los centros de decisión de la industria petrolera es una necesidad de primer orden, por lo que las telecomunicaciones han dejado de ser una simple necesidad, convirtiéndose en estrategia de operación. De igual forma, las telecomunicaciones en esta industria prioritaria se han convertido en valioso instrumento de información para agilizar la administración de sus recursos, así como una poderosa herramienta que facilita la coordinación de las actividades de construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones petroleras. La gran cantidad y diversidad de dispositivos que permiten la telecomunicación con una cobertura tan amplia como la requerida por Petróleos Mexicanos, escapa a menudo del conocimiento de los usuarios. Un teléfono, un conmutador telefónico digital, una red de microondas, un sistema de comunicación vía satélite, un radio instalado en una camioneta o en un buque tanque, son instalaciones que nos pueden dar una idea de la magnitud y complejidad de la red de telecomunicaciones de Petróleos Mexicanos. Por lo anterior, es fácil percatarse de la gran responsabilidad de mantener en un buen funcionamiento los sistemas de comunicación en Petróleos Mexicanos, y es por estas razones que surge la necesidad de mantener la operación continua de las estaciones repetidoras de la red de microondas, con la cual se asegura la comunicación de las plantas petroquímicas de la paraestatal Petróleos Mexicanos, y en donde se controla el flujo de información relacionada a la producción y toma de decisiones estratégicas, y dado que las estaciones repetidoras se encuentran en áreas remotas y que éstas deben operar los 365 días del año de manera automática y sin la presencia de personal, es necesario contar con un sistema de monitoreo que indique el estado de operación de los sistemas de alimentación tanto de energía primaria CA proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad CFE, así como de los sistemas de respaldo compuestos por banco de baterías y su respectivo moto generador. Por lo que en este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de monitoreo y alertas de fallas ajenas a los equipos de microondas de las estaciones repetidoras dependientes del Activo Integral Macuspana, con el fin de obtener información en tiempo real del estado de funcionamiento de la energía primaria, del motogenerador y la temperatura, dando como resultado el despliegue de alertas de modo visual y audible para que el personal operativo y de guardia del Centro de Ingeniería de Telecomunicación, identifique la estación que presenta la falla y notifique al personal técnico para implementar acciones que permitan la rápida atención y corrección del problema.

2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

En esta sección se describe el procedimiento del diseño así como los componentes que forman parte del prototipo de monitoreo en tiempo real.

2.1 Análisis del sistema

Como se mencionó en la introducción, la idea básica de este trabajo es el diseño, la construcción y la implementación de un prototipo de monitoreo en tiempo real que se ubica en el módulo de operadora, perteneciente al Departamento de Ingeniería de Telecomunicaciones del Centro de Ingeniería de Telecomunicaciones (CIT), área Cd. Pemex y que alertará la ausencia de la energía primaria CA (proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, CFE) sensando el estado de operación del sistemas de respaldo (moto generador y banco de baterías), así como la temperatura de la estación, ya que al incrementarse la temperatura provoca un mal funcionamiento de los equipos. Para esto, se requiere el diseño y construcción del transmisor y receptor. Las señales de alarmas generadas por el transmisor deberán transportarse por el radio de la misma red de microondas, a través de un canal telefónico compuesto, conocido como 4W E&M, disponible en cada repetidor. Dichas alarmas tendrán que desplegarse de una manera clara a través del receptor, facilitando la lectura de éstas, el sistema tendrá que operar con el banco de batería de la estación tanto en las repetidoras como en el módulo de operadoras Cd. Pemex. En el dispositivo receptor de alarmas, el “display” deberá desplegar el estado de las variables sensadas en las estaciones repetidoras de microondas tales como 1) tensión de la energía primaria, 2) estado del moto generador, indicando arranque (ON) y paro del mismo (OFF), 3) temperatura de la estación y 4) Presencia de personal ajeno a la estación. Por lo que el dispositivo receptor

desplegará una señal de alarma audible y visual bajo las siguientes condiciones: 1) Cuando se presente una falla de energía primaria, sin que el motogenerador arranque, 2) Cuando se arranque del motogenerador, sin existir falla de energía primaria, 3) Cuando se presente falla de energía primaria y el motogenerador no arranque, y finalmente 4) Cuando exista un incremento en la temperatura rebasando los 25 °C.

Para llevar a cabo la construcción del prototipo mencionado, es menester describir cada uno de los componentes utilizados. Debido a las necesidades y a los elementos con los que cuenta la estación remota, podemos elegir el tipo de microcontrolador a utilizar y los componentes secundarios. El microcontrolador que se consideró para este proyecto es el PIC16F876A, de 28 pines, muy generoso, ya que en este pequeño circuito integrado se puede encontrar un convertidor A/D, necesario para la conversión de los valores entregados, tanto por el sensor de temperatura como por el arreglo MAV. De igual manera, en este microcontrolador podemos encontrar un bloque que puede realizar comunicaciones del tipo serial, conocido como módulo USART. Se debe mencionar que este microcontrolador se encuentra tanto en el transmisor como en el receptor. Un diagrama detallado a bloques del transmisor y recepción se muestra en la figura 1 y 2, respectivamente.

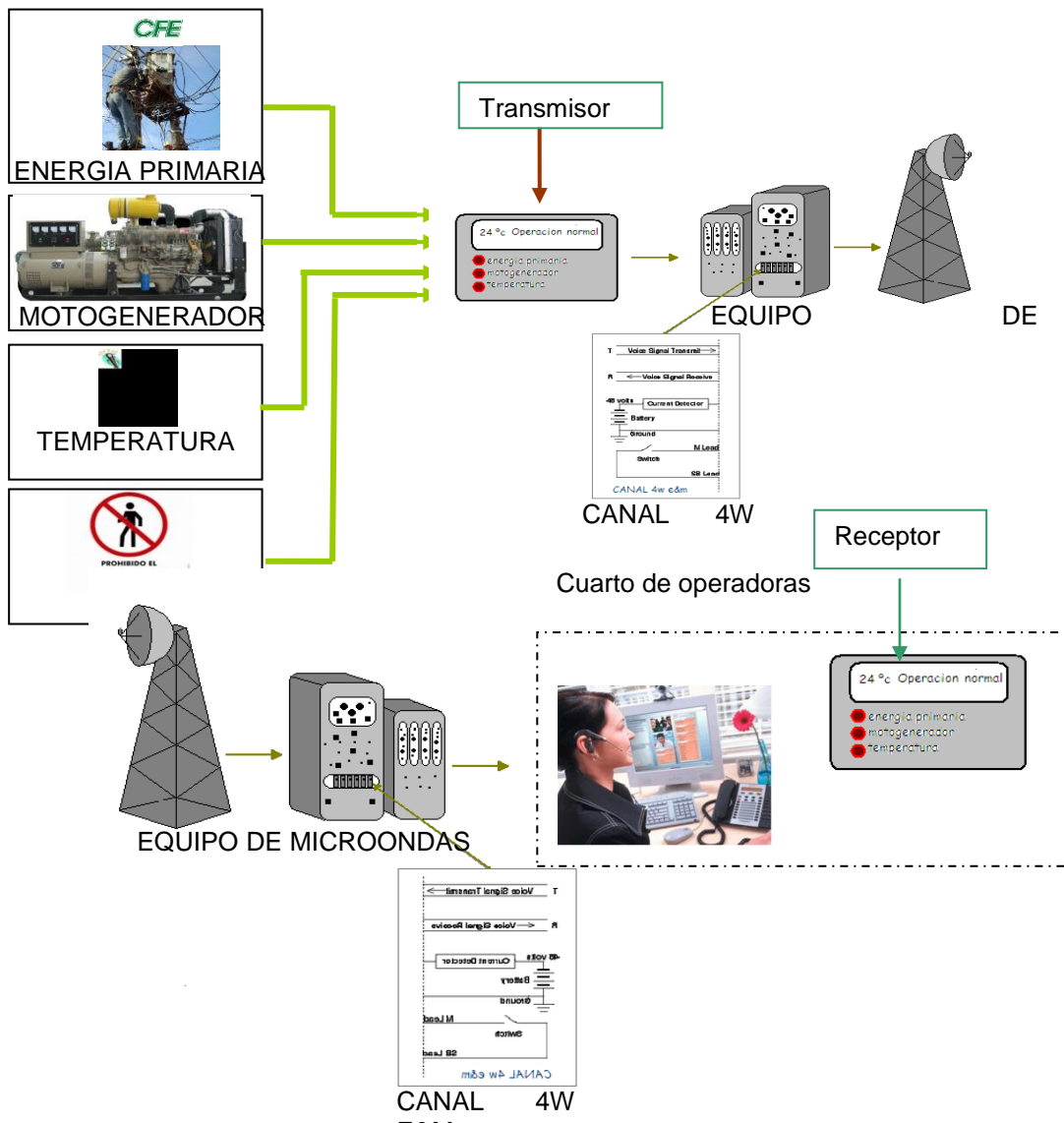


Figura 2 Diagrama a bloques del sistema de recepción.

La función de cada uno de estos bloques es la siguiente:

2.1.1 Potencial Eléctrico

Dentro de las mediciones que se deben de obtener está el potencial eléctrico, debido a que juega un papel importante en la conmutación entre la energía suministrada por CFE, motogenerador y el banco de baterías. El valor de voltaje a transmitir es un valor eficaz, y para poder obtener este valor, ocupamos un arreglo de amplificadores operacionales conocidos tipo MAV, que tiene la tarea de proporcionar un voltaje continuo, representando el valor promedio de dicha señal. Este voltaje promedio entregado por este circuito MAV todavía no representa el eficaz, para obtener el valor eficaz se necesita multiplicarlo por 1.11, que es la constante que relaciona estos dos valores (promedio y eficaz). Esta constante multiplicativa fue incluida dentro del mismo circuitos, y es representada por una resistencia de 14.7 K Ω , la cual se encuentra en serie con el transformador. Incluir dicha resistencia conlleva a eliminar las multiplicación de 1.11 dentro del software, en el cual debíamos crear el algoritmo de Booth para una multiplicación digital de punto flotante o similar. La figura 3 muestra el diagrama eléctrico y el diagrama de flujo correspondiente a la inicialización del convertidor ADC, el cual solo se ejecuta una vez, al iniciar y el diagrama de flujo que representa la petición para la conversión de la información proporcionada por el MAV.

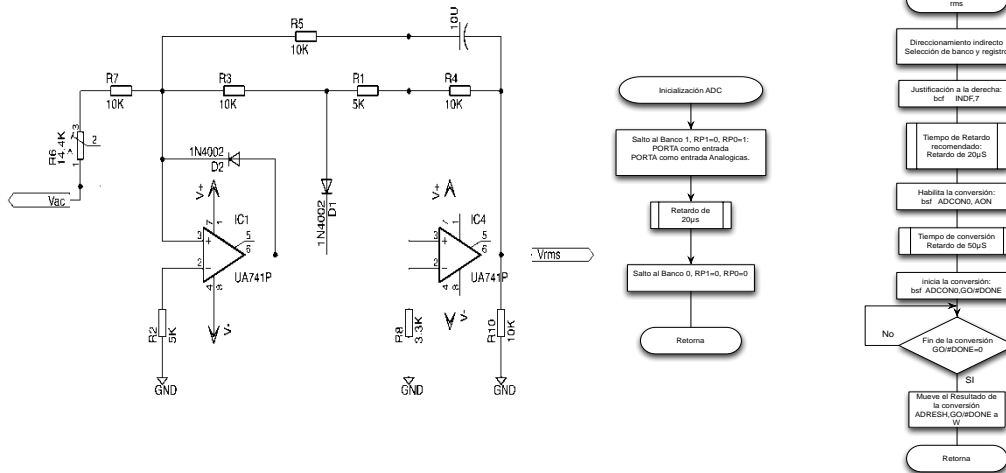


Figura 3 Sensor de potencial eléctrico y su diagrama de flujo de inicialización y de conversión de la información proporcionada por el MAV.

2.1.2 Sensor de temperatura

Como ya se comento, es de suma importancia tener una temperatura controlada, en donde está no sobrepase los límites estipulados en las especificaciones de los equipos, esta temperatura en promedio será de 22 a 30 °C. De ahí la importancia de tenerla monitoreada. Para sensar la temperatura se utilizó el LM35DZ, que es un sensor de

temperatura de estado sólido que pertenece a una familia de dispositivos que posee una sensibilidad de 10 mV/°C. Se usa en el caso de aplicaciones en la que se necesita medir temperaturas comprendidas entre -55 y +150 °C, el voltaje de salida se encuentra totalmente linealizada, lo que es un voltaje proporcional a la temperatura evitando con ello circuitos adicionales que acondicionen la señal. Al igual que en la conversión de los valores rms, la figura 4 muestra el diagrama de flujo en la cual se está realizando la conversión y los ajuste para los valores entregados por el sensor de temperatura.

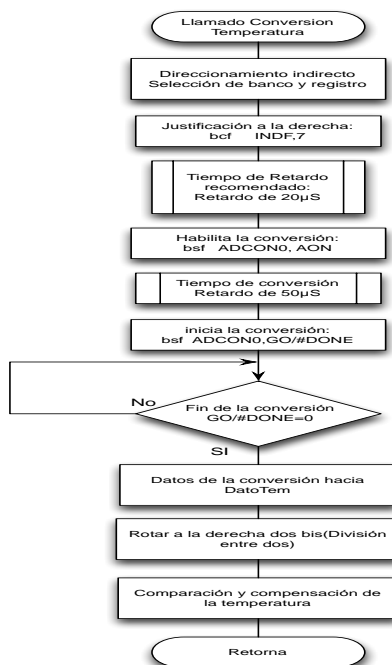


Figura 4 Diagrama de flujo para la conversión y el ajuste del sensor de temperatura.

2.1.4 Transmisión y modulación

Para la parte de transmisión nos apoyamos de dos bloques, el primero es el módulo transmisor (USART), el cual es uno de los dos puertos serie de los que dispone este microcontrolador. Este módulo de I/O también se le conoce como Serial Communications o Interfase o SCI. El USART puede configurarse en los modos siguientes: Asíncrono (full duplex), Síncrono-Master (half duplex), Síncrono-Slave (half duplex). Para nuestro caso ocupamos la modalidad asíncrona, que respecta el protocolo asíncrono RS-232, en donde la frecuencia de transmisión se efectúa a un valor normalizado: 330, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 Baudios, etc. Para generar esta frecuencia, el USART dispone de un generador de frecuencia, BRG, cuyo valor se controla con el registro SPBRG. Además del valor cargado en el registro SPBR, la frecuencia en baudios del generador depende del bit BRGH <1>, si el valor cargado en este bit es 0 se trabaja a baja velocidad, si el valor cargado es 1 se trabaja a alta velocidad. Estos valores generan la constante cargada en SPBRG. Los valores a transmitir y así como los valores de la recepción son ubicados en dos registros, TXREG y RCREG, respectivamente. El segundo bloque se basa en dos circuitos integrados el XR2206 y el XR2211 los cuales realiza la modulación y demodulación respectivamente. El proceso de modulación se basa en el circuito integrado XR2206, el cual es un circuito integrado monolítico generador de funciones capaz de producir señales seno de alta calidad, cuadrado, triángulo y rampa con un alto grado de estabilidad y precisión. Las formas de onda de salida puede ser a la vez de amplitud y frecuencia modulada. La frecuencia de operación puede ser seleccionada con elementos externos en un rango de 0.01 Hz a más de 1MHz. Este circuito es ideal en comunicaciones, instrumentación y aplicaciones donde se requiera la

2. 1. 6 Visualización de parámetros de transmisión y recepción

Este bloque se encuentra tanto en el transmisor como en el receptor, y está compuesto por un LCD de 16x2. Esta pantalla de cristal líquido o display tiene la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera cualquier equipo electrónico de una forma fácil y económico. La pantalla consta de una matriz de caracteres (normalmente de 5x7 puntos) distribuidos en dos líneas de 16 caracteres. El proceso de visualización es gobernado por un microcontrolador incorporado a la pantalla, siendo el Hitachi 44780 el modeló más utilizado.

2. Microcontrolador

Como se muestra en la figura 1 los diferentes módulos descrito anteriormente, se conjuntan en el microcontrolador. Se desarrollo un programa que controla estos módulos, gestionando los tiempos adecuados para la transmisión de todas nuestras variables (potencial eléctrico, temperatura, motogenerador, sensor PIR). En la figura 7 se muestra el diagrama de flujo reflejando los pasos que se realizaron para la manipulación de datos de exhibición y transmisión. La figura 8 muestra el diagrama del transmisor.

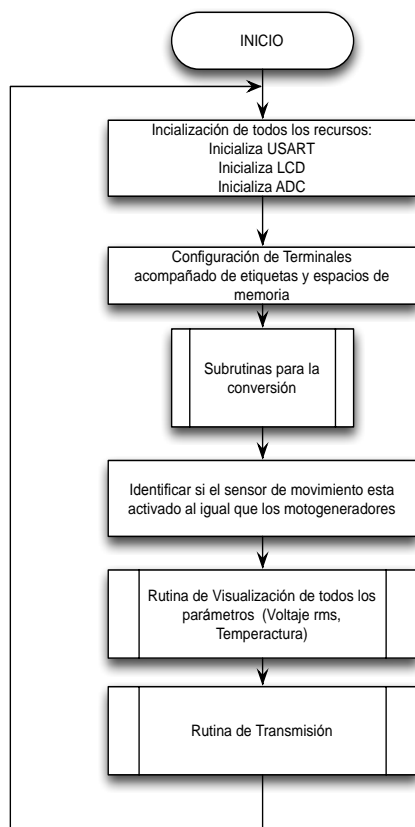


Figura 7 Diagrama de flujo de la secuencia de pasos utilizados para el Transmisor.

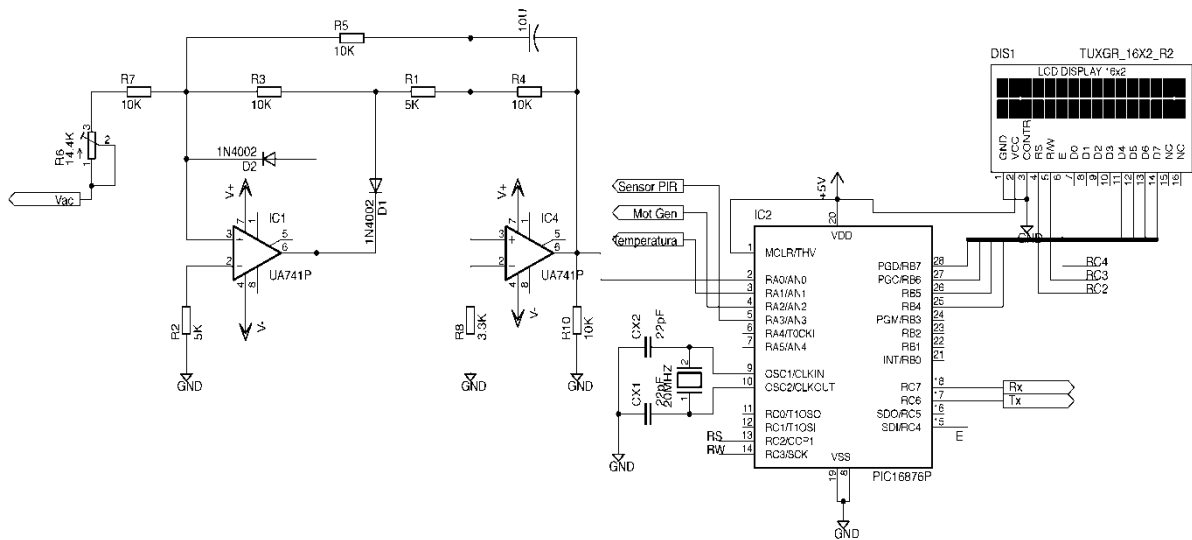


Figura 8 Diagrama electrónico del transmisor.

Para el caso del receptor de igual forma se desarrolla un programa de control. En este programa incluimos en su mayor parte líneas de código que identifican la pertenencia del dato recuperado, esta idea es muy sencilla, si los datos recuperados son mayores a 50 la correspondencia es para el potencial eléctrico, si los valores se encuentran entre 10 y 50 corresponde a la temperatura y si se encuentra entre 1 a 10 corresponde al motogenerador y sensor PIR. La figura 9 muestra el diagrama de flujo de la secuencia de configuración, recepción y visualización.

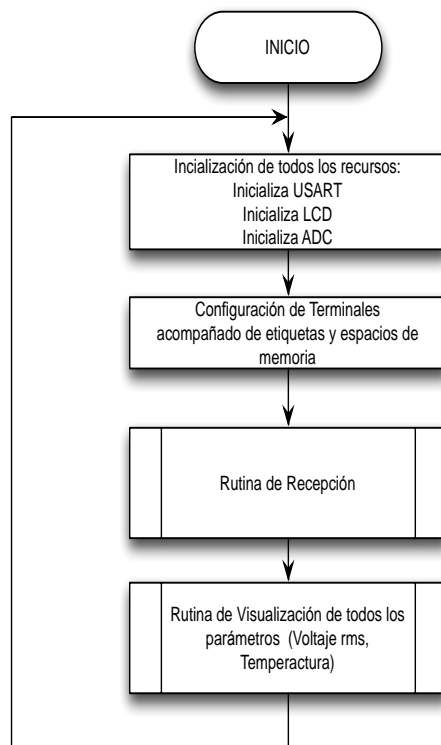


Figura 9 Diagrama de flujo de la secuencia del receptor.

En la figura 10 se muestra de manera detallada las conexiones y valores de los elementos ocupados para el receptor, parte de las terminales no ocupadas para este proyecto fueron habilitadas para las posibles mejoras, que son comentadas en la conclusión.

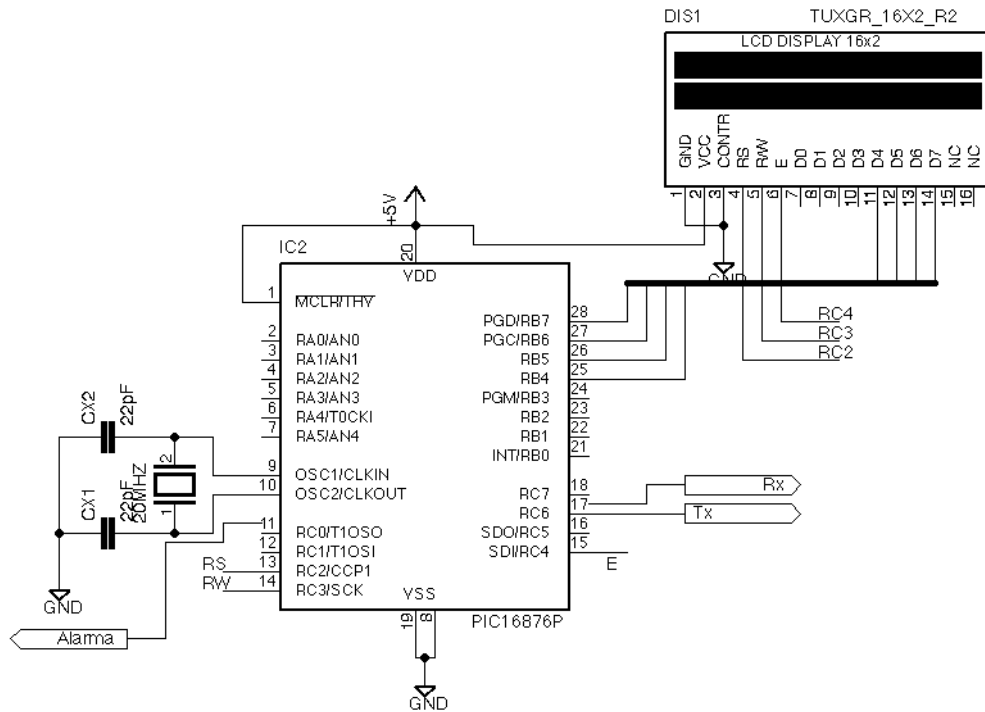


Figura 10 Diagrama electrónico del receptor.

CONCLUSIONES

Debido a la gran responsabilidad de mantener en operación continua las estaciones repetidoras de la red de microondas, durante los 365 días del año de manera automática y sin la presencia de personal, localizadas en áreas remotas, fue necesario diseñar, construir e implementar un sistema de monitoreo que indique el estado de operación de los sistemas de alimentación tanto de energía primaria CA proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad CFE, así como de los sistemas de respaldo compuestos por banco de baterías y su respectivo moto generador. Ya que éstas mantienen la comunicación entre las plantas petroquímicas de la paraestatal Petróleos Mexicanos, y los centros de toma de decisiones estratégicas. Se diseñaron y construyeron los módulos de transmisión y recepción del sistema de monitoreo y alerta de fallas ajenas a los equipos de microondas de las estaciones repetidoras dependientes del Activo Integral Macuspana, usando microcontroladores PIC. El sistema de monitoreo consiste en obtener información en tiempo real del estado de funcionamiento de la energía primaria, del motogenerador y de su temperatura, dando como resultado el despliegue de alertas de modo visual y audible para que el personal operativo y de guardia del Centro de Ingeniería de Telecomunicación identifique la estación que presenta la falla y notifique al personal técnico para implementar acciones que permitan la rápida atención y corrección del problema. Dentro de las mejoras para este prototipo, se recomienda incluir una comunicación Full-Duplex, que permita no nada más visualizar, sino además el controlar en tiempo real y remotamente los equipos de respaldos, por ejemplo: en el caso en que el motogenerador no inicialice automáticamente, poderlo arrancar remotamente. Así como cuando

exista un sobrecalentamiento en la estación, poder habilitar el sistema de enfriamiento de respaldo.

REFERENCIAS

- 1.- Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*, Quinta edición, (1999).
- 2.- Fernando E. Valdés Pérez, Ramón Pallás Areny *Microcontroladores: Fundamentos y aplicaciones con PIC*, 2da edición (2000).
- 3.- Enrique Palacios Municio, Fernando Remiro Domínguez, Lucas J. López Pérez *Microcontrolador PIC16F84: desarrollo de proyectos*, 2da edición (1998).
- 4.- Jerry D. Gibson, **Principles of digital and analog communications, 3ra edición (2000).**
- 5.- Wayne Tomasi, *Sistemas de comunicaciones electrónicas*, 2da edición (2004).

CONSIDERACIONES EN EL MODELADO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CON MODULACIÓN MULTIPORTADORA.

Miguel Ángel Del Valle Diego, Selwin Chávez Salazar.

Universidad Madero, Puebla, Puebla, México.

miguelvd@umad.edu.mx, ime4822@umad.edu.mx

Resumen.

Sin el conocimiento de la modulación multiportadora, un sistema inalámbrico no podría ser modelado. La idea principal de este trabajo es contribuir a resolver muchos problemas encontrados en la investigación y el desarrollo de los sistemas inalámbricos basados en multiportadora. En este documento se explicará el principio de modulación multiportadora mediante la introducción intuitiva de las ideas, proporcionando también una completa introducción a las técnicas multiportadora. En el análisis a continuación, se detallará más en algunos puntos, al hacer una descripción matemática. Se centrará más en los aspectos prácticos de la multiportadora: la aplicación y los problemas que afectan a la modulación.

Palabras Clave: *Sistemas inalámbricos, modulación multiportadora, modelado*

Abstract.

Without knowledge of multicarrier modulation, a wireless system could not be modeling. The main idea of this work is to help solve many problems encountered in research and development of multicarrier-based wireless systems. This paper, will explain the principle of multicarrier modulation by introducing things intuitively, also provides a comprehensive introduction to multicarrier techniques. In the analysis will then see some points more in details by doing a mathematical description. It will focus more on the practical aspects of multicarrier: the implementation and the problems that modulation suffers from.

Keywords: *Wireless Systems, Multicarrier Modulation, Modeling.*

1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años los sistemas espacio-temporales han recibido una gran aceptación en los sistemas modernos de comunicaciones. Un gran número de investigaciones han concluido que se requiere la definición de un modelo de canal apropiado, aspecto que es bastante crítico en el diseño y análisis de sistemas inalámbricos. El desarrollo de esquemas de procesamiento de señal en un entorno espacio-tiempo, el análisis del desempeño del sistema, el diseño de algoritmos de conformación de haces y otros aspectos del mismo, dependen del modelo de canal utilizado. El conocimiento de las características del canal de propagación es clave para el diseño y desarrollo de los sistemas de transmisión que usan este medio, por lo que el modelado del canal y su caracterización es fundamental para desarrollar esquemas que describan adecuadamente los distintos escenarios de aplicación y permitan como es en este caso evaluar desarrollos por simulación.

Poder diseñar sistemas de comunicaciones sobre canales inalámbricos presenta un gran reto, si bien es cierto que existen sistemas especialmente desarrollados para ofrecer comunicaciones en ciertos entornos, básicamente marítimos y aeronáuticos, en líneas generales no se van a diferenciar los sistemas por su utilización, sino por las características intrínsecas de los mismos. La idea de la transmisión multiportadora es dividir el ancho de banda en varias transmisiones de banda estrecha de modo que el canal se vea plano en cada portadora. El flujo de datos para

transmitir después, se divide entre las portadoras en lugar de ser transmitida en una sola con un ancho de banda muy grande.

2. DESCRIPCIÓN DE LA MODULACIÓN MULTIPORTADORA.

2.1 Canal.

Al hacer la transmisión de radio en de alta frecuencia (VHF y más alto) a menudo se enfrenta a un ambiente de multitrayectoria. Tales ambientes se encuentran sobre todo en las zonas urbanas donde los edificios reflejan las ondas.

2.2 Frecuencia de selectividad.

Uno de los problemas de la multitrayectoria es que la resultante de las ondas de los diferentes trayectos puede ser constructiva o destructiva en función de la posición, por lo de la señal cambian con el tiempo cuando se mueve. Se puede experimentar que cuando se escucha FM en las radios durante la conducción por ciudad: la señal se corta por el ruido cuando se mueve.

En general hablamos de un canal de frecuencia selectiva. Las características pueden cambiar rápidamente cuando se mueve. Es por eso que el canal también es variable en el tiempo.

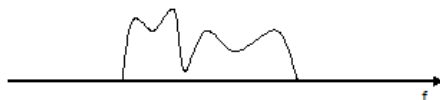


Figura 1. Respuesta de frecuencia típica de un canal que sufre de la propagación multitrayecto.

El objetivo de la ecualización es compensar a los problemas generados por la selectividad de frecuencia.

2.3 Retraso en la propagación.

Otro efecto que afecta a la transmisión digital es que la señal que llega por diferentes trayectos tiene retrasos de tiempo diferentes en función de la longitud del trayecto. Una consecuencia de esto es la memoria del canal que causa interferencia entre símbolos recibidos (en inglés **ISI**).

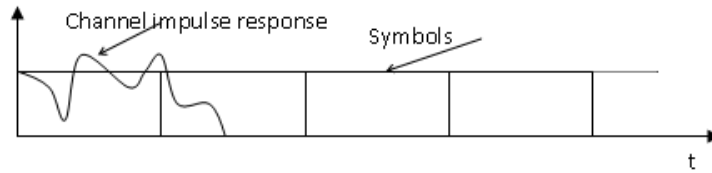


Figura 2. Representación del retraso en la propagación.

3 Descripción cualitativa de la modulación multiportadora.

3.1 Transmisión Uniportadora.

Cuando se transmitan en la frecuencia de banda ancha canales selectivos, la ecualización debe ser realizada a fin de evitar la interferencia entre símbolos. La ecualización trata de hacer el canal plano, esto es con el fin de hacer que la información de estado del canal sea necesaria. La estimación del canal es realizada por varios cálculos y luego consumen tiempo de procesador. Así que cuando la velocidad de datos es elevado y cuando las características del cambio de canal rápidamente la potencia que el procesador necesita es alta y el costo del sistema inalámbrico se eleva.

También es el período de símbolo muy pequeño comparado la memoria del canal. Esa causa interferencia entre portadoras (en inglés **ISI**) y es necesaria la ecualización para corregir ese problema.

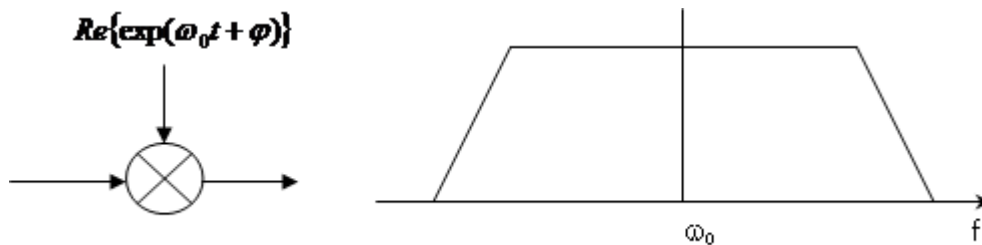
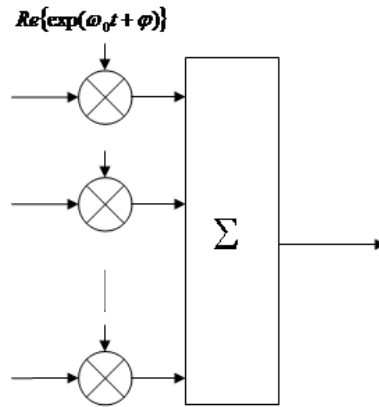


Figura 3. Transmisión en banda ancha con una portadora.

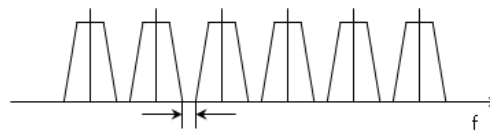
3.2 Transmisión Multiportadora.

La idea de la transmisión multiportadora es dividir el ancho de banda en varias transmisiones de banda estrecha de modo que el canal se ve plano en cada portadora. El flujo de datos para transmitir después, se divide entre las portadoras aéreas en lugar de ser transmitida en una portadora con señal con un ancho de banda grande. Eso es lo que se entiende como la Multiplexión por división de frecuencias (FDM). La ventaja es que no o menos complejas de estabilización que se necesita.

El periodo de símbolo en cada portadora llega a ser grande y el efecto de memoria de canal (duración de la respuesta del canal al impulso) se vuelven menos destructivos en los símbolos, la interferencia entre símbolos (ISI) se reduce y una menor ecualización es necesaria. Cada portadora se modula utilizando cualquier esquema de modulación QAM sistemas PSK.



(a)



(b)

Figura 4. Esquema de la transmisión multiportadora. (a) Entrada de los datos. (b) Tren de pulsos.

3.3 Ortogonalidad.

En un sistema inalámbrico, queremos que el ancho de banda ocupado en el canal sea tan pequeño como pueda ser posible. Para ello, en un sistema multiportadora, tratamos de establecer un espacio de frecuencia mínima entre las portadoras sin tener interferencia interportadora (ICI). El espacio mínimo es alcanzado cuando las portadoras son ortogonales entre sí, la señal de cada una puede tener un pequeño solapamiento en la otra sin causar interferencia. Se verá además que la transformada inversa de Fourier tiene esa propiedad de la ortogonalidad.

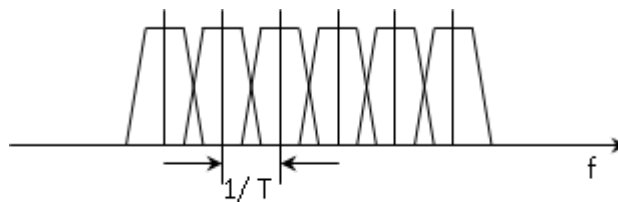


FIGURA 5. ORTOGONALIDAD.

3.4 El intervalo de guarda.

Una forma de evitar la interferencia entre símbolos es establecer un pequeño espacio igual a la duración del retraso en la propagación entre símbolos. Por lo tanto, cada símbolo no afecta al siguiente. También se verá más adelante que este intervalo juega un papel importante en la aplicación.

3.5 Comparación con otros sistemas

Los sistemas simples (como **QAM**), como se acaba de ver, sufren fuerte interferencia intersímbolo (**ISI**) cuando se incrementa la memoria del canal y luego se requiere de una fuerte ecualización. También está el alto riesgo de pérdida de señal en la frecuencia de canales con desvanecimientos selectivos con esquemas de acceso múltiple por división de código (o espectro disperso). Para obtener una alta velocidad de datos, el receptor tiene que calcular las correlaciones a un alto nivel y consumir tiempo de procesador.

4 DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA.

Consideremos el problema de forma general transmitiendo una señal $S(t)$ en un canal variante en el tiempo (t , □□). La versión de muestreo de $S(t)$ es un flujo de bits $S[n]$ que es demultiplexado sobre N portadoras.

4.1 Caracterización de la multiportadora.

El flujo de bits $S[n]$ es compartido en todas las portadoras, en cada una se producirán algunos datos para transmitir. A continuación, el flujo de bits se divide en subflujos llamados multiportadora símbolo, se han utilizado dos índices, siendo n el índice de tiempo y k el índice de subflujos (el cuál es usado para el reconocimiento de la portadora) [1]. Las portadoras no reciben bits ya que el flujo de bits es pre modulado, la amplitud y la fase requeridas por la portadora son calculadas usando BPSK, QPSK o QAM antes del demultiplexaje [2].

4.2 Modelo del Canal y receptor.

Consideremos el problema de la transmisión de la señal en el canal lineal variante en el tiempo, sin ruido adicional. Si llamamos a la versión de muestreo del canal, la salida de la obtenida por el canal es:

$$\tilde{y}_n[m] = \sum_{l=0}^{N+L-1} \tilde{x}_n[l]c[m-l] \quad (1)$$
$$m = 0, 1, \dots, N + L - 1$$

El receptor básicamente hace la operación inversa a la del transmisor. La señal recibida tiene $N + L - 1$ muestras antes de la demodulación, entonces se omitirán las L últimas muestras de la señal recibida, y remover entonces el intervalo de guarda, a fin de utilizar correctamente las propiedades de la Transformada de Fourier. De hecho, la operación de demodulación es una FFT simple de acuerdo a la IFFT usada como modulación. Se tiene que encontrar N muestras (una por portadora) como la de la entrada del modulador, y aplicar la FFT a la señal.

$$\tilde{Y}_n[k] = \sum_{l=0}^{N-1} \tilde{y}_n[l] \exp\left(-2\pi j k \frac{l}{N}\right) \quad (2)$$

$$\tilde{Y}_n[k] = \sum_{l=0}^{N-1} \left(\sum_{m=0}^{N+L-1} \tilde{x}_n[m] c[l-m] \right) \exp\left(-2\pi j k \frac{l}{N}\right) \quad (3)$$

$$\tilde{Y}_n[k] = \left(\sum_{m=0}^{N+L-1} \tilde{x}_n[m] \right) \sum_{l=0}^{N-1} c[l-m] \exp\left(-2\pi j k \frac{l}{N}\right) \quad (4)$$

$$\tilde{Y}_n[k] = \left(\sum_{m=0}^{N+L-1} \tilde{x}_n[m] \exp\left(-2\pi j k \frac{m}{N}\right) \right) \mathfrak{I}(c[k]) \quad (5)$$

El primer término de la multiplicación anterior se parece a una expresión de la Transformada de Fourier. De hecho, si restringimos el índice de suma de $m = 0$ a $m = N-1$ es equivalente a la transmisión de las L últimas muestras de la señal. Así que la señal producida por el demodulador es:

$$\tilde{Y}_n[k] = \left(\sum_{m=0}^{N-1} \tilde{x}_n[m] \exp\left(-2\pi j k \frac{m}{N}\right) \right) \mathfrak{I}(c[k]) \quad (6)$$

$$\tilde{Y}_n[k] = \mathfrak{I}(x_n[k]) \mathfrak{I}(c[k]) \quad (7)$$

$$\tilde{Y}_n[k] = X_n[k] C[k] \quad (8)$$

Una simple división por la respuesta en frecuencia del canal recupera la señal transmitida. Esta modulación no necesita de estabilización y las muestras de datos se combinan de nuevo al mismo tamaño que los datos originales [3].

5 SINOPSIS DEL SISTEMA MULTIPORTADORA UTILIZADO.

La aplicación de la modulación multiportadora es hoy en día prácticamente realizada de forma digital. El objetivo del artículo, es obtener una caracterización cualitativa y paramétrica del canal inalámbrico para tener un buen entendimiento de su comportamiento. En la práctica, en cambio, no es posible determinar de forma anticipada el comportamiento exacto del canal. Es por ello por lo que las respuestas del canal se modelan como procesos aleatorios (normalmente estacionarios en sentido amplio) y su estudio se realiza a través de funciones de correlación.

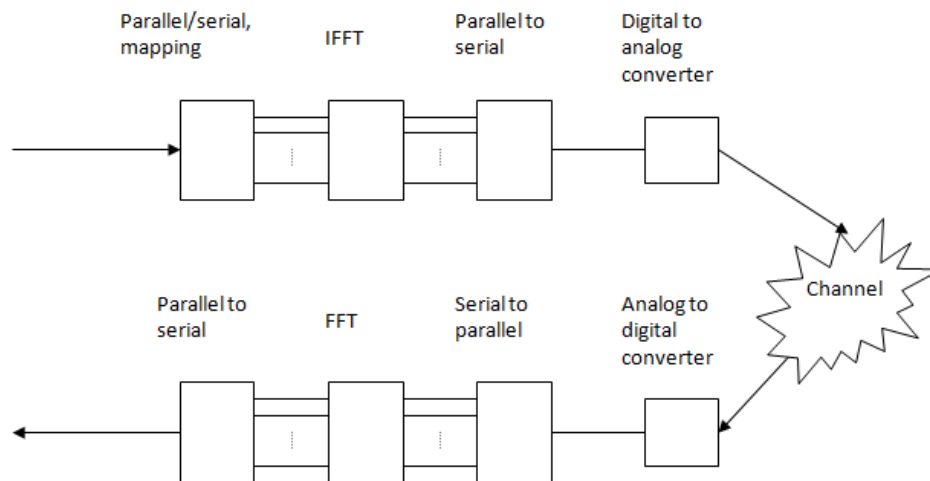


Figura 6. Modelo del sistema de transmisión multiportadora.

6 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO:

- Los datos procedentes de la entrada se disponen en vectores con el número de componentes igual al número de portadoras. Cada componente está compuesto por un número de bits en función del alfabeto del esquema de modulación utilizada en la siguiente etapa. Por ejemplo, si utilizamos un sistema 1536 portadoras con BPSK, tendremos vectores de 1536 componentes de cada uno compuesto por 1 bit (BPSK es una matriz de 2).
- Cada componente (grupo de bits) se asigna en un símbolo complejo dependiendo en el alfabeto del esquema de modulación utilizado. Por ejemplo, con BPSK el alfabeto es $\{-1; +1\}$.
- A fin de obtener muestras reales después de IFFT, un 2^* Número de puntos portadora IFFT se hace con:

$$X_{N-k} = X_k^*, k = 1, \dots, \tilde{N} - 1$$

$$X_0 = \text{Re}(X_0), X_{\tilde{N}} = \text{Im}(X_0)$$

- El algoritmo de la transformada inversa de Fourier (IFFT) se aplica al vector que da un vector de muestras reales.
- El intervalo de guarda, se añade al principio del vector mediante la repetición de los componentes al final. Los vectores son concatenados para formar una señal de tiempo (conversión serie/paralelo).
- Al visualizar la señal es necesario limitar el ancho de banda. La visualización más usada es el coseno alzado.
- La señal se pasa entonces a través del canal. El canal es modelado por un sistema lineal con respuesta de frecuencia $c(t)$, junto con una fuente de ruido gaussiano aditivo.
- En la recepción, la señal se reorganiza nuevamente en vectores (conversión serie / paralelo) y el intervalo de guarda se omite.

- La Transformada Rápida de Fourier (FFT) se calcula con el fin de recuperar el vector complejo de símbolos.

7 PROBLEMAS VISUALIZADOS EN EL MODELO.

7.1 Ortogonalidad.

La ortogonalidad es proporcionada por la IFFT que es una manipulación numérica, un error de cálculo podría cambiar ligeramente el espacio entre dos portadoras aéreas consecutivas y romper la ortogonalidad de todo el sistema. En este caso la multiprotadora pierde toda su eficacia, porque la noción de ortogonalidad es absoluta.

7.2 Sincronización.

Uno de los problemas cruciales en el receptor es muestrear la señal de entrada correctamente. Si se procesa la secuencia incorrecta de las muestras, la transformada rápida de Fourier no recupera correctamente los datos recibidos de las portadoras. El problema es más embarazoso cuando el receptor está encendido. Por tanto, existe una necesidad de la adquisición de tiempo de bloqueo. Si la señal transmitida es realmente del dominio periódico del tiempo, como se requiere que la FFT se aplique correctamente, entonces el efecto del desplazamiento de tiempo es el modificar la fase de todas las portadoras por una cantidad conocida. Esto se debe al teorema del corrimiento de tiempo de la teoría de la transformada de convolución.

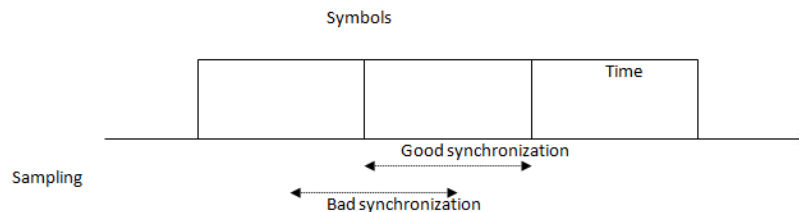


Figura 7. Esquema de sincronización.

Sin embargo, la señal no es realmente repetitiva, ha sido engañada y se realiza la transformación matemática como si fueran símbolos repetidos para luego escoger diferentes transmitirlos uno tras otro. El efecto del corrimiento de tiempo sería entonces no sólo para añadir el cambio de fase que se refiere el párrafo anterior, sino también para añadir alguna interferencia entre símbolos con símbolos adyacentes. Esta interferencia no podía degradar recepción.

Para evitar estos problemas, se ha decidido transmitir más de una secuencia completa de las muestras de tiempo a fin de aumentar la tolerancia en el tiempo. Es un intervalo de guarda de datos adicionales. Es construido repitiendo un conjunto tan grande como la memoria del canal de las últimas muestras tomadas en la secuencia original.

Una técnica utilizada para obtener una sincronización adecuada es agregar entre cada símbolo Multi portadora un símbolo de valor nulo (cero muestras).

7.3 Alta relación de potencia pico-promedio (PAPR).

Cuando la fase de subportadoras diferentes se adiciona picos muy grandes, viene una complicación importante en los sistemas de multiportadora. Este problema se llama Alta relación de potencia pico-promedio (PAPR por sus siglas en inglés) y se define para cada señal multiportadora en un tiempo $[n, n + T_s]$ mediante la siguiente fórmula:

Para las señales continuas.

$$\chi_n = \frac{\max_{t \in [n, n+T_s]} |x(t)|^2}{\int_n^{n+T_s} |x^2(t)| dt} \quad (9)$$

Para señal de muestra.

$$\chi_n = \frac{\max_k |x_n[k]|^2}{E\{x_n[k]^2\}} \quad (10)$$

En los sistemas multiportadora **PAPR** esto puede tener muy altos valores para los ciertos conjuntos de entradas de muestra y sobrecargar las características no lineales de los sistemas, causando intermodulaciones entre diferentes portadoras y radiación no deseada fuera de banda.

Otro inconveniente principal de la **PAPR** puede ser visto como el dominio del ruido de cuantización en el desempeño del sistema. Este dominio puede ser estimulado al evitar el efecto de saturación del nivel máximo del convertidor de digital a analógico (DAC) que se encuentre fijo en un nivel alto.

Hay varias técnicas propuestas para reducir la **PAPR** en señales múltiples portadoras, pero esta reducción no es evidente, porque la **PAPR** y el índice señal ruido SNR están estrechamente relacionados [4].

7.4 Efecto de la saturación en señales Multiportadora.

Cuando las señales de transmisión tienen alta **PAPR**, los amplificadores pueden producir "recorte". De alguna manera, el "recorte" puede considerarse como los picos de la señal de entrada, simplemente cortados por los amplificadores. Las Consecuencias del recorte moverse de banda de radiación y la interferencia entre símbolos entre subportadoras. In order to avoid these undesired effects that reduce Multi carrier performances, one has either to use amplifiers with dynamic range, or try to reduce PAPR. The first alternative is expensive; the second one is more often used. Con el fin de evitar estos efectos no deseados que reducen el desempeño de la Multiportadora, uno es utilizar amplificadores con un rango dinámico, o tratar de reducir la **PAPR**. La primera alternativa es cara, la segunda se utiliza más frecuentemente.

7.5 Fase de ruido.

En el receptor, un oscilador local puede añadir ruido de fase para una señal multiportadora, por ejemplo. El ruido de fase, podrían tener dos efectos que se encuentran: Error de fase común (en inglés **CPE**), debido a una rotación de la constelación de la señal y, Interferencia Interportadora

(en inglés **ICI**), similar al ruido gaussiano aditivo. El centro de investigación y desarrollo de la BBC ha hecho análisis de los efectos de ruido de fase en una señal multiportadora, este análisis muestra que a la vez en **CPE** a todas las portadoras [5]. De hecho, la constelación de señal dentro de un símbolo determinado está sujeta a la misma rotación para todas las portadoras y este efecto se puede corregir mediante el uso de información de referencia en el mismo símbolo. Lamentablemente, ICI es más difícil de superar, debido al ruido aditivo, que es diferente para todas las portadoras. Esta diferencia se puede interpretar como una pérdida de ortogonalidad.

7.6 Frecuencia de error.

Un sistema de multiportadora puede estar sujeto a dos tipos de error de frecuencia. Estos son frecuencia compensada (como podría ser la causada por la tolerancia de la frecuencia de un oscilador local) y, un error en el frecuencia maestra de reloj en el receptor (que causará al espaciado de las portadoras de demodulación que las hacen diferentes de las transmitidas). Antes de encontrar soluciones a esos problemas, al diseñar el sistema se tiene que determinar cuanta cantidad de error de frecuencia residual es admisible, y entender exactamente cómo los errores afectan la señal recibida [5].

Ambas situaciones de error se han analizado así; una compensación en frecuencia, afecta a la mayoría de las portadoras por igual, con la portadora del borde externo menos afectada. Se presenta la Interferencia Interportadora (en inglés **ICI**) como resultado de una frecuencia compensada absoluta fija que aumenta con el número de portadoras, si el ancho de banda del sistema se mantiene constante. A causa del error en la frecuencia de reloj del receptor, en ausencia de desplazamiento de frecuencia, se afecta a las portadoras desigualmente (la portadora central sufre un poco, mientras que la más afectada es la que se encuentra se encuentra cercana, pero no en el borde externo) [6].

8 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE ESQUEMAS DE MODULACIÓN MULTIPORTADORA.

8.1 Ancho de Banda.

El ancho de banda ocupado, por supuesto, está directamente relacionado con la velocidad de datos para transmitir. Sin embargo, la pregunta es, ¿cuál es el ancho de banda mínimo a adoptar a fin de obtener suficiente diversidad y evitar la pérdida de toda la señal en entornos con desvanecimientos selectivos en frecuencia? Por otro lado un gran ancho de banda que significa también mucha potencia transmitida. Existe un compromiso entre la potencia de transmisión y el ancho de banda.

Ese ancho de banda óptimo se encuentra a través de simulaciones del canal y en escenarios de prueba. En DAB, por ejemplo, un ancho de banda de 1,5 MHz es un buen compromiso para el tipo de condiciones de propagación aplicada [7].

8.2 Número de portadoras.

Se ha visto que cuanto mayor sea el número de portadores, mayor es el período de símbolo en cada empresa y la igualdad así que menos se necesita y mayor es la diversidad que ofrece el sistema. Sin embargo, con la modulación diferencial, es importante que el canal no varíe demasiado durante un periodo de símbolo. Este no es el caso cuando el receptor se mueve por efecto Doppler y tiene un desvanecimiento corto. Entonces, un gran número de portadoras limitarán la rapidez en la movilidad. Esta es otra desventaja de la modulación multiportadora [8]. Otro problema es la complejidad es el incremento en la aplicación cuando se aumenta el número de portadoras porque se necesitan grandes FFT.

Para continuar con el ejemplo DAB, se han encontrado que 1536 portadoras tienen un buen compromiso. Eso lleva al espaciamiento de una portadora a 1 KHz y un período de símbolo de 1_{ms} .

8.3 Intervalo de guarda.

La compensación de intervalo de guarda debe ponerse bastante grande para evitar la interferencia intersímbolo dependiendo de la memoria del canal y el espaciado de la posición del transmisor en una sola red de frecuencia. Por otra parte, quisiéramos que fuera tan pequeño como sea posible pues no lleva ninguna información y puede ser visto como daños en el ancho de banda [9].

En los sistemas inalámbricos, un intervalo de guarda de 25% de periodo de símbolo es a menudo encontrado y visto como un buen compromiso. Ese es el valor tomado por DAB, que permite una distancia máxima de unos 80 kilómetros entre los transmisores.

8.4 Modulación.

El esquema de modulación utilizado en cada portadora depende de la la tasa error Bit (BER) necesitada.

En DAB, es utilizado QPSK pero para los sistemas de orden superior se utilizan QAM de 16,64 o 256.

8.5 Codificación.

La Codificación de canal es muy importante en los sistemas multiportadora. Cuando hablamos de diversidad, es posible ya que la información es redundante entre las portadoras.

La codificación de canal es muy importante en sistemas multiportadora. Cuando hablamos de diversidad, esta es posible porque la información es redundante entre las portadoras. La codificación asociada con la frecuencia (entre portadoras) y el tiempo de intercalamiento hace al sistema muy robusto en el desvanecimiento selectivo en frecuencia [10].

9 CONCLUSIÓN.

En la recepción, es muy importante distinguir el punto de partida de la FFT para evitar una demodulación errónea. Y la sincronización tiene que ser precisa. Esto explica el uso de símbolos especiales (piloto) para la sincronización en la transmisión. El diseño en el sistema debe considerar tanto al transmisor y el receptor es importante porque, que causa distorsiones si el rango dinámico de los amplificadores y convertidores no es lo suficientemente alto.

La Multiportadora es muy sensible a las compensaciones de frecuencia de transmisión. Tales compensaciones son la causa principal de la inestabilidad de los osciladores de recepción local y el efecto Doppler cuando el dispositivo móvil no está fijo sino está en movimiento.

10 REFERENCIAS.

- [1] Agbinya, J.I. *Planning and Optimization of 3G and 4G Wireless Networks*, University of Technology, Sydney, Australia and F'SATIE, River Publishers, 72-75, (February 2010).
- [2] Goldsmith, A. *Wireless Communications*, Cambridge University Press, 595-601, (August 2005).
- [3] Gibson, J.D. *The Communications Handbook*, CRC Press, April 29, 24/18-24/19, (2002).
- [4] Bonaccorso, M. *Reducing peak to average power ratio in OFDM Systems*. Student Eurecom Project, (1998).
- [5] Stott, J.H. *The effects of frequency errors in OFDM*. BBC R&D Report, (1995/15).
- [6] Van Trees, H.L. *Detection, Estimation and Modulation Theory Part I - Detection, Estimation and Linear Modulation Theory*, Wiley, 575-580, (2001).
- [7] Hara, S. Prasad, R. *Multicarrier Techniques for 4G Mobile Communications*, Artech House Publishers, 159-162, (June 2003).
- [8] Fazel, K. Kaiser S. *Multi-carrier and spread spectrum systems*, John Wiley and Sons, 7-9, (2003).
- [9] Bahai A.R.S, Saltzberg, B.R. Ergen, M. *Multi-carrier digital communications: theory and applications of OFDM*, Springer Science, 260-262, (2004).
- [10] Haas, E. Design, *Evaluation and implementation of a Multicarrier Transmission System*, Hebert Utz Verlag GmbH, Germany, 59-64, (2003).

ANÁLISIS BAYESIANO DE UN TERMINAL ÓPTICO (OLTE: EQUIPO TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA) DE 140Mbps

José Gabriel Réding Domínguez, Carlos de la Cruz Dorantes, José Alonso Pérez Cruz

Universidad Autónoma del Carmen

reding70@yahoo.com.mx, malcreado@hotmail.com, japcruz@pampano.com.mx

ABSTRACT

A Bayesian analysis could be an optical line terminating equipment (OLTE of 140Mb/s) oriented. The line terminating magazine consisting until two 140 Mbps line terminals and could integrate a fiber optical line system in a whole telecommunication system. This kind of equipment involve a complex system to carrier out coding and electric/optical signals conversion from multiplexor side, therefore in the line side, this system complete an optical/electrical conversion and decoding signals. Our Bayesian analysis resume an area known like Fault Detector Unit (FDU), it involves variables known as PWR, MA, TxO, RxO and MITC, which handle communication traffic between line terminal, intermediate repeater and Fault Location Magazine (FLM) and must be studied to locate a fault. However, this analysis is looking for applying a priori probabilistic model to prevent optical equipment faults in order to increase system availability. Our analysis can be oriented to built a Bayesian network and give to us a degree of believe probability interpretation which endeavors to estimate parameters of an underlying distribution based on the observed optical equipment distribution. To get good results we assume a uniform distribution over a range of values for the prior optical faults distribution. This paper is looking for introduce you to generate new research areas and apply those in educational problems refers telecommunication systems. Our Bayesian analysis will used in the design of software inference filters to automatically detect and warn about communication faults. Paper has four sections integrated, one of them is an introduction, next sections has a general line terminating equipment (OLTE) explanation, last section will refer to Bayesian analysis and theoretical terms to ending in a practical analysis (Bayesian network) applying to OLTE equipment communication environment variables.

Keywords: Bayesian analysis, optical, a priori, coding, believe probability, faults, distribution.

Introducción

Los equipos terminales proveen de puntos de interconexión para realizar el cambio de señales eléctricas provenientes de los datos entrantes en el sistema, a señales ópticas salientes del mismo. Los OLTE son dispositivos capaces de convertir y reconvertir las señales provenientes de tributarias de orden menor, mismas que son multiplexadas y contienen una cantidad predefinida de canales de datos y de señalización. Las señales compuestas o tributarias más simples son aquellas que han cubierto la etapa de filtrado, muestreo, cuantificación y codificación de treinta y dos canales conocidos como de voz y dos adicionales de señalización. Una vez generada la señal compleja de 2.048 Mbps ésta es ingresada junto con otras tres señales con las mismas características a un OLTE, convirtiéndose en tributarias del sistema óptico de segundo orden [1]. La recepción de las señales se hace a través de un terminador BNC (coaxial) y la reconversión a señales ópticas multiplexadas en un orden superior se hace en el interior del OLTE. La señal compleja de orden superior alcanza una frecuencia de 8 Mbps aproximadamente, toda vez que de manera recurrente se le añaden canales de señalización para éste segundo orden (llamado así en el argot de las telecomunicaciones).

El presente artículo provee, en la sección inicial, un panorama introductorio de la constitución física del OLTE, se presenta un diagrama a bloques y la explicación de cada uno de ellos, proveyendo el entendimiento general del equipo en el sistema óptico. Las secciones consideradas para el análisis son: el módulo de interfaz y transcodificación de códigos, el transmisor óptico, el receptor óptico, el módulo de alarmas y las fuentes de alimentación. Dichos subsistemas, son considerados como las partes fundamentales y variables de nuestro análisis bayesiano, toda vez que proveen las causas del correcto funcionamiento del sistema.

En la siguiente sección se presenta un análisis teórico probabilístico de las variables y su interrelación, la premisa de éste análisis es proveer el panorama probabilístico y las relaciones entre las variables que interactúan para poder brindar una alta disponibilidad en el OLTE. Se hace uso de los teoremas probabilísticos y en particular del teorema Bayesiano, mismo que nos conduce a la inferencia.

Para concluir el análisis proponemos la aplicación del algoritmo naïve bayes [5], que nos provee de los cálculos para una base de datos dada, aplicando inferencia probabilística y generando los valores de las variables trascendentales.

Configuración de un sistema de transmisión óptica

Las transmisiones ópticas pueden representarse de una forma sencilla como la mostrada en la figura 1, en el transmisor se convierte la señal eléctrica en una señal óptica mediante un transductor electro-óptico, por ejemplo, un diodo electroluminiscente (LED) o diodo láser (LD). De una forma más precisa se podría decir que, mediante la corriente en el diodo, modulada por pulsos binarios, se altera la intensidad luminosa del diodo emisor, inyectándose luz con una potencia calculada en la fibra óptica. Una vez que la luz ha recorrido la fibra óptica, se reconvierte en una señal eléctrica al final del trayecto en un transductor opto eléctrico, por ejemplo un fotodiodo, en el extremo distante del enlace.

Para la transmisión de señales ópticas se precisan como transductores opto eléctricos componentes, receptores y transmisores cuyas características están definidas por especificaciones del sistema, es decir, delimitados por la distancia entre terminales OLTE (y/o repetidores) y la velocidad de transmisión.

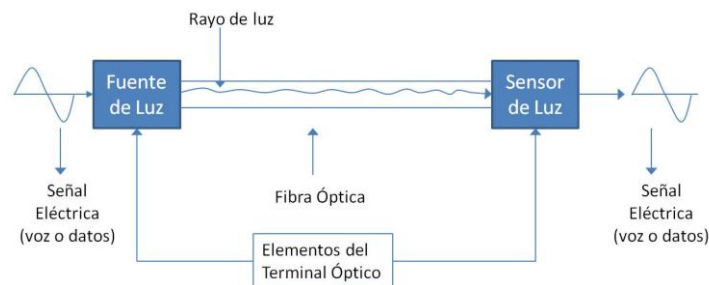


FIGURA 1. ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA

Para el caso de los enlaces de larga distancia o de ciudad a ciudad y con una gran longitud entre los terminales, se utilizan regeneradores ópticos (llamados back to back o de espalda con espalda) intermedios para compensar la atenuación o amplificar la señal que ha sido debilitada debido a la distancia y a factores propios de la transmisión de señales.

La transmisión óptica a larga distancia puede representarse de una forma simple como en la Figura 2. En ella puede observarse que el transmisor (Tx o TxO) convierte la señal eléctrica en una señal óptica de características especiales. Esta adecuación se realiza mediante un transductor opto eléctrico en el cual la señal se acopla a la fibra óptica, misma que puede ser monomodo o multimodo de índice graduado y escalonado; después de recorrer distancias largas (80 km. en promedio) se utilizan regeneradores (REG) para mantener la calidad de la señal; éstos equipos tienen la capacidad de compensar o ecualizar las pérdidas, filtrar las señales parásitas, regenerar e imprimir mayor potencia a las señales entrantes. Una vez concluido el recorrido a través de la fibra óptica, se reconvierte, en una señal eléctrica, por medio de un transductor opto eléctrico, en el receptor (Rx o RxO).

La ruta de transmisión óptica comienza y finaliza, por lo tanto, en una interfaz eléctrica cuyos datos, independientemente del medio de transmisión, están normalizados. Para los sistemas digitales sobre fibras ópticas, se aplican las recomendaciones hechas en la norma G.703 de la CCITT (ahora la UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones).

El funcionamiento general del un terminal óptico se puede explicar en los términos siguientes:

Módulo Interfaz (INT)

En esta etapa, la entrada de la señal eléctrica (tributaria) es conectada por medio de un cable coaxial BNC, esta señal llega al terminal óptico con el nombre de SEE (Señal Eléctrica de Entrada), con una velocidad determinada por el orden y con un código de línea adecuado (HDB-3 O CMI).

La pérdida de señal eléctrica es supervisada y en caso necesario se indicará su ausencia en el módulo de alarmas o MA.

Regenerador (REG)

El regenerador restaura la señal en amplitud y tiempo, además una señal de reloj es extraída desde la señal por medio de un circuito de enganche de fase (PLL) de alta calidad. La señal resultante es entregada al codificador.

En caso de ausencia de la señal eléctrica entrante (SEE), una señal AIS (Señal Indicadora de Alarma o 512 unos) es generada internamente en un oscilador de cristal. Para que la señal sea reemplazada o reportada al operario.

Codificador (mB/nB)

Los terminales ópticos utilizan como código de línea para transmitir la información, el código CMI y el código de bloque mB/nB (5B/6B, 7B/8B, etc.); en esta etapa la señal se codifica y se entrega al diodo láser.

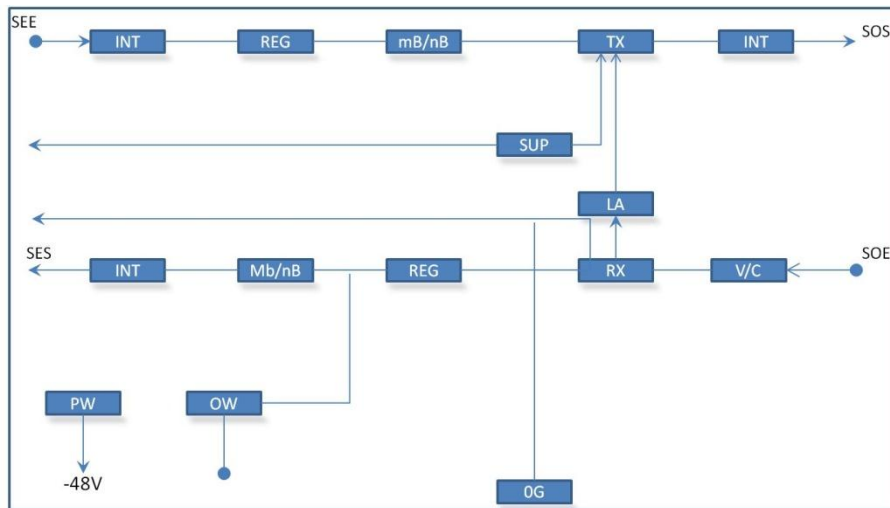


FIGURA 2. ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA

Transmisor óptico

El diodo láser emite una señal óptica rectangular NRZ llamada SOS (Señal Óptica de Salida) y la acopla a la fibra óptica por medio de una línea artificial (V/C).

Las corrientes de polarización y de modulación del diodo láser deben supervisarse continuamente. Algunos terminales ópticos cuentan con puntos de monitoreo para la supervisión de éstos parámetros, otros diseños envían ésta información a través del software del equipo hacia las terminales destinadas para tal fin.

Si en el transmisor óptico se incrementa la corriente de polarización, se provoca una señal de alarma llamada “degradación láser”, por otro lado, cuando la potencia de salida se reduce debido a una ruptura de fibra, se entregará una señal al módulo LA (desconexión del láser).

En el transmisor óptico (TxO) se convierten las señales binarias eléctricas en señales ópticas y se emiten en forma rectangular NRZ a la salida denominada SOS al cable de fibra óptica.

El promedio de la potencia óptica de transmisión es mantenido constante por medio de un circuito de retroalimentación que monitorea a un diodo PIN (normalmente) en el interior del módulo láser.

La temperatura del módulo láser se mantiene constante con el objetivo de reducir el envejecimiento prematuro del mismo [3]. Además, en la mayoría de los terminales ópticos, en caso de una interrupción por en la transmisión óptica, se activa automáticamente un sistema de seguridad que desconecta el láser para evitar un uso inadecuado del mismo, evitando un desgaste anticipado en el diodo.

Regenerador (REG) en el receptor

La salida del amplificador se conecta al regenerador, el cual procesa la señal en amplitud y temporización. La señal del reloj es extraída en la entrada del regenerador y, desde la salida del amplificador, el canal auxiliar es extraído.

Canal auxiliar (OW)

La unidad de canal OW en un terminal óptico, contiene dos circuitos idénticos para cada línea óptica.

La unidad recibe la indicación de falla y la señal de canal de servicio desde el regenerador, envía una señal (256 Kbps) al multiplexor. De la misma manera se envía la señal en la dirección de

transmisión del canal de servicio y la orden de reducción de potencia al regenerador correspondiente.

Decodificador (mB/nB)

En este módulo la señal es decodificada y las violaciones a las reglas del código de línea utilizado, se detectan y se transmiten a la unidad de alarmas (MA).

Interfaz (INT) en RX

En este módulo, la señal es regenerada, amplificada y decodificada para transmitirse por el coaxial como una señal eléctrica de salida (SES).

Localización de averías (MA: módulo de alarmas)

Supervisa las alarmas que pudieran ocurrir en el terminal óptico. Las alarmas son mostradas por medio de leds, displays, alarmas audibles, etc.

En caso de pérdida de señal óptica entrante (SOE) o alta tasa de errores, se indica en el módulo de alarmas y a la lógica de control del diodo láser.

Fuente de alimentación (PW)

Este módulo se encarga de convertir el voltaje de alimentación (-48 V) a un voltaje de alimentación para los circuitos de un terminal óptico.

Por lo general los terminales cuentan con dos fuentes de alimentación llamadas "Convertidores de C.C". En caso de falla en algún convertidor, el otro mantendrá la alimentación al terminal dando una indicación de falla o alarma (led color rojo).

Módulos básicos de un OLTE

Un OLTE (Equipo Terminal de Línea Óptica), es el encargado de convertir la señal de pulsos eléctricos a pulsos lumínicos y viceversa. Un sistema de comunicación en su forma más simple se compone de dos terminales ópticos (OLTE), localizados uno en cada central y enlazados por un par de fibras ópticas. Actualmente se utiliza una fibra para transmisión (Tx) y otra para recepción (Rx).

Un terminal óptico de línea en términos generales, está conformado por cinco partes principales:

1. Módulo interface y transcodificador de código.
2. Transmisor óptico (TxO).
3. Receptor óptico (RxO).
4. Módulo de alarmas.
5. Fuentes de alimentación (convertidores).

A continuación se describe cada uno de los bloques básicos que forman un equipo terminal de línea (OLTE):

Módulo interface y transcodificador de código. Amplifica la señal en amplitud y, en algunos casos, cambia el código CMI a otro código de mayor definición por ejemplo el código 5B/6B para transmitirse hacia la fibra óptica.

Transmisor óptico (TxO). Convierte la señal eléctrica en señal óptica para transmitirse a la fibra, su componente principal es un diodo electro luminiscente o diodo láser. En emisores ópticos para una velocidad de 140 Mbps y de más alta jerarquía (segundo, tercer cuarto y quinto orden) se emplea el diodo láser por su rápida velocidad de conmutación y menos ancho espectral, indicadores que reducen las pérdidas por dispersión.

Receptor Óptico (RxO). Convierte la señal óptica procedente de la fibra (monomodo o multimodo) a una señal eléctrica. Su componente principal es un fotodetector o fotodiodo. Los terminales ópticos utilizan regularmente fotodiodos tipo PIN y APD.

Módulo de alarmas (MA). A este subsistema le llega la información de las alarmas que indican una falla en la transmisión, recepción o en la calidad de la señal. Generalmente se reciben mensajes AIS (Señales Indicadoras de Alarma que son una cadena de 512 unos o estados lógicos altos). El módulo procesa esta información y los presenta en forma de anuncios luminiscentes, en una pantalla de control, computadora personal, equipo de supervisión, por medio de bucles con cierre de contactos, etc., lo que depende del fabricante.

Fuentes de alimentación o convertidores (PWR). Estas unidades convierten la tensión de batería localizada en las centrales de conmutación, de larga distancia o centros de distribución en tensiones que se utilizan para alimentar los distintos módulos o tarjetas y que integran al terminal óptico de línea (OLTE) [1].

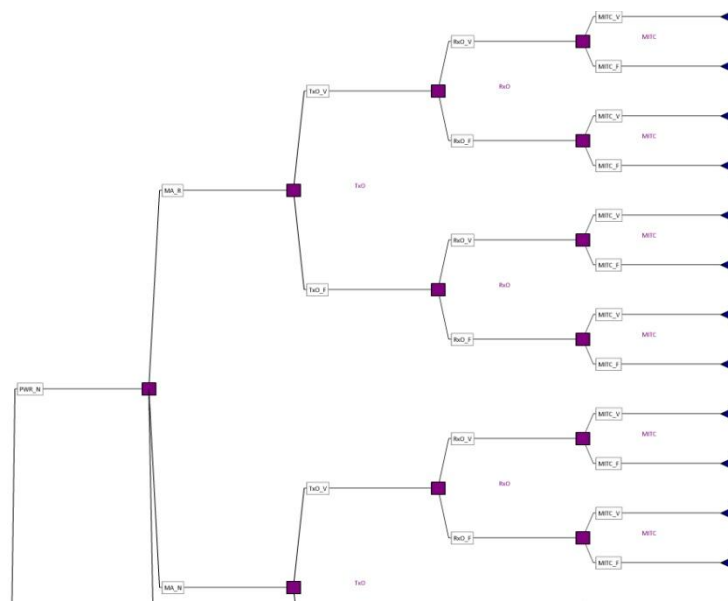


FIGURA 3. SECCIÓN DEL ÁRBOL MOSTRANDO LA DISTRIBUCIÓN DE VARIABLES

Inferencia bayesiana y el OLTE

Los modelos probabilistas se basan en la teoría de la probabilidad y por supuesto las probabilidades se utilizan para modelar nuestras creencias del mundo real sobre los posibles valores que pueden tomar los hechos del caso de estudio en cuestión, en nuestro caso el comportamiento o disponibilidad del OLTE de 140 Mbps. Cada hecho relativo tendrá una distribución de probabilidad y ésta nos permitirá el entendimiento, aceptación o rechazo de la hipótesis culminando en una toma de decisiones. Por lo anterior, la comprensión de los fenómenos probabilísticos es una etapa fundamental en el estudio de la IA (inteligencia artificial) toda vez que

nos permite la abstracción y aplicación de teoremas para la anticipación de resultados del fenómeno en cuestión. Refiérase a la figura 3 que nos muestra un árbol para detectar las cinco variables a considerar en el análisis probabilístico del OLTE (PWR, MA, TxO, RxO y MITC).

Razonamiento con incertidumbre

MITC	RxO	TxO	MA	PWR	OLTE
v	Verdadero	Verdadero	Naranja	Naranja	si
v	Verdadero	Falso	Naranja	Rojo	si
v	Verdadero	Falso	Amarillo	Naranja	si
v	Verdadero	Verdadero	Naranja	Naranja	si
f	Verdadero	Verdadero	Amarillo	Naranja	si
v	Falso	Falso	Naranja	Rojo	No
v	Falso	Falso	Amarillo	Rojo	No
v	Verdadero	Falso	Amarillo	Rojo	No
v	Verdadero	Falso	Amarillo	Rojo	No
v	Falso	Verdadero	Naranja	Naranja	No
v	Verdadero	Verdadero	Naranja	Naranja	No
v	Falso	Falso	Rojo	Naranja	No
f	Falso	Verdadero	Rojo	Naranja	No
v	Verdadero	Verdadero	Rojo	Naranja	No
v	Verdadero	Verdadero	Rojo	Naranja	No
f	Verdadero	Verdadero	Rojo	Naranja	No
v	Verdadero	Verdadero	Rojo	Naranja	No
v	Falso	Verdadero	Rojo	Naranja	No
v	Falso	Verdadero	Rojo	Naranja	No
v	Verdadero	Verdadero	Rojo	Naranja	No
v	Verdadero	Falso	Amarillo	Naranja	No
v	Verdadero	Falso	Amarillo	Naranja	No

Tabla de probabilidades conjuntas

Numero de casos de cada valor

OLTE	si	No
PWR	4	4
MA	4	4
TxO	4	4
RxO	4	4
MITC	4	4

TABLA I. CONTEO DEL RAZONAMIENTO CON INCERTIDUMBRE DEL OLTE

Siendo que las probabilidades de un hecho podrán ser alteradas por nuestras creencias previas (condicionantes) y aplicadas en otros casos que estén relacionados (y, en realidad se podrán validar los modelos en otros casos de estudio diametralmente ajenos), esto nos da el espectro del entendimiento y el acopio de posibilidades ante un hecho supuestamente aislado o sin relación con otras variables, tal es el caso de la relación del OLTE con respecto a las cinco variables listadas en la tabla 1.

Para complementar lo anterior considere que la llamada escuela bayesiana o subjetivista supone al estudio de la probabilidad como una medida de carácter subjetiva en la ocurrencia de un evento o caso (por ejemplo falla en el OLTE con respecto a una alarma). De tal modo las llamadas probabilidades bayesianas se definen como probabilidades condicionales, es decir, aquellas que se gestan a raíz de otras variables (figura 3) que ya han tenido efecto, para concebir lo anterior requerimos del planteamiento de trazos lógicos perfectamente definidos, integrados e interrelacionados, lo que llamamos inferencia. El objeto de estudio (OLTE en nuestro caso) nos genera la interdependencia de variables estrictamente prácticas en el funcionamiento del terminal óptico, mismas que por ponderación se listan en el orden: PWR, MA, TxO, RxO y MITC (variables primarias). Antes de iniciar la comprensión de la inferencia en el OLTE, debemos considerar que en el estudio probabilístico se tienen fundamentalmente cuatro axiomas:

- La probabilidad de un suceso determinado es un número que debe ser igual o mayor que cero pero jamás negativo.
- El evento o suceso cien por ciento seguro y es igual a 1.
- La unión probabilística de dos sucesos incompatibles, será la suma de sus probabilidades individuales.
- El axioma de las probabilidades condicionales.

Partiendo de la probabilidad condicional:

$$P(A | B) = P(A \cap B) / P(B)$$

Se establece el teorema de Bayes:

$$P(B | A) = P(B) P(A | B) / P(A), \text{ dado } P(A) > 0$$

datos del OLTE. Esta dificultad ha sido estudiada por Kanehmann y Tversky [6], que analizaron los sesgos que se producen en los sujetos en la estimación subjetiva de las probabilidades de un caso de estudio.

	a priori						Total de la rama
	OLTE	PWR	MA	TxO	RxO	MITC	
P(OLTE=S PWR=N,MA=R,TxO=V, RxO=V, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.4	0.73	0.8666666	0.6666667	0.04708217
P(OLTE=S PWR=N,MA=R,TxO=V, RxO=V, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.4	0.73	0.8666666	0.3333333	0.02354108
P(OLTE=S PWR=N,MA=R,TxO=V, RxO=F, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.4	0.73	0.13	0.6666667	0.00706233
P(OLTE=S PWR=N,MA=R,TxO=V, RxO=F, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.4	0.73	0.13	0.3333333	0.00353116
P(OLTE=S PWR=N,MA=R,TxO=F, RxO=V, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.4	0.26	0.8666666	0.6666667	0.01676899
P(OLTE=S PWR=N,MA=R,TxO=F, RxO=V, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.4	0.26	0.8666666	0.3333333	0.0083845
P(OLTE=S PWR=N,MA=R,TxO=F, RxO=F, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.4	0.26	0.13	0.6666667	0.00251535
P(OLTE=S PWR=N,MA=R,TxO=F, RxO=F, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.4	0.26	0.13	0.3333333	0.00125767
P(OLTE=S PWR=N,MA=N,TxO=V, RxO=V, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.3333333	0.73	0.8666666	0.6666667	0.03923514
P(OLTE=S PWR=N,MA=N,TxO=V, RxO=V, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.3333333	0.73	0.8666666	0.3333333	0.01961757
P(OLTE=S PWR=N,MA=N,TxO=V, RxO=F, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.3333333	0.73	0.13	0.6666667	0.00588527
P(OLTE=S PWR=N,MA=N,TxO=V, RxO=F, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.3333333	0.73	0.13	0.3333333	0.00294264
P(OLTE=S PWR=N,MA=N,TxO=F, RxO=V, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.3333333	0.26	0.8666666	0.6666667	0.01397416
P(OLTE=S PWR=N,MA=N,TxO=F, RxO=V, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.3333333	0.26	0.8666666	0.3333333	0.00698708
P(OLTE=S PWR=N,MA=N,TxO=F, RxO=F, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.3333333	0.26	0.13	0.6666667	0.00209612
P(OLTE=S PWR=N,MA=N,TxO=F, RxO=F, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.3333333	0.26	0.13	0.3333333	0.00104806
P(OLTE=S PWR=N,MA=A,TxO=V, RxO=V, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.2666667	0.73	0.8666666	0.6666667	0.03138812
P(OLTE=S PWR=N,MA=A,TxO=V, RxO=V, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.2666667	0.73	0.8666666	0.3333333	0.01569406
P(OLTE=S PWR=N,MA=A,TxO=V, RxO=F, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.2666667	0.73	0.13	0.6666667	0.00470822
P(OLTE=S PWR=N,MA=A,TxO=V, RxO=F, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.2666667	0.73	0.13	0.3333333	0.00235411
P(OLTE=S PWR=N,MA=A,TxO=F, RxO=V, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.2666667	0.26	0.8666666	0.6666667	0.01117933
P(OLTE=S PWR=N,MA=A,TxO=F, RxO=V, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.2666667	0.26	0.8666666	0.3333333	0.00558966
P(OLTE=S PWR=N,MA=A,TxO=F, RxO=F, MITC=V) ~	0.3488372	0.8	0.2666667	0.26	0.13	0.6666667	0.00167679
P(OLTE=S PWR=N,MA=A,TxO=F, RxO=F, MITC=F) ~	0.3488372	0.8	0.2666667	0.26	0.13	0.3333333	0.00083845

TABLA IV. PROBABILIDADES DEL NAÏVE BAYES (BAYESIANO SIMPLE)

Anglismos y siglas

ByB: back to back.

TxO: transmisor óptico.

RxO: receptor óptico.

PIN: diodo pin.

APD: diodo avalancha

HDB-3: Alta densidad bipolar con un máximo de tres ceros consecutivos.

CMI: Inversión de Marcas Codificadas

SOE: señal óptica entrante.

SOS: señal óptica saliente.

CC: corriente continua

5. Referencias

- [1] Intelmex, *140 Mb/s Line Terminating Magazine*, Ericsson. Vol 27, pp 2-1, 8-2. Enero, 1990. México.
- [2] Giarratano Joseph, *Riley Gary*. *Sistemas expertos. Principios y programación*, pp 98-158, 3ra edición, Ciencias e Ingeniería.
- [3] Herrera Pérez, Enrique. *Introducción a las Telecomunicaciones Digitales*. 4 Reimpresión 2003, México: LIMUSA Noriega Editores. 410 pags.
- [4] Carlson, A.; Crilly, Paul B and Rutledge, Janet C. *Sistemas de Comunicación*. 2007, México: Mc Graw Hill 859 pags.
- [5] McNurlin, B. and R.J. Sprague. *Information Systems Management in Practice*. 2a. ed. Vol. I. 2004, New York: Prentice Hall. 365 pags.
- [6] Kanemann y Tversky. *La ciencia de tomar decisiones*. 15 pags.
- [7] G. Arroyo Figueroa. *Razonamiento Probabilístico con Nodos Temporales y su Aplicación al Diagnóstico y Predicción de Eventos*. Tesis doctoral, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Cuernavaca, México, 1999.
- [8] D. G. Brobrow y T. Winograd. An overview of KRL, *a Knowledge Representation Language*. *Cognitive Science*, 1:3–46, 1977
- [9] J. G. Réding Domínguez. *Simulación de un enlace PCM*, Tesis de Maestría, México: Universidad Autónoma del Carmen, 2003.

UTILIZACIÓN DEL PROTOCOLO TCP/IP EN COMUNICACIONES DEL SISTEMA RADAR MONOPULSO RSM970S

Roberto Liquidano Rodríguez, Andrea Olimpia Nájera Ávila

Instituto Tecnológico de Toluca
(Av. Tecnológico s/n. Ex-Rancho la Virgen. Metepec, Edo. de México, México C.P. 52140
Tel: 722-2087200)

Andrés Villanueva Picasso

{liquihard@yahoo.com.mx, andy_najera@hotmail.com, avp_1987_02nov@hotmail.com}

RESUMEN

En este artículo se presentan la utilización del protocolo TCP/IP en una red LAN del Sistema Radar Monopulso RSM970S, que es un sistema utilizado para el control de tráfico aéreo, se basa en mandar una serie de datos modulados a una frecuencia de 1030 Mhz y logra que la aeronave responda con otra serie de datos modulados a 1090 Mhz, donde dichos datos le sirven al controlador de tráfico aéreo para identificar el tipo de aeronave que se trata, su altura y velocidad que presentan en cierto momento.

La LAN del sistema utiliza los tipos TCP y UDP para distribuir información a través de la red, centrándose en este último para la interpretación de la información generada por el equipo llamado "Procesador de Datos" que forma parte del Sistema Radar y formar el protocolo AIRCAT500 utilizada para la comunicación serie sincronía que lleva los datos radar de las aeronaves vía MODEM y Radio Enlace al centro de visualización radar donde son utilizados por personal especializado para controlar el tráfico aéreo.

ABSTRACT

This article presents the use of the TCP/IP protocol in a LAN red of the RSM970S Mono-Pulse Radar system, which is a system used for certificate the traffic control based on sending a series of data modulated at a frequency of 1030 Mhz and that manages the aircraft responds with another series of data modulated to 1090 Mhz where these data serve to the air traffic controller to identify the kind of aircraft that is, its height and speed present at one time.

LAN system uses the types TCP and UDP to distribute information over the network, focusing on the latter for the interpretation of the information generated by the team called "Data processor" that is part of the Radar system and form the protocol used for communication AIRCAT500 series synchrony that trasmit data radar aircraft via MODEM and Radio link to the visualization Center radar where are used by staff to control the air traffic.

INTRODUCCIÓN

Existen en los equipos del Sistema RSM970S diferentes tipos de comunicación entre los mismos, y estos son: comunicación serie síncrona, asíncrona y de red LAN Ethernet, utilizados para su monitoreo y control.

Los equipos que forman parte del Sistema Radar utilizan procesadores dedicados a una función específica, no poseen salida de video como el caso de computadoras personales. El uso común al

utilizar las redes LAN es lograr la comunicación entre computadoras personales en el intercambio de archivos, bases de datos cliente – servidor, base de datos distribuidas, conexiones a Internet con una sola línea telefónica, etc.

Aquí se expondrá la utilización de la red LAN en forma diferente, recurriendo únicamente las cuatro capas inferiores de la torre del modelo TCP/IP (1. Físico, 2. Enlace, 3. Red, 4. Transporte, 5. Aplicación) para lograr el intercambio de información entre los equipos del Sistema. TCP/IP por sus siglas en inglés "Transfer Control Protocol/Internet Protocol" el cual es un conjunto de normas de transporte de lenguaje establecido y definido para la Red de Redes "Internet" e incorporado por otras redes.

TCP/IP es un protocolo de transmisión de paquetes, llamados datagramas, que constituyen las unidades fundamentales en una comunicación en Internet. Cuando un ordenador quiere mandar a otro un fichero de datos, lo primero que hace es partirlo en trozos pequeños (alrededor de unos 4 Kb) y posteriormente enviar cada trozo por separado. Cada paquete de información contiene la dirección en la Red donde ha de llegar, y también la dirección de remite, por si hay que recibir respuesta. Los paquetes viajan por la Red de forma independiente. Como entre dos puntos de la Red suele haber muchos caminos posibles, cada paquete escoge el que en ese momento es óptimo, dependiendo de factores como saturación de las rutas o atascos[4].

Esto permite que Internet sea una red estable, ya que, por su propia dimensión y complejidad, existen cientos de vías alternativas para un destino concreto, por lo que, aunque fallen ordenadores intermediarios o no funcionen correctamente algunos canales de información, prácticamente, siempre existe comunicación entre dos puntos de la Red (Origen y Destino). Si esto ocurre, siempre queda abierta la posibilidad de volver a solicitar el paquete perdido, y completar la información sin necesidad de volver a transferir todo el conjunto de datos.

Existe otro modelo conocido como modelo OSI. La Organización de Estandarización Internacional (I.S.O.) desarrolló un modelo de referencia para las arquitecturas de sistemas, que le llamó O.S.I. (Interconexión de Sistemas Abiertos) y consta de una estructura de 7 capas (Físico, Enlace, Red, Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación), que es similar al TCP/IP pero tiene dos niveles más.

Procesos del modelo TCP/IP:

La primera capa es la capa de control de interconexión física. Se especifica como enviar los datos por medio del cable, fibra óptica, infrarrojos...y de esto se encarga el hardware de la tarjeta.

La segunda Capa, llamada "de enlace", especifica la máquina de origen y destino utilizando la dirección fija que tiene toda tarjeta de red. Ejemplos de este nivel son Ethernet, Token Ring, FDDI, etc.

La tercera Capa, "de red", sirve principalmente para determinar la máquina destino que recibirá el paquete, la máquina origen, la longitud del paquete, etc. En el caso de Internet, en este nivel está el protocolo IP.

Cuarta Capa, "de control de transporte", conocido como el nivel 4, aquí se encuentran los diferentes protocolos, pero los más utilizados son TCP y UDP, que contienen información sobre los puertos origen y destino, así como otra información para controlar que no se reciban paquetes duplicados, que los datos que se envían han llegado (checksums) para evitar posibles errores en la transmisión, proporciona el control entre dos nodos de usuario a través de la red, llevando en "memoria" dos direcciones: el destino final y el destino inmediato. En cada nodo intermedio, es necesario tomar la dirección correcta y seleccionar la ruta más corta al nodo inmediato para llegar al destino final.

Quinta Capa, de aplicación. Todas las otras capas existen en función de brindar soporte a ésta. Una aplicación se compone de procesos cooperantes que se comunican mediante el uso de protocolos definidos en esta capa. Estos procesos de aplicación son la fuente y “el último destino”, se le dice así por todos los servidores (equipos) que tiene que pasar antes de llegar a su dirección final de los datos intercambiados. Aquí se encapsula la información como tipo de información que se está transmitiendo, su longitud, etc. Ejemplos de este nivel están los protocolos http, ftp, irc, telnet, etc[4].

METODOLOGÍA

El protocolo TCP/IP debería llamarse en realidad TCP/UDP/IP, ya que incluye el protocolo de datagramas de usuario (UDP), que es una alternativa del protocolo de control de transmisión TCP. Todos los protocolos de transmisión basados en el protocolo de internet (IP) almacenan sus propias cabeceras y datos dentro del bloque de datos IP.

El protocolo de control de transferencia TCP, le permite crear y mantener una conexión con un equipo remoto. Mediante la conexión, ambos equipos pueden intercambiar datos entre sí [3].

UDP es un protocolo sin conexiones que se basa en el intercambio de datagramas. A diferencia de las operaciones TCP, los equipos no establecen una conexión. UDP no permite la numeración de los datagramas, este protocolo se utiliza principalmente cuando el orden en que se reciben los mismos no es un factor fundamental. Permite que el envío de datagramas a través de la red sea sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Representa el nivel de servicio mínimo que utilizan muchos sistemas de aplicación basados en transacciones. Es muy útil en los casos en los que no son necesarios los servicios de TCP [4].

El módulo UDP es un fino recubrimiento a la capa IP que cumple las funciones equivalentes al nivel OSI de Transporte de datagramas. Proporciona un servicio sin conexión y, por ello, de baja fiabilidad. No se garantiza la entrega de los datagramas, ni su llegada en orden o no duplicación.

Los servicios que requieran un sistema de transporte fiable deben emplear el TCP o algún esquema similar, como la familia de protocolos TPx de OSI.

El inconveniente de usar UDP es que no hay confirmación de recepción ni de haber recibido los datagramas en el orden adecuado, debiendo ser la aplicación la que se encargue de controlarlo. Al igual que los protocolos TCP, utiliza puertos y sockets y, también permite la multiplexación.

El protocolo de datagramas de usuario (UDP) puede ser la alternativa al TCP en algunos casos en los que no sea necesario el gran nivel de complejidad proporcionado por el TCP. Puesto que UDP no admite numeración de los datagramas, éste protocolo se utiliza principalmente cuando el orden en que se reciben los mismos no es un factor fundamental, o también cuando se quiere enviar información de poco tamaño que cabe en un único datagrama.

Cuando se utiliza UDP la garantía de que un paquete llegue a su destino es mucho menor que con TCP debido a que no se utilizan las señales de confirmación. Por todas estas características la cabecera del UDP es bastante menor en tamaño que la de TCP. Esta simplificación resulta en una mayor eficiencia en determinadas ocasiones. Un ejemplo típico de una situación en la que se utiliza el UDP es cuando se pretende conectar con un ordenador de la red, utilizando para ello el nombre del sistema. Este nombre tendrá que ser convertido a la dirección IP que le corresponde y, por tanto, tendrá que ser enviado a algún servidor que posea la base de datos necesaria para efectuar la conversión. En este caso es mucho más conveniente el uso de UDP. A pesar de todo existen servicios perfectamente válidos en un entorno de funcionamiento poco fiable y, por otra parte, en una red local -por ejemplo- la sobrecarga asociada a un protocolo más seguro puede

resultar inaceptable. La calidad de servicio intrínseca es ya lo bastante elevada. Las características de este módulo son:

- a) Transmisión y recepción de datagramas aislados, sin el concepto de conexión.
- b) Servicio no fiable: posibles pérdidas, duplicaciones y llegada desordenada de datagramas.
- c) Posibilidad de esperar la recepción de datagramas dirigidos a ciertos canales específicos, denominados "puertos".

Estos sistemas proporcionan una funcionalidad básica en el mundo Internet. Su principal tarea consiste en efectuar la traducción entre una dirección simbólica y su dirección IP correspondiente. También son utilizados masivamente para el encaminamiento del correo electrónico. Para que la red en su conjunto ofrezca una imagen homogénea y coherente es necesario que las diferentes pasarelas dispongan de información actualizada sobre su topología. Esto se consigue mediante el intercambio de información de encaminamiento entre los diferentes sistemas, vía los servicios UDP y TCP.

Como ejemplo de uso del protocolo UDP nos referiremos a los datos que son entregados en un Sistema Radar Monopulso (se le conoce como monopulso debido a que el sistema será capaz de tener toda la información de un tráfico contenida en un solo pulso recibido por parte de la aeronave) en una red LAN. La información recibida por parte de los aviones llegan al equipo receptor y de ahí es encaminada hacia los RPC (Correlacionador Procesador de Respuestas) que genera los plots (se conoce como plot a el paquete que lleva la información de un tráfico aéreo representado su rango y azimuth en coordenadas polares) que liberados por el extractor Secundario del RPC llegan al el equipo DP (Procesador Radar) que tiene la función de tratamiento (traqueo) que con la información concerniente a los plots se generan los tracks cuya representación es en coordenadas cartesianas, ambas informaciones de plots y tracks son difundidas por el DP hacia las unidades micro líneas y hacia la red LAN donde son distribuidos a diferentes equipos para realizar sus respectivas funciones en base a la información recibida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las unidades micro líneas. Son usadas en el sistema para transferencia de datos entre el DP y el Sistema de Visualización Radar vía Modems o Radio Enlace. La función de las micro líneas es la de tomar la información proporcionada por el DP en protocolo Ethernet y generar en base a él, datos de información serie sincronía, llamado protocolo AIRCAT500.

El formato aircat500 se utiliza para definir los mensajes transmitidos por los distintos procesadores de datos desarrollados por Thomson-CSF para el control de tránsito aéreo. Red del Área Local. Como no existe información en la documentación técnica de los equipos sobre el flujo de datos que se intercambia en la red LAN entre los diversos componentes del sistema, se utilizó un software monitreador de redes llamado "Agilent Advisor LAN" para poder detectar los tipos de protocolos que se presentan en la comunicación.

En la tabla I se muestran los resultados de los tipos de protocolos, direcciones fuente y destino, puerto fuente y destino que se encuentran en la red LAN del Sistema Radar. En la tabla II se especifican los nombres de equipos y módulos de los equipos relacionados con sus direcciones asignadas. Para el análisis nos interesa los DP y el equipo IRIS (Indicador de Sistema de Información Radar) que es una computadora que presenta varias funciones y una de ellas es la de la presentación gráfica del tráfico aéreo, quien toma los datos proporcionados por el DP que se encuentre en operación [1]. Con el software monitreador de redes se obtuvo información concerniente a un tráfico aéreo mostrada en la figura 1.

Record #6 (From Hub To Node) Captured on 06.25.02 at 10:21:31.266638800 Length = 146
 00 00 f8 76 2e 99 00 10 cd 02 0a d0 08 00 45 00 ...v....E.
 00 80 7c 0e 00 00 3c 06 66 cd cc 64 01 c9 cc 64 ..|...<. f..d..d
 01 0b 17 b7 4e 37 30 39 4b 9e 51 f7 57 66 50 18N709 K.Q.WfP.
 20 00 fa e8 00 00 fe dc ba 97 00 00 00 00 00 00
 00 0b 00 00 00 00 05 8e b4 00 00 00 00 00
 00 3c 00 1e 03 4d 5d e8 0c 40 fd 18 ff 14 80 04 .<...M]. @....p
 05 1e 03 6e ef 4c 1e 01 12 2f 33 30 14 78 00 00e'. 30.x...t
 00 00 52 41 44 41 52 5f 30 36 5f 31 00 00 00 00 ..RADAR_06_1....
 00 01 5f 31 00 00 02 00 0b 00 1e 00 02 11 69 .._1.....i88b7

Figura 1. Datos enviados por el DP

Tabla I Resultados del programa “Aglient Advisor”

Frame	Long	Fuente	Destino	Protocolo	Puerto Fuente	Puerto Destino
1	78	192.2.2.33	192.1.1.20	ETHER UDP	U22148	U21282
2	78	192.4.2.37	192.1.1.20	ETHER UDP	U22404	U21284
3	198	192.4.2.37	192.2.1.33	ETHER UDP	U22388	U22132
4	198	192.2.2.33	192.4.1.37	ETHER UDP	U22132	U22388
5	78	192.1.1.4	192.1.1.48	ETHER TCP	T40296	T23072
6	78	192.1.1.4	192.2.2.33	ETHER TCP	T40258	T22228
7	98	192.1.1.4	192.4.2.37	ETHER TCP	T40278	T22492
8	570	192.4.2.37	192.1.1.4	ETHER TCP	T22492	T40278
9	98	192.1.1.4	192.1.1.56	ETHER TCP	T40300	T23584
10	546	192.4.2.37	192.1.1.4	ETHER TCP	T22492	T40278
11	1058	192.1.1.56	192.1.1.4	ETHER TCP	T23584	T40300
12	98	192.1.1.4	192.4.2.37	ETHER TCP	T40266	T22484
13	78	192.2.2.33	192.1.1.20	ETHER UDP	U22148	U21282
14	78	192.2.2.33	192.1.1.20	ETHER UDP	U22148	U21282

Tabla II Información de los nombres de equipo y sus direcciones IP

No.	Dirección IP	DSN	Equipo
1	192.4.1.37	POWER_PC_B	DPB
2	192.2.1.33	POWER_PC_A	DPA
7	192.1.1.4	IP_DRU_ETH	DRU 98
10	192.2.2.33	IP_PPC_A_VME	DP A para el DRU
11	192.4.2.37	IP_PPC_B_VME	DP B para el DRU
14	192.1.1.48	RPC_A	RPC_A en LAN C
15	192.1.1.56	IR2000_A	IRC2000_A en LAN C
16	192.1.1.60	IR_2000_B	IRC2000_B en LAN C
17	192.1.1.52	RPC_B	RPC_B en LAN C
18	192.1.1.20	IRIS	Sistema Visualización Radar

Representando esta información en el formato AIRCAT500 quedaría como lo muestra la figura 2.

Los tres primeros bytes son de sincronía indispensables para la comunicación serie síncrona (32 32 32).

El byte 4 es el encabezado (01).

El byte 5 es el tipo de mensaje, en este caso es de selección radar (0C), puede haber de selección de señal norte, selección meteorológico, entre otros.

El byte 6 (40) es el de dirección establecido por Thomson.

El byte 7 (10) es el de escape de datos indica inicio y fin de mensajes.

El byte 8 (02) indica inicio de texto.

El byte 9 (FD) es indicador de fin de sector o bloque.

El byte 10 indica el sector, en este caso es 18h (sector 24 de 32 posibles).

El byte 11 (FF) indica que se trata de información de un track.

El byte 12 (14) indica que son 20 bytes de mensaje.

El byte 13 (80) indica que el mensaje fue generado por el DPA.

El byte 14 (04) es la calidad del track.

Los byte 15 y 16 (05 1E) indican características del track, para este caso es un track sin pérdidas, real, con una maniobra detectada y el número de track es 11Eh (286).

Con los bytes 17 y 18 (03 6E) se obtiene la posición en el eje X para la visualización, en este caso es 878; $878 \times 1/32 = 27.4$ Millas Náuticas (máximo para X y Y 2000h = +256 Millas Náuticas).

Con los bytes 19 y 20 (EF 4C) se obtiene la posición en el eje Y para la visualización, en este caso es -4276 (complemento a 2); $-4276 \times 1/32$ Millas Náuticas = -133.6 Millas Náuticas (mínimo para X y Y es E000h = -256 Millas Náuticas).

Con los bytes 21 y 22 (1E 01) son las Componentes cartesianas DX y DY del vector de la posición posible en la siguiente vuelta de antena con respecto a la presente posición del track. LSB = 1/32 Millas Náuticas para México; el valor máximo para DX y DY = $7F_{16} = +4$ MN; el valor mínimo para DX y DY = $81_{16} = -4$ Millas Náuticas; 1EH = 30; $30 \times 1/32$ Millas Náuticas = 0.94 MN para DX y 01H = 1; $1 \times 1/32$ Millas Náuticas = 0.03 Millas Náuticas para DY.

Con los bytes 23 y 24 (12 2F) se obtienen los códigos A y C: 122FH = 0 001 001 000 101 111 binario. Agrupando se obtiene que C = 0; el modo de acuerdo a la tabla de modos es = 001= A; y el código es A = 001, B = 000, C = 101 y D = 111; es decir se trata del código transponder 1057, ver tabla III, los códigos están en binario natural en 4 dígitos de 3 bits (octal).

Tabla III Los diferentes modos presentes en el radar

M2	M1	M0	CÓDIGO SSR
0	0	0	Sin respuesta
0	0	1	modo 3/A
0	1	0	modo B

0	1	1	modo C
1	0	0	modo D
1	0	1	modo 1
1	1	0	modo 2
1	1	1	no usado

Los bytes 25 y 26 (33 30) es el modo C es codificado en 3 dígitos de 4 bits (BCD) y en cientos de pies. En caso de valores negativos de C el dígito BCD más a la izquierda es F seguido de 2 dígitos BCD teniéndose el valor absoluto en cientos de pies, en este caso se tiene 3330h = 0011 0011 0011 0000 binario. Agrupando se obtiene C = 0; el modo = 011 y según la tabla es modo C; los siguientes 3 dígitos en BCD son 0011 0011 0000, es decir 330 y si multiplicamos por 100 pies tenemos una altitud de 33,000 pies.

Los bytes 27 y 28 (00 00) no se usan y deben estar relleno de ceros.

Los bytes 29 y 30 determinan el módulo de velocidad en 4 dígitos BCD y en Nudos. Máximo valor teórico = 9999 Nudos, Valor de tracking = 2000 Nudos, para este caso se tiene 0339H = 0000 0011 0011 1001 binario y agrupando en BCD tenemos los cuatro dígitos 0 3 3 9 indicando una lectura directa en nudos de 339 Nudos.

Los bytes 31 y 32 (10 03) determinan la secuencia de datos (10) de fin de texto (03).

Los bytes 33 y 34 los dos bytes localizados al final del mensaje son el RESTO de la división poli nominal de una parte del mensaje considerado para la prueba entre el polinomio patrón, el cuál es: $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. El cálculo del CRC comienza después del byte 4 (01) y considera el par de bytes 7 y 8 (10 02) y termina al detectar el par de bytes 31 y 32 (10 03) en donde el byte 31 (10) que precede a byte 32 (03) no es tomado en cuenta [2].

CONCLUSIONES

En base a la información proporcionada por monitreador de redes Agilent, se observó que los protocolos de transmisión usados en la LAN del Sistema Radar son:

- TCP/IP para la comunicación de los equipos con el DRU (Unidad de Reagrupamiento de Datos)
- UDP para comunicación entre los equipos A y los equipos B y cada DP con su respectivo Extractor Secundario.

De la figura 1, se observa que a partir del byte 89 (0c) y que corresponde con el byte 5 del formato AIRCAT500 de thomson son idénticos, concluyendo que dicho formato toma los datos que se generan en la red LAN del Sistema Radar. Se puede crear un formato particular para representar la información de los mensajes radar sabiendo interpretar la información generada por DP que distribuye a través de la red LAN del Sistema Radar RSM970S.

32 32 32 01 0C 40 10 02 FD 0E FF 14 80 04 05 1E 03 6E EF 4C 1E 01 12 2F 33 30 00 00 03
39 10 03 0E 92

Figura 10. Representación de datos radar em formato AIRCAT500

BIBLIOGRAFÍA

1. AIRSYS ATM, Manual Jade México RSM970S Radar, Technical Documentation Monopulse Secondary Radar and Data Processor Book.

2. Ing. Ricardo González Reynoso, Ing. José de Jesús Jiménez Medina, Sistema de Análisis y Visualización de Información Radar y Datos Meteorológicos, Editorial SENEAM, México.
3. David J. Kruglinski, George Shepherd, Scot Wingo, Programación avanzada con Microsoft Visual C++6.0, Editorial Mc Graw Hill
4. Alberto Devesa Soutullo, Revista Mundo Linux "Control Absoluto de tráfico: PACKET SOCKETS", Año IV, Num.33

AVANCES EN EL DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO BASADO EN EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Irving Vladimir Pech Poot, Francisco José Heredia López, Hugo Antonio Ruiz Piña
Facultad DE Matemáticas Y Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi
irving.vladimir@yahoo.com.mx, hlopez@uady.mx, rpina@uady.mx

RESUMEN.

El siguiente trabajo tiene la finalidad de presentar los avances en el desarrollo de un dispositivo de monitoreo diseñado para ser montado en marsupiales como el *Didelphis marsupialis* y *D. virginiana* cuyo papel como reservorio del parásito causante de la enfermedad de Chagas resulta de gran interés. El sistema propuesto está basado en tecnologías como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) y de enlaces de radiofrecuencia.

ABSTRACT.

This work describes a device capable of monitor and record the displacement activity of small animals like the *Didelphis marsupialis* y *D. virginiana*. The device is based on current technologies like the Global Positioning System (GPS) and radiofrequency links.

1 INTRODUCCION.

La enfermedad de Chagas es causada por el parásito *Trypanosoma cruzi*, el cual es transmitido a animales y personas por insectos vectores que son encontrados sólo en el Continente Americano [1]. También se sabe que los mamíferos marsupiales como *Didelphis marsupialis* y *D. Virginiana* son los principales reservorios de este parásito, tal y como se ha demostrado en Yucatán [2]. Por tal motivo, el monitoreo de la actividad de estos animales resulta de interés para los investigadores con el fin de generar conocimiento sobre la ecología de las poblaciones, sus hábitats predominantes y aspectos de su distribución geográfica, para ello se está trabajando en un dispositivo de monitoreo basado en señales GPS y comunicación por radio frecuencia [3] [4].

Cabe mencionar que estos dispositivos son ya bastante comunes no sólo para el monitoreo de vida silvestre [4][5][6][7] si no también para su uso en un contexto empresarial[8][9] e incluso los hay para uso personal[10][11].

1.1 Criterios de diseño.

En entrevista con el Dr. Hugo Ruiz Piña presidente del cuerpo académico de vigilancia ecológica y geográfica de la zoonosis de la península de Yucatán en el Centro de investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi, se plantearon los siguientes requerimientos del dispositivo:

- Ligero (menos de 250 g).
- Localizable a distancias de 2 a 3 Km.
- Capaz de llevar un registro de los desplazamientos del *Didelphis marsupialis* y *D. Virginiana* en intervalos de media hora durante la noche y dos veces al día durante dos o tres semanas.

1.2 Sistema de monitoreo propuesto.

El sistema propuesto (figura 1) consiste en tres módulos. El primer modulo (Módulo GPS) obtiene la ubicación geográfica (latitud y longitud) del animal por medio del sistema de posicionamiento global, almacena los datos en una memoria no volátil y transmite los datos a petición de una estación base por medio de señales de radiofrecuencia, de tal manera que no se requiera el contacto directo con el animal a menos que sea necesario. Así mismo el módulo transmitirá información sobre el estado de carga de la batería del dispositivo. El segundo módulo (Módulo Base) será una estación base que se encargará primero de detectar la cercanía del módulo GPS y luego extraerá la información almacenada en su memoria para

desplegar los datos en una PC. El último módulo consiste en un cargador de baterías de Li-ion.

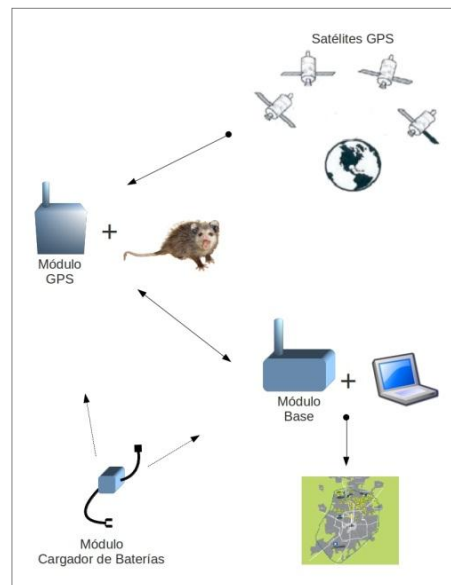


Figura 1. Esquema de funcionamiento del sistema de monitoreo propuesto.

2 AVANCES EN EL DISEÑO DEL MODULO BASE.

2.1 Diseño eléctrico.

El diagrama eléctrico actualizado del Módulo Base se aprecia en la figura 2.

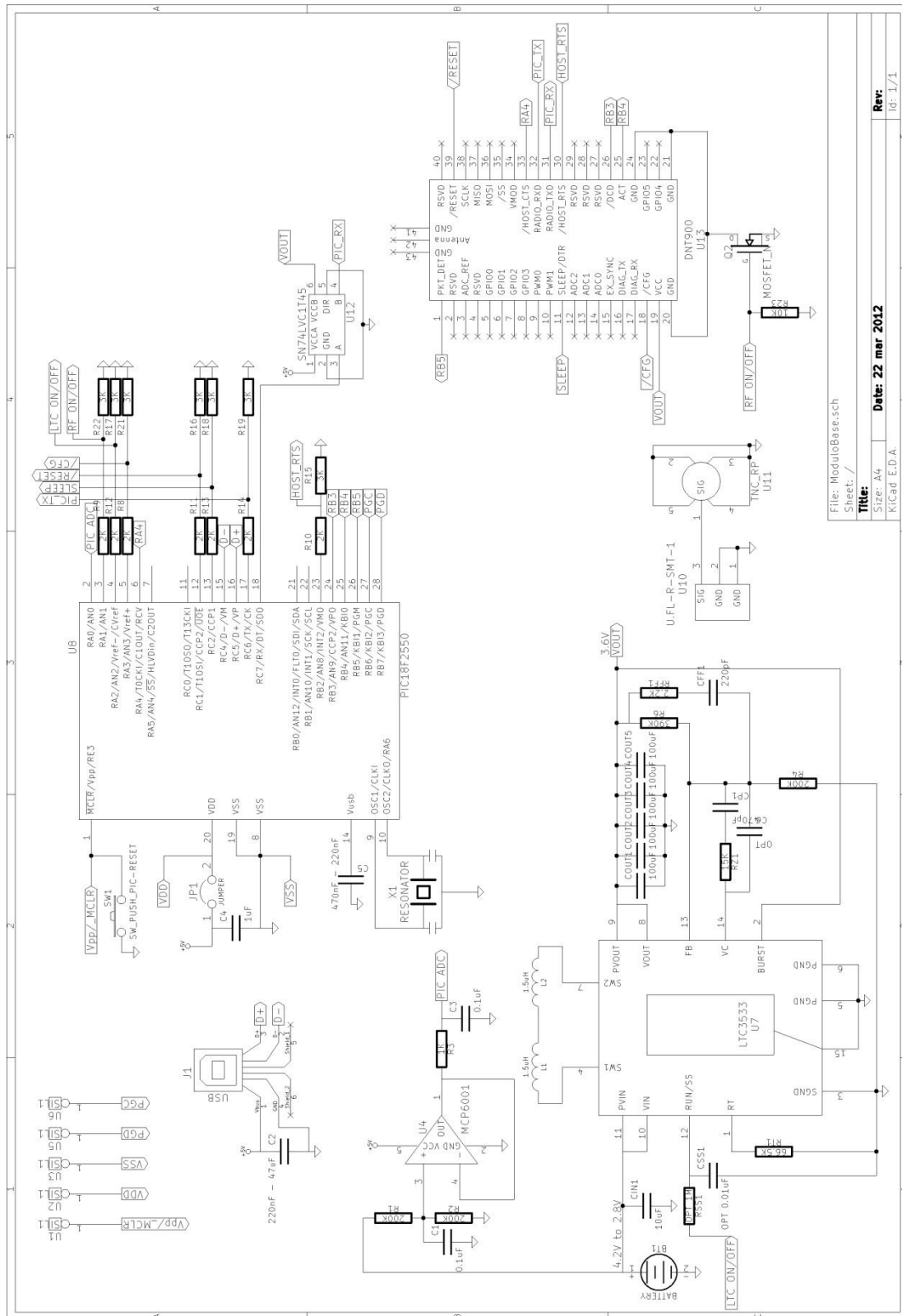
A continuación se enlistan algunas consideraciones importantes:

- Dado que el microcontrolador (PIC18F2550) está alimentado por +5V del bus USB, entonces el puerto RC7/RX configurado como entrada digital es un buffer con un alto lógico de +4V. Por otra parte el módulo de radiofrecuencia (DNT900) opera con señales TTL de +3.3V, por lo que fue necesario incorporar un cambiador de nivel lógico (SN74LVC1T45) en el puerto mencionado. Las demás señales lógicas provenientes del módulo RF hacia el micro fueron reubicadas en los puertos RB y RA que cuentan con buffers de entrada TTL.
- Se programó el voltaje de salida del convertidor DC-DC (LTC3533) a +3.6V y se incrementó el capacitor de salida respecto al propuesto por el fabricante [12] de 100uF a 500uF para reducir el voltaje de rizo.

2.2 Placa de circuitos impresos y Convertidor síncrono buck-boost de alta eficiencia.

Se realizó el diseño y se elaboró la placa de circuitos impresos. El Módulo Base está diseñado para ser utilizado por el usuario del sistema de monitoreo y estar conectado a una PC por medio del puerto USB. Por tal motivo las dimensiones de este módulo (10.2 x 9.5 cm, figura 3) no son tan críticas como lo son para el Módulo GPS que requiere un diseño compacto y ligero.

Una parte esencial del diseño eléctrico es la fuente de alimentación de bajo ruido para el módulo de radiofrecuencia. Tal y como lo indican las especificaciones eléctricas de este módulo [13] se requiere de un voltaje de alimentación entre +3.3 y +5V de DC a una corriente de 1.2A pico con un voltaje de rizo máximo de 10mVpp. La figura 4 muestra el convertidor DC-DC montado en la placa de circuitos y el patrón de vias por debajo de él. La finalidad de la utilización de vias en el pad (figura 5) del IC es disipar el exceso de calor [14][14][16][17] generado por el convertidor en los tiempos de mayor consumo de corriente. La figura 6 muestra que el voltaje de rizo del convertidor (8.60mV) se encuentra dentro del rango de tolerancia.



File: ModulBase.sch
 Sheet: /
Title: Deter: 22 mar 2012
 Size: A4
 KICad E.D.A. id: 1/1

Figura 2: Esquema eléctrico del Módulo Base.

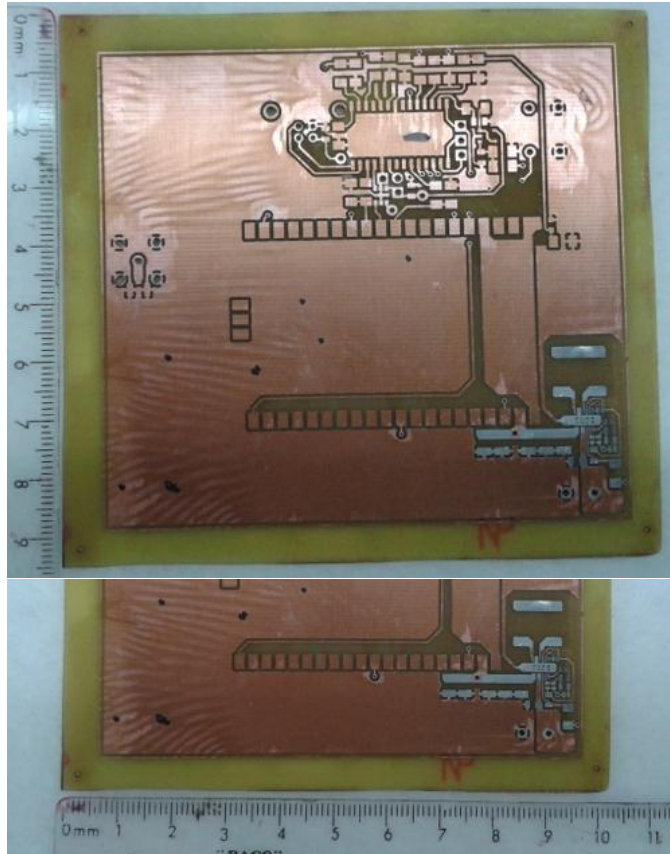


Figura 3: Dimensiones del Módulo Base: 10.2cm de largo por 9.5cm de alto

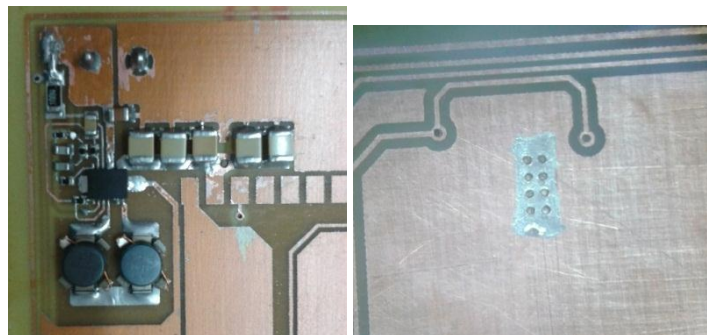


Figura 4: Convertidor DC-DC montado en la placa de circuitos y el patrón de vias por debajo de él

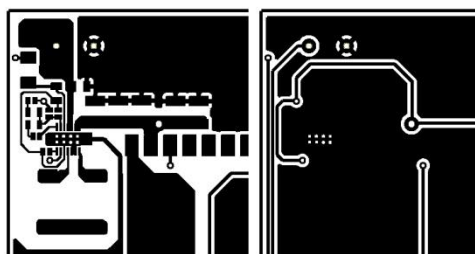


Figura 5. Patrón de vias en el pad del convertidor DC-DC.

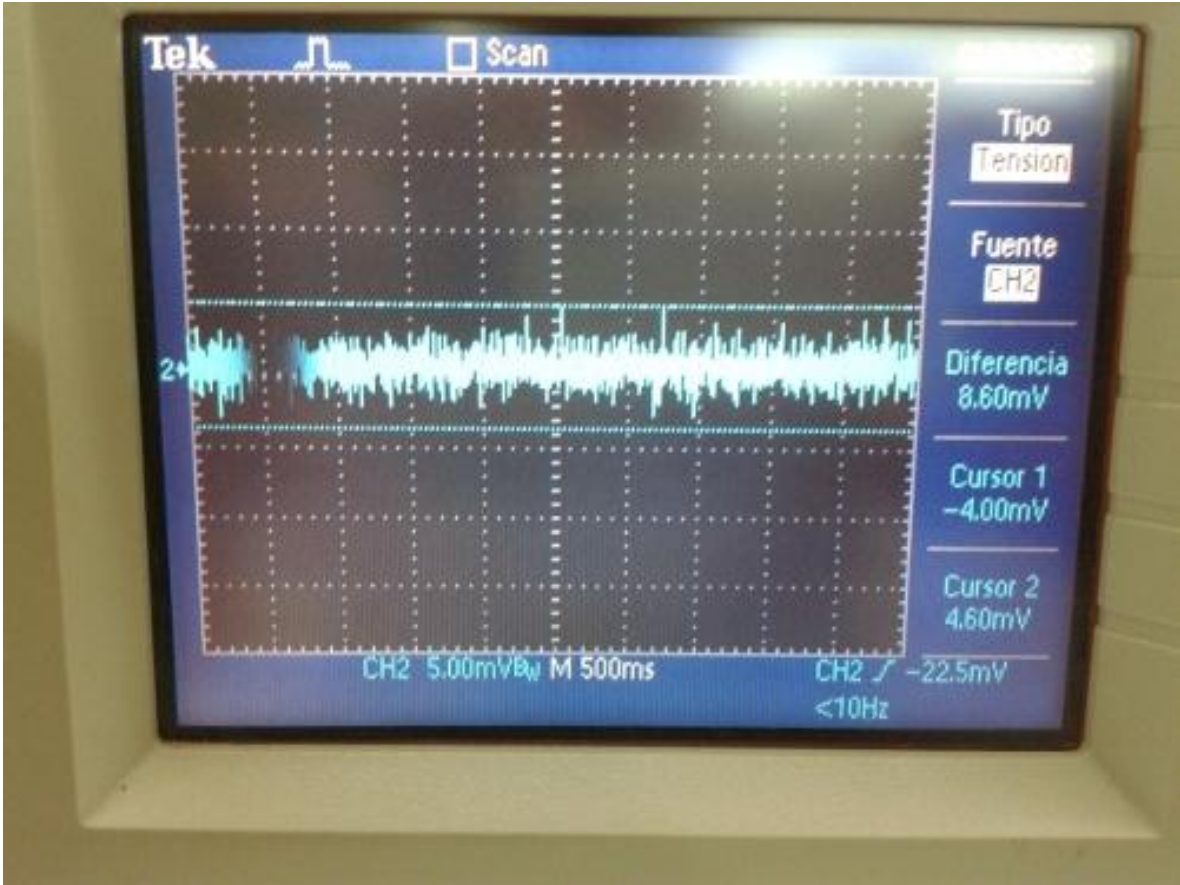


Figura 6: Voltaje de rizo de 8.60mV.

- [1] Organización Mundial de la Salud (WHO), *Control de la Enfermedad de Chagas* (World Health Organisation) 128, (2002).
- [2] Ruiz-Piña Hugo A and Cruz-Reyes, Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 97, 5, 613-620, (2002).
- [3] Constance Holden and Laura Blackburn, Science, 313, 5788, 780-781, (2006)
- [4] Elizabeth Pennisi, Science, 334, 6059, 1042, (2006).
- [5] ARGOS. Tracking and Monitoring. [en línea] <<http://www.argos-system.org/web/en/50-tracking-and-monitoring.php>> [consulta: 28 Marzo 2012]
- [6] LOTEK. Corporate Profile. [en línea] <<http://www.lotek.com/company.htm>> [consulta: 28 Marzo 2012]
- [7] TELONICS. Company history. [en línea] <<http://www.telonics.com/company.php>> [consulta: 28 Marzo 2012]
- [8] TELCEL. Servicios de Localización. [en línea] <http://www.telcel.com/portal/empresas/integradores/integradores_localizacion.html?mid=2215> [consulta: 28 Marzo 2012]
- [9] Control total satelital. Como funciona. [en línea] <<http://www.controltotalsatelital.com/comofunciona.htm>> [consulta: 28 Marzo 2012]
- [10] USGlobalSat. TR-203 Personal Tracker. [en línea] <<http://www.usglobalsat.com/p-606-tr-203-personal-tracker.aspx#images/product/large/606.jpg>> [consulta: 28 Marzo 2012]
- [11] TrackingTheWorld. Home page. [en línea] <<http://www.trackingtheworld.com/>> [consulta: 28 Marzo 2012]
- [12] Linear Technology. LTC3533 - 2A Wide Input Voltage Synchronous Buck-Boost DC/DC Converter. [en línea] <<http://www.linear.com/product/LTC3533>> [consulta: 28 Marzo 2012].
- [13] RF Monolithics, Inc.. DNT900. [en línea] <<http://www.rfm.com/products/data/dnt900c.pdf>> [consulta: 28 Marzo 2012].
- [14] Cirrus Logic. Thermal Considerations for QFN Packaged Integrated Circuits. [en línea] <<http://www.cirrus.com/en/pubs/appNote/AN315REV1.pdf>> [consulta: 28 Marzo 2012].
- [15] Charles Mauney, Texas Instruments. Thermal Considerations for Surface Mount Layouts. [en línea] <<http://focus.ti.com/download/trng/docs/seminar/Topic%2010%20-%20Thermal%20Design%20Consideration%20for%20Surface%20Mount%20Layouts%20.pdf>> [consulta: 28 Marzo 2012].
- [16] Kevin Hu, International Rectifier. Application Note AN-1091. [en línea] <<http://www.irf.com/technical-info/appnotes/an-1091.pdf>> [consulta: 28 Marzo 2012].
- [17] Screaming Circuits, Via In Pad guidelines. [en línea] <http://blog.screamingcircuits.com/files/via_in_pad_guidelines.pdf> [consulta: 28 Marzo 2012].

LA CONTAMINACIÓN TÓXICA POR LOS EQUIPOS DE CÓMPUTO OBSOLETOS: E-WASTE

Dr. José Alonso Pérez Cruz, Dr. José Gabriel Reding Domínguez, M. C. Gustavo Verduzco Reyes, M. I. Carlos Román de la Cruz Dorantes.

Universidad Autónoma del Carmen

japcruz@pampano.unacar.mx, jreding@pampano.unacar.mx,
gverduzco@pampano.unacar.mx, cdelacruz@pampano.unacar.mx

Resumen: Los equipos de cómputo obsoletos y en general todos los equipos electrónicos existentes tienen el grave problema al ser creados con un conjunto de dispositivos que al entrar en contacto con el sol contaminan y envenenan el aire, el agua y la tierra. Estos equipos deben de ser reciclados para que esto no ocurra, solo que no se tiene la cultura y se desconoce los efectos que producen al medio ambiente, se tratan como basura normal y estos llegan a los vertederos creando una contaminación que se conoce como basura tóxica. Se presenta un proyecto que trabaja con la tarea de reciclar equipos, revisarlos y reutilizarlos en caso de que su ciclo de vida se pueda extender.

Abstract: The obsolete equipment of computer and all the equipment electronics have a big problem on having been created with a set of devices that on having entered in touch with the Sun contaminate air, water, and land. These devices must be recycled in order that this does not happen, only that don't have the culture and there are not known the effects that produce to the environment, They treat each other as normal garbage and these come to the dumps creating a pollution that is known as toxic garbage. Presents a project that works with the task of recycling equipment's, to check them and reuse in case his life cycle could extend.

1 ANTECEDENTES

Los equipos de cómputo obsoletos y en general todos los equipos electrónicos existentes tienen el grave problema de ser creados con un conjunto de dispositivos que al entrar en contacto con el sol contaminan y envenenan el aire, el agua y la tierra. Estos equipos deben de ser reciclados para que esto no ocurra, solo que no se tiene la cultura y se desconoce los efectos que estos producen al medio ambiente, son tratados como basura normal y llegan a los vertederos creando una contaminación que se conoce como basura tóxica o E-waste.

La basura computacional es un concepto que surge a raíz de los desperdicios y desechos de la industria de la computación, y se refiere a cualquier computadora, accesorio, dispositivo periférico o consumible que se encuentra almacenado o en desuso, en la basura o en algún lugar. Estos pueden incluir tarjeta madre, impresoras, mouse, scanner, cartuchos de tintas vacías, mouse teclado, cable de alimentación.

En nuestro país la dependencia encargada de verificar que estos equipos no lleguen a los basureros se llama SEMARNAP, y uno de los problemas para las empresas que generan desperdicios tecnológicos es encontrar otra compañía que se dedique al reciclaje y que tenga los permisos correspondientes para poder realizar esta actividad.

1.1 Componentes Tóxicos de las Computadoras

Los equipos de cómputo al ser construidos conjuntan varios elementos donde se contemplan aproximadamente 9 sustancias químicas tóxicas, las cuales son:

Sustancias Químicas Tóxicas en los Equipos de Cómputo	
1	Plomo en tubos de rayo catódico y soldadura.
2	Arsénico en tubos de rayo catódico más antiguos.
3	Trióxido de antimonio como

	retardante de fuego.
4	Retardantes de flama polibromados en las cubiertas, cables y tableros de circuitos.
5	Selenio en los tableros de circuitos como rectificador de suministro de energía.
6	Cadmio en tableros de circuitos y semiconductores.
7	Cromo en el acero como anticorrosivo.
8	Cobalto en el acero para estructura y magnetividad.
9	Mercurio.

Tabla 1 Sustancias tóxicas en equipos de cómputo

2. DATOS DE LOS EQUIPOS DE CÓMPUTO OBSOLETOS

Para tener una visión de la cantidad de equipo de cómputo que queda obsoleto, se debe tener una noción de la cantidad de equipos que se adquieren, el tiempo de vida que tienen y que se hace con ellos después que la vida útil termina. Generalmente los equipos electrónicos que se renuevan con más frecuencia son televisores, videocaseteras, estéreos, computadoras y celulares, con un promedio de 2.5 años para adquirir uno nuevo. De acuerdo con datos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, este organismo indica que sólo en los Estados Unidos de América se "tiran" al año, sin el menor interés, 134.5 millones de computadoras por obsoletas, así como 348.9 millones de otro tipo de electrónicos. Además en todo el continente Americano determina que el desecho anual es de 583.8 millones de unidades [1]. Esto lleva a que se calcula que cada año en México se renuevan 2 millones de equipos de cómputo, y el precio de cada equipo nuevo oscila entre \$9,000 y \$12,000 mil pesos. Estos números nos dan una dimensión de la cantidad de basura electrónica que se tiene actualmente y la que se va a tener a futuro, en México había en 2008 18.2 millones de computadoras y 73.6 Millones de teléfonos celulares. Si se toma en cuenta que estos los cambiamos cada 2.5 años en los próximos meses se estarán generando aproximadamente 91.8 Millones de equipos electrónicos obsoletos [2]. Actualmente la basura tecnológica se está convirtiendo en un serio problema tanto para países desarrollados como subdesarrollados. En México los procesos de reciclaje de equipos de cómputo son escasos, esto acarrea a problemas que todavía no se alcanzan a dimensionar, debido a que no se tiene la suficiente información a cerca de la problemática actual, con los números mencionados se puede llegar a tener un claro panorama de las dimensiones que esto llegará a tener en unos cuantos años. El primer claro problema será la contaminación tóxica donde los daños directos se podrán observar tanto en los seres vivos como en el medio ambiente.

2. 1 Ciclo de vida de los Equipos de Cómputo Obsoletos

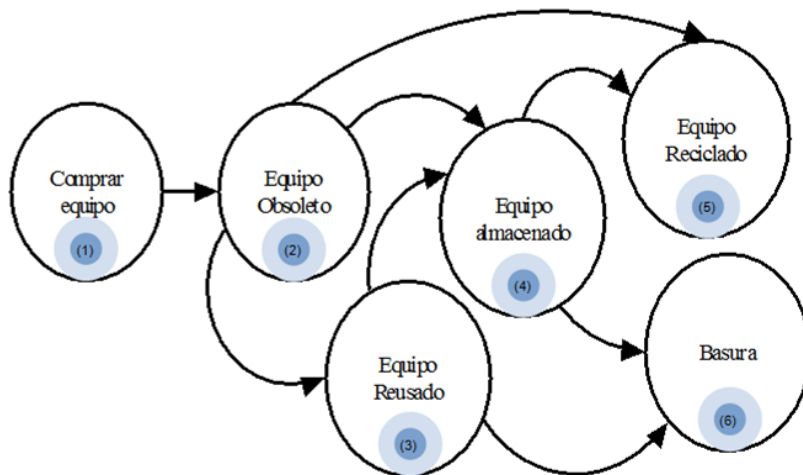


Ilustración 1. Ciclo de vida de un equipo de cómputo

Un equipo de cómputo tiene una vida aproximada de 2 años, **(1)**. Después de los cuales es reemplazado por uno nuevo, a partir de ahí el equipo empieza a ser un problema, ya que pasa a ser un equipo obsoleto, **(2)**. El cual tiene dos opciones, la primera de ellas es ser donado o reutilizado para posteriormente ser almacenado o tirado a la basura, **(3)**. Para que esto último ocurra, cumple con un tiempo de vida de entre 3 a 5 años, esta práctica se da en países poco desarrollados, donde los equipos de cómputo son utilizados por tiempos más prolongados. La otra opción es el almacenamiento de los equipos tanto en casas como en empresas, llegando al tercer paso de este proceso **(4)**. Así es como surgen las dos últimas opciones, la primera de ellas es ser procesados para su correcto reciclaje, **(5)** y la opción que daña más al medio ambiente es tirarlos a la basura **(6)**.

3. LA PROBLEMÁTICA DE LOS EQUIPOS DE CÓMPUTO

En nuestro país la dependencia encargada de verificar que estos equipos no lleguen a los basureros se llama SEMARNAP, y uno de los problemas para las empresas que generan desperdicios tecnológicos es encontrar una empresa que se dedique al reciclaje y que tenga los permisos correspondientes para poder realizar esta actividad. [3]

Las regulaciones ambientales determinan que los equipos de cómputo obsoletos deben tener un proceso que permita la recuperación de los compuestos tóxicos que forman una computadora o periférico, pero no siempre se conoce, se omite o se llevan a cabo con el conocimiento de causa.

El daño que se le causa al medio ambiente por este tipo de actividad es significativo y los casos para buscar una solución son escasos. Esto debido a la poca diferencia que ve la gente entre un equipo de cómputo y uno electrónico, desconocen el tratamiento para ello, los componentes con que cuenta una computadora y especialmente en donde se encuentra las partes con dispositivos contaminantes o tóxicos. Además muchos equipos pueden ser rehabilitados para su uso en actividades educativas de escuelas rurales o para apoyo de alumnos donde un procesador de texto puede ser la diferencia en apoyo de sus estudios.

4 UNA PROPUESTA PARA LOS EQUIPOS DE CÓMPUTO OBSOLETOS

La Universidad Autónoma del Carmen a través de la DES Ciencias de la Información ha desarrollado el proyecto denominado "Reciclaje Computacional" que durante los últimos 4 años ha trabajado en generar una campaña de reciclaje computacional donde actualmente hay dos etapas:

La primera de ellas es la recopilación de los equipos de cómputo obsoletos de las empresas y de la comunidad en general. Para que esta fase se lleve a cabo se invitan a varias de ellas a participar, donde se les aplica un breve cuestionario para conocer si cuentan con procesos de reciclaje y si están interesados en donar los equipos de cómputo obsoletos con que cuentan. Este proceso es complicado ya que la gran mayoría de las empresas tienen políticas de calidad las cuales determinan las bajas de equipos, con un conjunto de documentos tanto por parte de la empresa que dona como la que recibe, llevando a solicitar por parte de ellas certificados que las avalen.

También se pueden encontrar empresas que tienen procesos de reciclaje y que se interesan en participar en la actividad, de esta forma se designan fechas para recibir los equipos obsoletos en las instalaciones de la Universidad Autónoma del Carmen para ser almacenados, específicamente en el Edificio del Centro de Tecnologías de Información de la DES Ciencias de la Información.

La segunda etapa está determinada por una revisión de todo el equipo de cómputo recepcionado para verificar sus condiciones, y buscar rescatar la mayor cantidad de los mismos con la finalidad de contar con un conjunto de equipos funcionales, que puedan ser donados a escuelas rurales del estado de Campeche y cumplir con el propósito de apoyar a las mismas instituciones en los procesos de educación, donde la capacidad de cómputo no es la mayor virtud de los mismos pero pueden cumplir sin complicaciones con las tareas para las cuales pueden ser usados. O donados a estudiantes de diferentes niveles educativos para apoyar las actividades escolares.

Estas dos fases se apoyan en una campaña de información, que se promueve por los medios de comunicación como son radio, internet, periódico y generación de volantes. Además se generan diferentes trípticos para repartir en las fechas de las recepciones, donde se describen los daños que causaría tanto almacenar en casa estos equipos obsoletos como tirarlos a la basura. Esto último busca hacer conciencia en la población y crear cultura acerca de la basura computacional.

El equipo de trabajo está conformado por alumnos de servicio social, formación temprana de investigadores y demás estudiantes que apoyan el proyecto por el interés del mismo, y docentes de las carreras de Ingeniería en Electrónica de la DES Ingeniería y Tecnología, además de los de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Licenciatura en Informática e Ingeniería en Computación de la DES Ciencias de la Información de la Universidad Autónoma del Carmen.

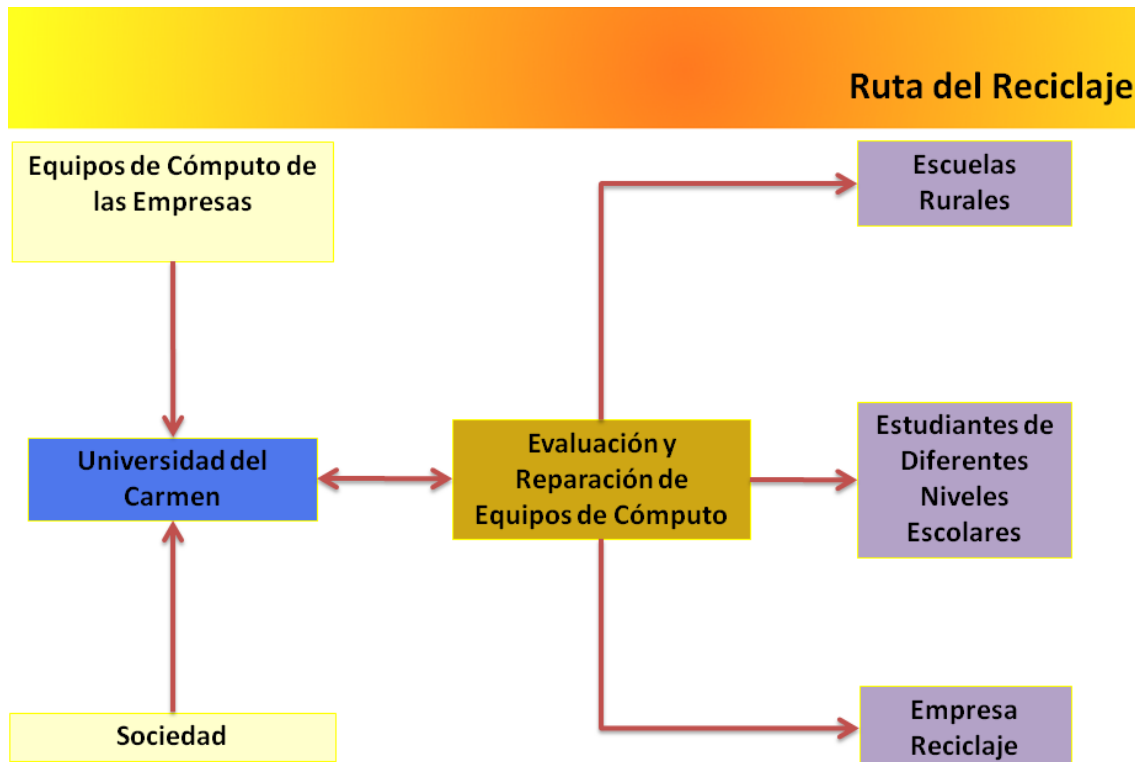


Ilustración 2. Fases del Proyecto de Reciclaje Computacional [3]

En 2010 este proyecto recibió 1991 equipos donde se contemplan, cpu, teclados, mouse, impresoras, multifuncionales, monitores, reguladores, nobreaks, teléfonos convencionales, celulares, laptops, cables de corriente, cables de datos de diferentes tipos, copiadoras y demás accesorios computacionales, en 2011 se obtuvieron aproximadamente 450 equipos, la disminución tiene como razón la falta de espacio para almacenar y revisar equipos.

Durante todo el año se siguen recibiendo equipos ya que muchas personas se acercan a nuestra área a llevarlos debido a que se les pasaron las fechas o se enteraron después del evento.

El proyecto de reciclaje computacional actualmente se encuentra en proceso, las actividades actuales permiten tener un avance en la revisión total de monitores, teclados y mouse obteniendo aproximadamente 40 monitores, 35 teclados y 45 mouse funcionales. Se encuentran en proceso de revisión los cpu's, debido a que estos tienen más piezas que revisar y probar además de la cantidad que se tiene, donde es lento y complicado por la complejidad y la compatibilidad de elementos que se buscan para armar una computadora completa.

5 CONCLUSIONES

El daño que originan los equipos de cómputo al medio ambiente apenas está empezando, en países más desarrollados, esto es actualmente un problema que están paliando enviando todos esos equipos a países africanos, los cuales aceptan todo este tipo de equipos para recibir compensaciones económicas sin saber el daño que causan a su país y población.

En México hace pocos años se firmó un apartado con Estados Unidos para adquirir equipos de segunda mano los cuales terminarían su vida útil en nuestro país ayudando al País vecino a deshacerse de todo ese equipo que irremediablemente terminarían en algún país asiático, hay que hacer conciencia que si bien esos equipos todavía son funcionales entre un 50 y 80% hay que resaltar que las empresas en México también se deshacen de equipos de iguales

características, solo que no hay un programa nacional que permita darles una nueva utilidad a todos esos equipos.

El proyecto que se presento, es un trabajo de 4 años que le ha tomado tiempo posicionarse y más que nada, ayudar a hacer conciencia en la población y empresas de la localidad de los daños que los equipos computacionales causan al medio ambiente si no son reciclados correctamente.

6. REFERENCIAS

1. [Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos] [2010]: [http://www.epa.gov/espanol/]
2. [Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI)]. [2010]: [Estudio AMIPCI 2010 de Hábitos de los Usuarios de Internet en México], [URL: <http://www.amipci.org.mx/estudios>]
3. José Alonso Pérez Cruz, Gustavo Verduzco Reyes, Felipe Cocón Juárez, Georgina Elizabeth López Vázquez, *Conais 2011*, "Proyecto de Reciclaje Computacional en las Empresas y la Sociedad de la Universidad Autónoma del Carmen" Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa Tabasco, 2011
4. [REMSA]. [2011]: [Recicla Electrónicos México], [URL: <http://www.reciclaelectronicos.com/>]
5. [Hirtz, Barbará]. [2010]: [E- Basura. Basura electrónica, gran amenaza para el medio ambiente. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)], [URL: <http://www.zonacatastrofica.com/basura-electronica-gran-amenaza-para-el-medio-ambiente.html>]
6. [Ovelar, María]. [2010]: [India, el imperio de la basura electrónica, La segunda potencia tecnológica mundial es también el mayor estercolero computacional de la Tierra],[URL: http://www.elpais.com/articulo/portada/India/imperio/basura/electronica/elpepisupcib/20100121eipcibpor_1/Tes].

ELÉCTRICA

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL GENERADOR DE INDUCCIÓN AUTO-EXCITADO CON CARGAS LINEALES Y CARGAS NO-LINEALES.

Emmanuel Torres Montalvo, Freddy Ignacio Chan, Víctor Manuel Sánchez Huerta, Homero Toral Cruz, Joan Alba Aguilar
Universidad de Quintana Roo, División de Ciencias e Ingeniería.
etorres@uqroo.mx, freddy@uqroo.mx, vsanchez@uqroo.mx, htoral@uqroo.mx,
joan.alba.aguilar@gmail.com

Resumen. Este trabajo presenta un análisis con base en datos experimentales sobre el comportamiento dinámico del generador de inducción con cargas resistivas, cargas inductivas y cargas no lineales para determinar la relación entre la velocidad del rotor, la capacitancia, el voltaje y frecuencia generados y la carga eléctrica alimentada. Posteriormente se proponen estrategias para obtener una regulación de voltaje y frecuencia apropiada para el suministro de energía eléctrica a cargas eléctricas de tipo domestico. El sistema de generación se implementó con dos motores de inducción trifásicos de 3 HP a 220 V con rotor jaula de ardilla, un variador de velocidad modelo V1000 , una banco trifásico de capacitores de 210 μ F por fase y un analizador de la calidad de energía FLUKE 434 para la medición de los parámetros eléctricos.

Abstrac. Firstly, this presentation/paper will analyze experimental data concerning the dynamic behavior of an induction generator with a resistive, inductive, and non-linear load to determine the relation among the speed of the rotor, the capacity, the voltage and frequencies generated, as well as the electric charge used. Secondly, some strategies will be provided for regulating the appropriate voltage and frequency for domestic power supply. The generating system consisted of: two three-phase induction motors of 3HP using 220V, a squirrel-cage rotor, one speed variator model V1000, a three-phase bank capacitor of 210 μ F per phase, and a FLUKE 434 power analyzer used to measure power system parameters.

1 INTRODUCCIÓN

El aumento en los costos de los combustibles fósiles así como su efecto contaminante hacia el ambiente y la incertidumbre de su disponibilidad a corto o mediano plazo han impulsado el desarrollo de las fuentes de energía renovable como la solar, eólica y la mini/micro-hidráulica. En poblaciones alejadas de la red eléctrica y que cuentan con recursos hidráulicos como pequeños ríos es factible la generación de la energía eléctrica distribuida, es decir, generar la energía eléctrica en el lugar donde se requiere, [1-3]. Una máquina de inducción trifásica puede funcionar como un generador auto-excitado, cuando un primo motor hace girar su rotor a una velocidad apropiada, y la excitación necesaria para establecer el campo magnético giratorio en el entrehierro es suministrada conectando a las terminales del estator un banco trifásico de capacitores,[4]. Ausencia de escobillas y de una fuente de corriente directa separada, bajo costo, mejor estabilidad, construcción sencilla, mantenimiento mínimo, robustez y autoprotección son algunas de las ventajas del generador de inducción auto-excitado lo que lo hace el generador apropiado para aplicaciones con fuentes de renovables de energía, [5].

2 GENERADOR DE INDUCCIÓN AUTOEXCITADO

El sistema de generación de energía eléctrica se llevó a cabo empleando diversos equipos como motores, sistema de acoplamiento, variador de velocidad, capacitores, contactores, interruptores termomagnéticos los cuales se describen y se muestran a continuación.

2.1 Sistema Primo-Motor.

Para el sistema que impulsa al generador de inducción auto-excitado (GIAE) se empleó un motor de inducción trifásico con rotor jaula de ardilla marca Siemens de 2.23 kW, 208-220V, 8.5-8.0 A, 4 polos y 1750 rpm, el cual se muestra en la Fig. 1. Para regular la velocidad con la que el primo motor impulsará al GIAE se emplea un variador de frecuencia modelo V1000 de la marca Yaskawa, como se presenta en la Fig.2.



Fig. 1 Motor de inducción empleado como primo motor



Fig. 2 Variador de velocidad V1000.

2.2 Banco de Capacitores.

La potencia reactiva requerida para establecer el campo magnético en el entrehierro del generador es proporcionado por un banco de capacitores con una capacitancia total por fase de 210 μF . La capacitancia puede seleccionarse con tres pasos cada uno de 70 μF , esta selección se realiza mediante la conexión de tres contactores trifásicos. El banco se muestra completo en la Fig. 3.

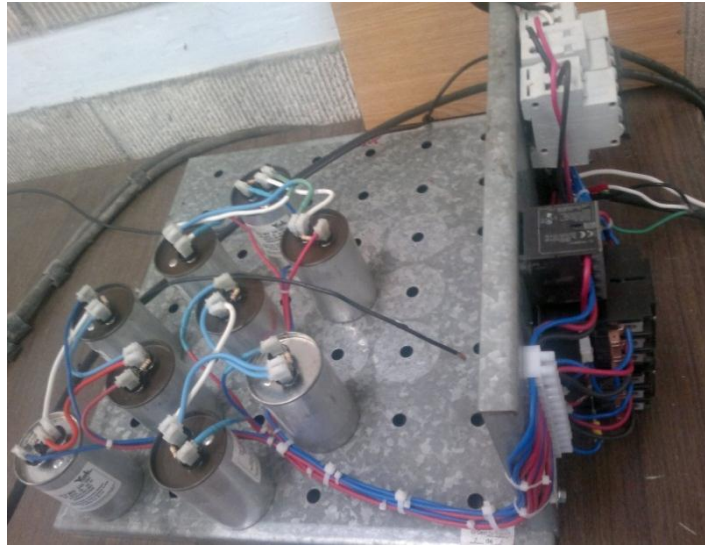


Fig. 3 Banco trifásico de capacitores de 210 μ F por fase.

2.3 Generador de inducción.

Como generador de inducción se empleó un motor de inducción trifásico con rotor jaula de ardilla marca Siemens de 2.23 kW, 208-220V, 8.5-8.0 A, 4 polos y 1750 rpm, conexión estrella el cual se muestra en la Fig. 4.



Fig. 4 Generador de inducción de 2.23 kW.

El sistema completo de generación de energía eléctrica se presenta en la Fig. 5



Fig. 5 Sistema del Generador de inducción auto-excitado

3 CARGA ELÉCTRICA

La carga eléctrica empleadas en las pruebas son focos incandescente de 75 y 100 W como cargas resistivas lineales. Focos fluorescentes de 13 W como cargas no lineales y ventiladores como cargas inductivas lineales. Para la conexión de los focos incandescentes y fluorescentes al generador se montaron portalámparas de porcelana y se empleo un interruptor termomagnético trifásico para proteger de alguna posible falla eléctrica. Esto se muestra en la Fig. 6



Fig. 6 Carga eléctrica para el generador de inducción

4 EQUIPOS DE MEDICIÓN

Una de las variables de interés en las pruebas es la velocidad del primo motor la cual se midió con un tacómetro óptico. Las variables eléctricas como tensión eléctrica, frecuencia, corriente y potencia eléctrica generada, se miden empleando el analizador de calidad de la energía FLUKE 434. El equipo se configura para medir un sistema trifásico en conexión estrella con el neutro puesto a tierra con una tensión nominal de 120 V y una frecuencia de 50 Hz. La Fig.7 muestra el equipo mencionado.



Fig. 7 Analizador de la calidad de energía FLUKE 434

5 PRUEBAS ELÉCTRICAS

5.1 Prueba en vacío

Como punto de partida de las pruebas para determinar el comportamiento del generador de inducción auto-excitado, se inicia con la prueba en vacío. Para esto se hace girar el primo motor a una velocidad de 1500 rpm ajustando el variador de frecuencia en un valor de 50 Hz. Una vez que el primo motor ha alcanzado la velocidad deseada se conecta una parte del banco de capacitores con una capacitancia de 70 μF por fase, por ultimo se conecta un segundo grupo de capacitores para obtener un total de 140 μF por fase. Con lo cual se obtiene el comportamiento que se muestra en la Fig. 8. Puede observarse que la forma de onda de la tensión eléctrica generada se encuentra distorsionada, lo que puede deberse a la saturación magnética del núcleo del generador de inducción. Se alcanza una tensión generada de 138 V en promedio y una frecuencia de 49.77 Hz. Sin embargo, los valores que se desean alcanzar son de 120 V y 50 Hz.

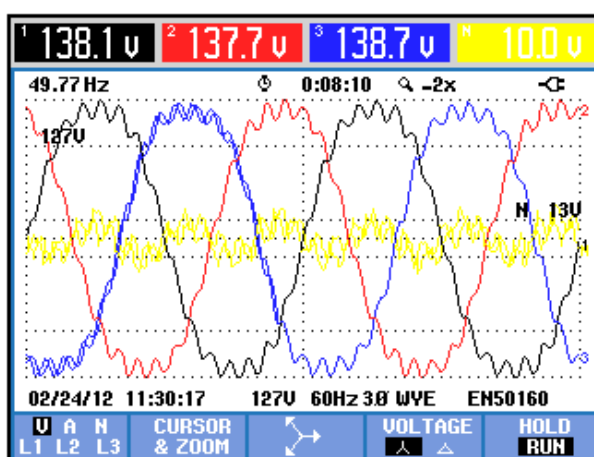


Fig. 8 Voltaje generado en vacío a 1497 rpm y 140 μF

5.2 Prueba con carga resistiva lineal

Una vez que en las terminales del estator del generador de inducción se ha establecido la tensión eléctrica se le conecta carga eléctrica empleando focos incandescentes de 75W y 100

W para un total de 2000 W de potencia. La Fig. 9 muestra las tensiones eléctricas generadas las cuales se establecen en 119.4 V en promedio con una frecuencia generada de 50 Hz. Es importante señalar que al momento de la conexión de la carga eléctrica, tanto la tensión eléctrica como la frecuencia generada se reducen. Debido a esto, se ajustó la velocidad del primo motor en 1531 rpm para que se alcanzara una frecuencia generada de 50 Hz.

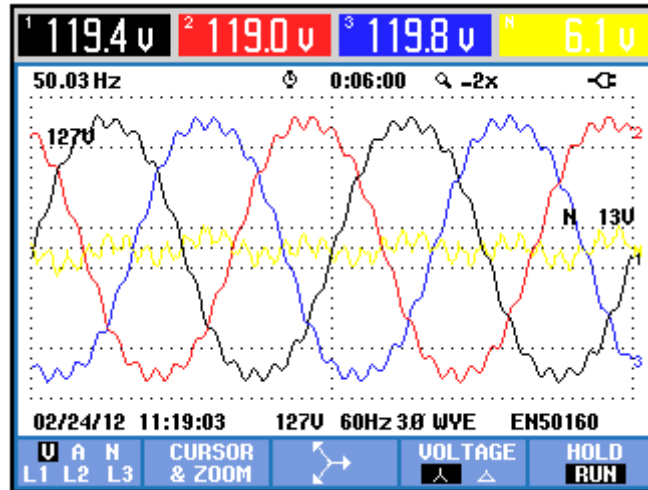


Fig. 9 Tensiones eléctricas generadas con carga resistiva a 1531 rpm y 140 μ F
 La Fig. 10 presenta las corrientes eléctricas que demanda la carga eléctrica, puede observarse que la forma de onda es igual a la de la tensión eléctrica con un valor de 5.2 A por fase en promedio y 50 Hz. La Fig. 11 muestra la forma de onda de la corriente y la tensión eléctrica de la fase 3 y puede determinarse que ambas están en fase lo que sugiere un factor de potencia unitario que coincide con el tipo de carga eléctrica conectada.

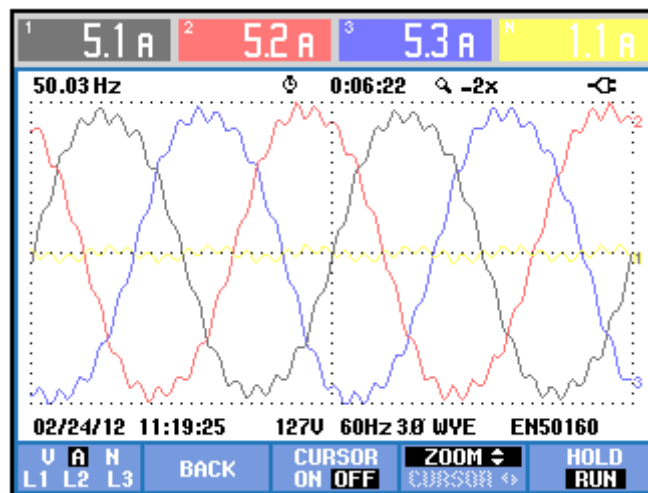


Fig. 10 Corrientes eléctricas de la carga resistiva

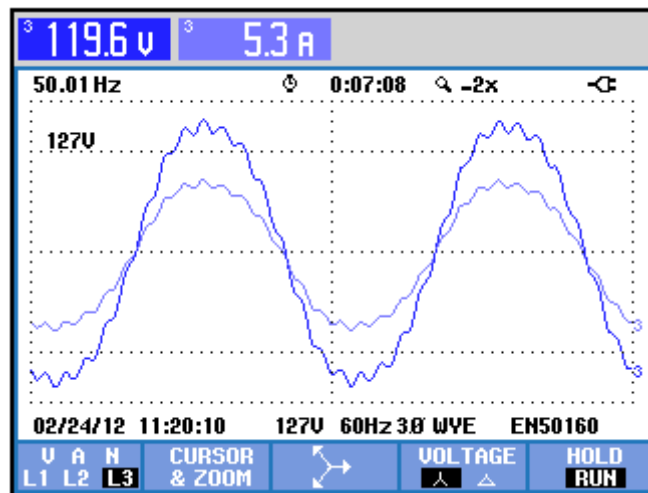


Fig. 11 Forma de onda de la tensión y corriente eléctrica para cargas resistivas

La potencia total generada es de 1850 W con un factor de potencia unitario, puede observarse en la Fig. 12 que la potencia aparente es igual a la potencia real, esto debido a lo mencionado anteriormente. Por lo tanto la conexión de carga resistiva ocasiona una disminución en la magnitud de la tensión eléctrica y de la frecuencia generada. Esto puede entenderse claramente al comparar las magnitudes de tensión y frecuencia del caso en vacío que se muestran en la Fig. 8 y el caso con carga que se muestra en la Fig. 11.

Potencia y energía					
	FUND	L1	L2	L3	Total
kW		0.61	0.62	0.63	1.85
kVA		0.61	0.62	0.63	1.85
kVAR	÷	0.02	0.01	0.02	0.05
PF		1.00	1.00	1.00	1.00
Cosφ		1.00	1.00	1.00	1.00
A _{rms}		5.1	5.2	5.3	
		L1	L2	L3	
V _{rms}		119.3	118.9	119.7	
02/24/12 11:20:48 127V 60Hz 3Ø WYE ENS0160					
VOLTAGE		ENERGY	TREND	HOLD	RUN

Fig. 12 Potencia eléctrica demandada por la carga resistiva

5.3 Carga inductiva no lineal

Para determinar el efecto de las cargas no lineales en el generador de inducción se emplearon lámparas fluorescentes ahorradoras de 13 W con balastro electrónico. Sin embargo, debido a que requerían aproximadamente 142 lámparas para alcanzar los 1850 W obtenidos en el caso con carga resistiva lineal se realizaron dos pruebas para comparar. En el caso de las lámparas ahorradoras se conectaron 8 de 13 W dando un total de 104 W y con las incandescentes 1 foco de 100 W. En las Figuras 13 y 14 se muestran las formas de onda obtenidas.

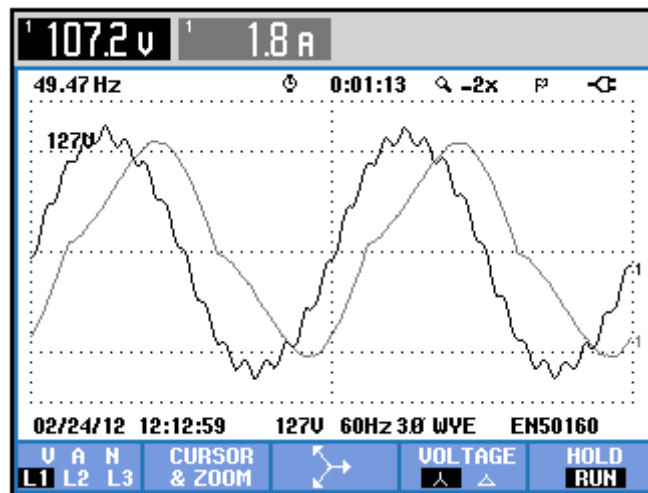


Fig. 13 Forma de onda obtenida con la carga inductiva 8 focos de 13 W, 1492 rpm y 140 μ F

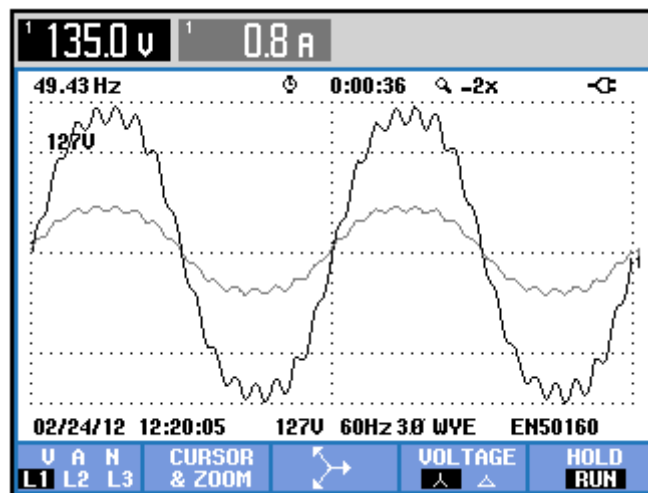


Fig.14 Forma de onda obtenida con la carga resistiva 1 focos de 100 W, 1490 rpm y 140 μ F. Con básicamente las mismas condiciones de operación 1492 rpm y 140 μ F puede observarse diferencias en los resultados obtenidos. Primero la magnitud de la tensión eléctrica para la carga inductiva se reduce en mayor proporción que para el caso resistivo, esto se debe a que la carga inductiva requiere cierta cantidad de potencia reactiva para su funcionamiento, esta potencia reactiva la toma del banco de capacitores con lo cual se reduce la capacitancia del banco visto desde las terminales del estator del generador de inducción y por ende disminuye la tensión eléctrica generada. Por otra parte existe un ángulo de defasamiento entre la tensión y la corriente lo que origina un bajo factor de potencia de 0.58 para el caso de las lámparas ahorradoras como se muestra en la Fig. 15, para el caso resistivo y lineal la corriente y la tensión se encuentran en fase y el factor de potencia es unitario.

Potencia y energía				
FUND	0:00:06			
	L1	L2	L3	Total
kW	0.11	0.11	0.11	0.33
kVA	0.18	0.19	0.19	0.57
kVAR	0.15	0.15	0.16	0.46
PF	0.59	0.57	0.58	0.58
Cos ϕ	0.60	0.58	0.58	
A _{rms}	1.8	1.9	1.9	
	L1	L2	L3	
V _{rms}	104.9	104.3	104.7	
02/24/12 12:14:47 127V 60Hz 3Ø WYE ENS0160				
VOLTAGE		ENERGY	TREND	HOLD RUN

Fig. 15 Potencia eléctrica para las lámparas ahorradoras

6 CONCLUSIONES

Se implementó un sistema de generación de energía eléctrica empleando motores de inducción los cuales son más económicos y robustos que los generadores síncronos de la misma capacidad. Se obtuvo una potencia de 1850 W lo cual es suficiente para suministrar energía a viviendas de interés social. La tensión eléctrica está en función de la velocidad del primer motor y de la capacitancia que suministra el banco de capacitores. Cuando una carga se conecta a las terminales del generador la magnitud de la tensión eléctrica y de la frecuencia se reduce. Un incremento en la velocidad del primer motor produce un incremento en la tensión y en la frecuencia, sin embargo, un incremento en la capacitancia solo tiene efecto sobre la magnitud de la tensión eléctrica. Es claro que cuando la carga conectada es lineal como las resistivas, se requiere de una cantidad menor de potencia reactiva o capacitancia comparado con el caso de las cargas inductivas no lineales. Cuando la carga es inductiva y no lineal, se requiere de una potencia reactiva adicional y se tiene un bajo factor de potencia. Para mantener tensión y frecuencia constantes es necesario una regulación de la velocidad del primer motor y de la capacitancia, sin embargo, esto puede ser una solución no tan viable debido a la complejidad de manejar capacitores conmutados por dispositivos electrónicos. Una opción más viable es contar con una velocidad constante de entrada así como un banco de capacitores fijos y emplear una carga en paralelo con el usuario que mantenga la potencia de salida constante, comúnmente denominados Controladores Electrónicos de Carga.

REFERENCIAS

- [1] J. B. Ekanayake, "Induction generators for small hydro schemes," *Power Eng. J.*, vol. 16, no. 2, pp. 61–67, Apr. 2002.
- [2] J. M. Elder, J. T. Boys, and J. L. Woodward, "Self-excited induction machine as a low cost generator," *Proc. Inst. Elect. Eng.*, vol. 131, pt. C, no. 2, pp. 33–40, Mar. 1984.
- [3] S. Rajakaruna and N. N. Maw, "Unregulated performance of an induction generator in an isolated micro hydro power plant," in *Proc. 7th IPEC*, Nov. 29–Dec. 2, 2005, pp. 1–6.
- [4] E. D. Basset and F. M. Potter, "Capacitive excitation of induction generators," *Trans. of the Amer. Inst. Electr. Eng.*, Vol. 54, No. 5, pp. 540–545, May 1935.
- [5] R. C. Bansal, T. S. Bhatti, and D. P. Kothari, "A bibliographical survey on induction generators for application of nonconventional energy systems," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 18, no. 3, pp. 433–439, Sep. 2003.

CONTACTO ELÉCTRICO CON DETECTOR DE MODO STANDBY PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

Porfirio Roberto Nájera Medina, Angélica Gómez Cárdenas, Adriana Leticia Montes
Martínez, María Esther Durán Figueroa, Viridiana Ramírez Fernández

*Profesor Investigador del IT Cuautla, Libramiento Cuautla-Oxaca s/n, Col. Juan
Morales,

Cuautla, Mor. Tel: 7353532208, email: cuidatucorreo@yahoo.com.mx

**Profesor Investigador del IT Chilpancingo, Av José Fco. Ruiz Massieu No. 5,
Col Villa Moderna, Chilpancingo, Gro. Tel: 7471116105.

Resumen

En el presente trabajo, se presenta un contacto eléctrico que permite ahorrar energía eléctrica en aparatos electrónicos que se encuentren conectados a la línea eléctrica y que se encuentran operando en el **modo de espera** (standby por su nombre en inglés). Todas las cargas de naturaleza electrónica, demandan de entre el 10% y el 30% de su consumo nominal cuando se encuentran en este modo de operación; es decir, si una carga consume nominalmente 100 Watts, entonces en el modo de espera se están consumiendo y desperdiciando hasta 30 Watts, esto representa una grave problemática que con este dispositivo se resuelve. Por otro lado, el contacto se encuentra aislado de la línea y por tanto es inmune a descargas tanto eléctricas como atmosféricas además de que no represente una carga mas para el suministro eléctrico.

1.- Introducción

Actualmente, dado el aumento considerable en la demanda de energía eléctrica, se corre el riesgo de rebasar la capacidad instalada de generación de energía eléctrica del País. Esto sin considerar que el costo de la energía eléctrica y los combustibles son cada día mas caros y escasos; por ello, el gobierno federal tiene la necesidad de construir nuevas plantas generadoras de energía y dada la situación económica del país, en muy difícil o improbable que se invierta en este aspecto en el corto plazo. Esta situación demanda una mayor conciencia en la población en general para ahorrar energía eléctrica.

El gobierno federal ha realizado varias acciones tendientes al ahorro de energía; programas tales como el horario de verano, campañas publicitarias tales como: "Ahorre un poco apagando un foco", etc. Sin embargo, ésta última no permea suficientemente en la población y por ende no se logran resultados esperados.

Por ello, se deben implementar otras medidas que realmente sean una solución al ahorro de energía y se contribuya al bienestar económico de la población y del país e inclusive contribuir a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y detener el cambio climático.

El contacto eléctrico ahorrador de energía, que presentamos en este trabajo, permite ahorrar de entre el 10% y el 30% de la energía nominal que consumen los electrodomésticos de naturaleza electrónica en el modo standby. Esto es muy importante porque si consideramos que en México somos aproximadamente 25,000,000 de usuarios domésticos, los cuales tenemos al menos una carga de naturaleza electrónica (televisión, horno de microondas, modular, etc), entonces el ahorro de energía sería considerable.

Los datos de diferentes estudios llevados a cabo en varios países desarrollados, indican que el rango del consumo energético por concepto de la energía de espera, oscila entre 5 y 11% del consumo total, lo que en cada hogar equivale a tener una carga de 10-60 Watts

permanentemente conectada. Estas cifras aumentan en algunos países en vías de desarrollo, donde se estiman hasta el 25% del consumo total.

Por citar un ejemplo, si consideramos que los 25,000,000 de usuarios en México cuentan con al menos una televisión y que cada una desperdician 20 Watts, en promedio, entonces el desperdicio de energía es de 500 MW. Si consideramos también que dicho aparato se encuentra conectado a la línea 16 horas en el modo de standby, entonces al día se desperdician 8 GW/h, lo que equivale a 2.92 TW/h al año.

Esta es una cantidad considerable de energía que se está desperdiciando, que se está tirando a la basura (esto sin considerar la energía que se está consumiendo cuando el equipo funciona nominalmente). Esto también se traduce en pérdidas económicas muy fuertes, ya que si consideramos que el costo del Kw/h es de 50 centavos, en promedio, entonces; el costo de la energía que se desperdicia es de 1.46 billones de pesos, cantidad bastante considerable dada la situación económica del país.

En este sentido, podemos ahorrar hasta el 30% de la energía que se desperdicia si incluimos en las tomas de energía, contactos inteligentes que detecten cuando la carga opera en el modo standby y la desconecte de la línea.

La idea de contribuir al ahorro de energía mediante este sistema la tomamos de la primera recomendación que **Greenpeace** hace: “*desconectar los aparatos cuando no se estén utilizando*”. Sin embargo, la mayoría de la población hace caso omiso de esta recomendación porque se le olvida o porque le cuesta trabajo estar conectando o desconectando los aparatos o porque desconoce que debe hacer esto.

Ante esta situación, presentamos una solución nueva e innovadora para atender la primera recomendación de Greenpeace y conectar y desconectar los aparatos que no se estén utilizando sin tener que hacerlo físicamente.

Los principales beneficios que brindará el uso de este dispositivo son de diversa índole. A continuación mencionaremos algunos de ellos:

a) Aspecto ecológico ambiental. El ahorro de energía que se logrará, al evitar que ésta se desperdicie, ocasionará una disminución en la demanda en su producción, con lo que disminuirá el efecto invernadero (ocasionado por la quema de combustibles fósiles) y por consiguiente se conservarán los recursos no renovables.

b) Aspectos económicos. El dispositivo contribuye a la economía familiar ya que evita el desperdicio de energía. Se pagará menos por su consumo y prolongará la vida útil de los aparatos.

c) Aspectos sociales. Con la utilización del contacto ahorrador, permitirá a los padres de familia o personas responsables del cuidado de los niños el controlar el suministro de energía eléctrica, evitando que los niños pasen tantas horas frente al televisor y contarán con más tiempo para dedicarlo a actividades de mayor calidad como la lectura, el estudio, la actividad física y el deporte que contribuyan a su desarrollo personal.

d) Aspectos Tecnológicos. El diseño de tecnología propia es de suma importancia para el desarrollo del país. Necesitamos desarrollar nuestra tecnología para que ya no dependa de los avances de la tecnología extranjera.

2.- Desarrollo

La siguiente figura, muestra a manera de bloques la arquitectura del sistema:

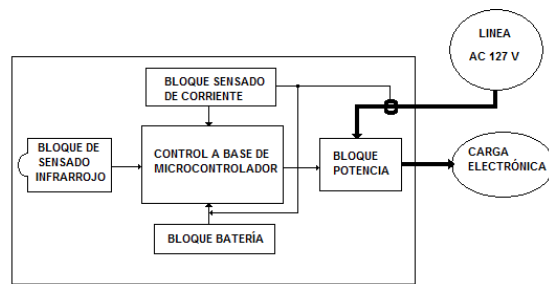


Fig. 1.- Contacto ahorrador de energía.

Como se observa en la figura 1, el sistema que desarrollamos está constituido por 5 bloques: Bloque de sensado infrarrojo, bloque sensado de corriente, bloque batería, bloque de potencia y el bloque de control a base de microcontrolador.

2.1.- El bloque de sensado de infrarrojo, permite que se controle a distancia el encendido o apagado de la carga. Esto es importante porque le permite al usuario controlar los aparatos sin tener que conectar o desconectar el cable de alimentación y puede utilizarse cualquier control remoto lo que facilita su operación. Está basado en el circuito integrado TSOP 1738, el cual es un receptor- amplificador de señal infrarroja, se alimenta hasta con 5 volts y se adapta funcionalmente a nuestros requerimientos de diseño, ya que recibe la luz infrarroja codificada en formato RC5 y la convierte a señales eléctricas de voltaje fácilmente compatibles con los niveles lógicos que detecta el microcontrolador.

2.2.- El bloque sensado de corriente, consiste de un transformador de corriente, el cual detecta cuando la carga se encuentra en modo de encendido u operando, en modo de espera o cuando existe una sobrecorriente (derivada de un corto circuito en la carga). Un aspecto importante es que cuando el aparato se encuentra encendido, parte de la energía que consume se realimenta y se utiliza para alimentar a los circuitos de control y recargar la batería. Esto es muy importante y representa una de las aportaciones más destacadas de este proyecto, porque el contacto ahorrador de energía, no representa una carga más conectada a la línea de alimentación. Así pues, se cuenta con un sistema que ahorra energía eficientemente.

El bloque batería se utiliza para almacenar energía, ya que cuando el equipo se encuentra apagado (se demanda nula energía de la línea), el circuito de control debe ser alimentado por este medio en espera de la señal del control remoto para encender la carga. En el momento en que el equipo se enciende, la batería se recarga, tomando parte de la energía que circula por la carga, y se prepara para el tiempo en que el aparato esté apagado. Es importante aclarar que si la carga se encuentra apagada en un intervalo de tiempo mayor a 30 días, el sistema se debe encender manualmente, presionando el botón de encendido, ya que la batería pudiera estar descargada.

La razón de utilizar un transformador de corriente y una batería es para hacer a nuestro sistema inmune a perturbaciones de la línea y a las descargas eléctricas. Mediante esta topología, el sistema se encuentra aislado totalmente de la línea, y por tanto tenemos un sistema robusto, inmune y confiable.

2.3.- El bloque potencia consiste de un interruptor de que controla el apagado y encendido de la carga según los niveles lógicos provenientes del control. No demanda energía de la batería, ya que sólo se energiza en el momento en que el aparato se enciende y; una vez más, parte de la energía que consume se utiliza para alimentarlo.

2.4.- El bloque de control a base de microcontrolador, es el cerebro del sistema. En él, se encuentra almacenado el programa que controla el funcionamiento del contacto ahorrador de energía. Está basado en el microcontrolador PIC16F628 y realiza funciones de control tales como:

1.- Decodifica la señal de control proveniente del bloque de sensado. Esta señal de control esta codificada bajo un protocolo de comunicaciones que se conoce como RC5, desarrollado por Philips.

2.- Monitorea continuamente la corriente en la carga y detecta cuando el aparato se enciende, se apaga o cuando existe una sobrecorriente. Cuando detecta que el equipo se apaga (se va al estado de standby), se activa un temporizador de 2 minutos, el cual corresponde a un tiempo de cortesía, por si el usuario decide reencender el aparato. Transcurrido este tiempo, el contacto ahorrador desconecta totalmente la carga y se va a esperar la señal de activación proveniente del control remoto. Las funciones del contacto se pueden saber en cualquier momento porque cuenta con un diodo emisor de luz (LED por sus siglas en inglés). La función que esta realizando se identifica por medio del color (rojo, verde o apagado). Cuando se encuentra en color verde, el contacto le está proporcionando energía a la carga, cuando se encuentra en rojo, se encuentra en el modo de cortesía y cuando está apagado no le esta proporcionando energía a la carga.

Otro aspecto importante es que cuando la corriente en la carga excede ciertos niveles (que pueden ser ajustados), el sistema lo detecta como una sobrecorriente (provocado por un corto circuito o fallas en la carga) y el sistema desconecta la carga de la línea instantáneamente.

3.- Proporciona las señales de control para el encendido o apagado del interruptor de potencia. La señal de control de encendido, está modulada en ancho de pulso (PWM por sus siglas en inglés) para que la carga encienda suavemente y no demande picos elevados de corriente en la línea. Con esto se protege tanto nuestro sistema como la carga o aparato que se esté alimentando.

Otro aspecto importante es que el contacto ahorrador de energía se puede utilizar para el control "parental" del uso de los equipos electrónicos; es decir, que los padres de familia pueden controlar el uso de estas cargas a sus hijos. En la actualidad los jóvenes y niños abusan del uso de la televisión, la computadora, etc. Mediante el contacto eléctrico ahorrador de energía, los padres de familia pueden controlar fácilmente el suministro de energía eléctrica, ya que al sistema se le puede establecer una clave para que sólo sea activado cuando el padre de familia así lo desee. De esta manera, el contacto proporcionará energía a la carga de manera controlada.

3.- PRUEBAS

Se hicieron varias pruebas para validar el funcionamiento correcto de nuestro proyecto. Se utilizaron televisores de diferentes potencias y marcas. Para cada uno de ellos, se ajustaron los parámetros de niveles de corriente de cortocircuito y de sensado, demostrándose su operación adecuada ante cargas de diferente potencia.

Por ejemplo, para el televisor de color marca sony 14", con una potencia nominal de 75 Watts, operando en el modo standby, desperdicia una potencia promedio de 10 Watts. Si consideramos que se encuentra en este modo 16 horas, entonces, al día se desperdician 160 W/h o 0.16 kW/h. En un año, la potencia que se consume oscila del orden de 58.4 kW/h. Considerando un costo promedio de \$ 0.50 por kW/h, esta carga implica un gasto económico anual de \$ 29.20 pesos. Esta cantidad se hace significativa si consideramos que los 25000000 de usuarios domésticos, cuentan con al menos un equipo de estas características, lo que se traduce en pérdidas económicas de \$ 730,000,000.00 de pesos. Esto sin considerar que la mayoría de las cargas tienen una potencia nominal mayor de 75 Watts.

Otro aspecto interesante es que en el modo de espera (carga apagada), el circuito de control demanda de la batería una corriente de 700 micro Amperes, lo suficientemente baja para mantener la batería, con los niveles aceptables de voltaje, hasta por cuatro semanas.

La siguiente figura, muestra el prototipo final terminado. Se destaca la importancia del diseño de un transformador de corriente, ya que es quien detecta el modo de operación y la

sobrecorriente. Este transformador se debe diseñar y construir en un núcleo de acero al silicio, ya que opera a baja frecuencia, y debe ser del menor tamaño posible para poder alojarse sin mayores problemas en las “chalupas” convencionales.



Fig. 2.- Componentes eléctricos del contacto.

Eléctrico ahorrador de energía.

La siguiente figura muestra la disposición del contacto eléctrico montado en la “chalupa”, así como el indicador del modo de operación y el sensor infrarrojo para las señales que emite el control remoto.



Fig.- 3.- Disposición física del contacto eléctrico ahorrador de energía para ser colocado en una “chalupa” comercial.

4.- CONCLUSIONES

Es indudable que el ahorro de energía es un tópico de actualidad; por ello, el hecho de haber desarrollado este sistema y contribuir a disminuir esta problemática, nos llena de satisfacción y nos hace pensar que estamos por el camino correcto, nos motiva a continuar desarrollando proyectos, que contribuyan a ahorro de energía, y consecuentemente a detener el cambio climático.

Otro aspecto importante es que estamos cumpliendo nuestra misión como instituciones de educación superior tecnológica, que es el desarrollar tecnología propia en beneficio de nuestro país.

5.- REFERENCIAS

- 1.- Muhammad Rashid, *“Electrónica de potencia”*.
- 2.. Angulo, José María, *“Microcontroladores Pic”*

COMPARACION DE LOS MODELOS ARX, ARMAX Y OE EN UN MODELO DE UN GENERADOR DE VAPOR EN LA CENTRAL ELECTRICA DE ABBOTT EN CHAMPAING IL.

M. Eusebia Guerrero-Sánchez, A. Alejandro Alvarado-Pensamiento, V. Gabriel Facundo-Landa y Omar Hernández-González.

ITESCO

megs_airam@hotmail.com, a3pensamiento@hotmail.com, FALTAN CORREOS DEL INGE FACUNDO Y EL INGE OMAR

Resumen- En este trabajo se presenta una comparación de los modelos ARX (auto regresivo con entrada externa), ARMAX (media móvil auto regresivo), y OE (salida de error), aplicándolo a un modelo de un generador de vapor en la central eléctrica de abbott en Champaign. Se muestran graficas de las salidas identificadas, así como sus modelos matemáticos en funciones de transferencia del nivel de la salida de agua con respecto a 3 diferentes entradas del proceso. Para una comparación precisa se obtienen los errores de cada uno de los modelos de referencia con respecto a los datos de la planta real.

Abstract- This paper presents a comparison of the models ARX (auto regressive with external input), ARMAX (autoregressive moving average) and OE (output error), applying a model of a steam generator in the power of Abbott in Champaign. Shows graphs of the outputs identified, and their mathematical model transfer functions of the level of the water outlet 3 with respect to different inputs of the process. For an accurate comparison is obtained errors of each of the reference models with respect to the actual plant data.

1. INTRODUCCION

La identificación de sistemas es un campo de la modulación matemática de sistemas a partir de los daos experimentales [7]. Se trata de determinar un modelo matemático a partir de un grupo de datos experimentales de entrada y de salida sin necesidad de conocer las leyes internas que gobiernan el comportamiento del sistema.

El problema principal en la identificación del sistema es encontrar un modelo con la estructura adecuada, dentro de la cual se puede encontrar un buen modelo [1]. El ajuste de un modelo dentro de una estructura determinada (estimación de parámetros) es en la mayoría de los casos, un problema menor. Una regla básica en estimación es "no estimar lo que ya se sabe". Esto quiere decir que se debe tener conocimiento y comprensión física sobre el sistema, antes de la selección de la estructura del modelo [1]. De entre los diferentes métodos de identificación para caso se han utilizado los métodos paramétricos, y entre ellos tenemos:

- Modelo ARX
- Modelo ARMAX
- Modelo OE

La figura 1, muestra el esquema general para realizar una identificación [6].

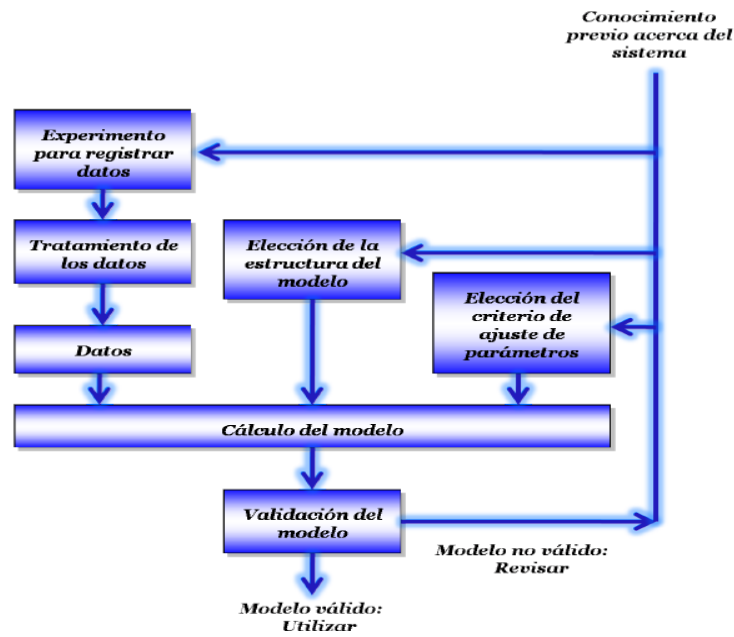


Figura 1. Identificación de un sistema.

2. MODELOS PARAMETRICOS

Los modelos utilizados se llaman auto regresivos, y son modelos discretos lineales en el que la salida en el instante de muestreo “n” se obtiene a partir de valores pasados de la salida y de la entrada [8]. De la variedad existente, se puede resumir en una sola función, la cual se puede ir simplificando para lograr los modelos a analizar [2]. La tabla I muestra la función general y las simplificaciones a realizar para obtener un método en particular que conlleva a cada modelo paramétrico.

Tabla I

TIPO DE MODELO	CONDICION	ESTRUCTURA RESULTANTE
ARX	$F(q^{-1}) = D(q^{-1}) = C(q^{-1}) = 1$	$A(q^{-1})y(t) = [B(q^{-1})][u(t)] + e(t)$
OUTPUT ERROR (OE)	$C(q^{-1}) = D(q^{-1}) = A(q^{-1}) = 1$	$y(t) = \frac{B(q^{-1})}{F(q^{-1})} [u(t)] + e(t)$
ARMAX	$F(q^{-1}) = D(q^{-1}) = 1$	$A(q^{-1})y(t) = [B(q^{-1})][u(t)] + [B(q^{-1})][e(t)]$

Tabla I. Tipos de modelos paramétricos, su función general y las simplificaciones a realizar.

Antes de aplicar el modelo paramétrico, se debe seguir una metodología de análisis, la cual se indica en la figura 2 [3].



Figura 2. Metodología de análisis

3. MODELO DEL GENERADOR DE VAPOR

Se considera un modelo de un generador de vapor mostrado en la figura 3, para poder llevar a cabo lo identificación de sistemas ocupando los modelos ya mencionados anteriormente.

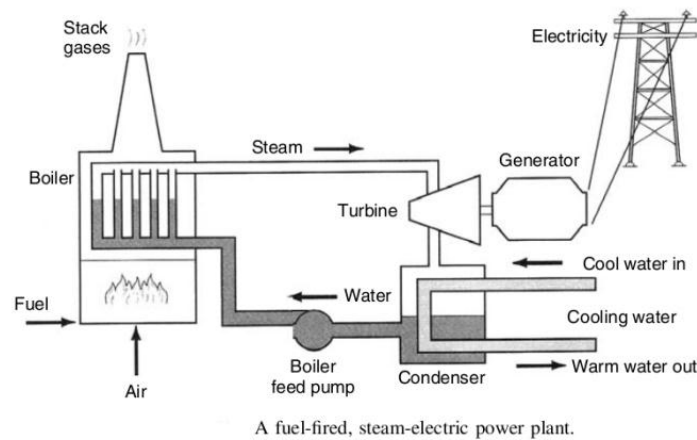


Figura 3. Modelo de un generador de vapor.

Los datos obtenidos a partir del sistema del generador de vapor tienen las siguientes consideraciones mencionadas en [4], que son:

- Un tiempo de muestreo de 3×10^{-4} segundos.
- Consta de 3 entradas:
 - U_1 = Escala de combustible 0-1
 - U_2 = Escala de aire 0-1
 - U_3 =Alteración definida por el nivel de carga.
- Tiene 4 salidas:
 - Y_1 = Presión del tambor en PSI
 - Y_2 = exceso de oxígeno en los gases de escape
 - Y_3 = Nivel de agua en el tambor
 - Y_4 = Flujo de vapor en Kg/s

Cabe mencionar que los datos experimentales de este proceso se obtuvieron de la base de datos de DAISY [5].

4. OBTENCION DEL MODELO UTILIZANDO LA IDENTIFICACION DE SISTEMAS

Para desarrollar la identificación, se ha utilizado la ayuda del software matlab. Se cuentan con los datos experimentales del proceso, los cuales se importan al software para generar un archivo “.mat”.

Una vez ya importados los datos, se procede a clasificar las diferentes columnas tales como las de entrada, de salida y de tiempo; en este caso como se intenta modelar la salida del nivel de agua en el tambor con las diferentes entradas del sistema, se tendrá como prioridad las columnas 2 y la 5 pertenecientes a las entradas y las columnas 1 y 5 pertenecientes al tiempo y al nivel de agua en el tambo, respectivamente.

Después se procede a obtener los modelos matemáticos de las estructuras: ARX, ARMAX y OE. También se obtiene las graficas de las salidas ante estos modelos de referencia.

Para esto se generó un programa con extensión “.m” en matlab, en el cual se obtiene la identificación de las salidas del modelo, cabe mencionar que e buscó la mejor sintonización para cada caso variando los parámetros de cada modelo de referencia.

4.1. Modelo ARX

Se utilizó el comando ARX de matlab, el cual estima los parámetros del modelo ARX usando mínimos cuadrados. Para una mejor sintonización, se estimaron cada uno de los parámetros del polinomio del modelo ARX. Al llevar a cabo esto, se obtuvieron las graficas mostradas en las figuras 4, 5 y 6, las cuales muestran la aproximación que tiene el modelo identificado al modelo real del generador de vapor.

En la figura 4 se muestra la comparación de la salida 3, real del sistema ante la entrada 1, con la salida identificada. Los valores de nb, na y nk que se utilizaron en la función ARX son los siguientes: >> ARX=arx (gen_vap, [2 1 1]).

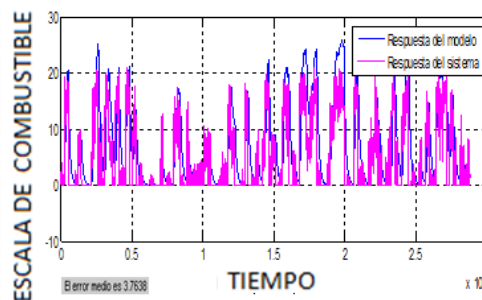


Figura 4. Modelo ARX, aproximándose al modelo del generador de vapor con la entrada U_1

El error que se obtiene entre estas 2 gráficas es de 3.7639. Dentro del mismo programa se obtuvo la función de transferencia de esta salida la denota la ecuación 1:

$$\frac{0.007497 s + 0.006747}{s^2 + 0.5453 s + 0.004316} \quad (1)$$

En la figura 5 se muestra la comparación de la salida 3, real del sistema ante la entrada 2 con la salida identificada. Los valores de nb, na y nk, que se utilizaron en la función ARX son los siguientes: >> ARX=arx (gen_vap, [3 2 1]).

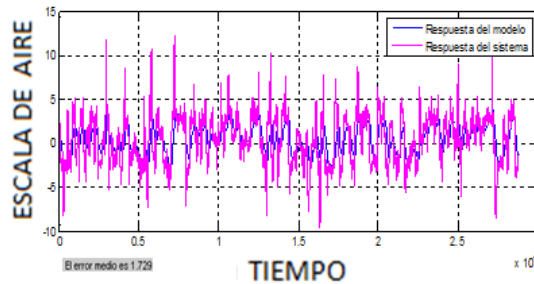


Figura 5. Modelo ARX, aproximándose al modelo del generador de vapor con la entrada U_2 . El error que se obtuvo entre las 2 gráficas es de: 1.6714. Dentro del mismo programa se obtuvo la función de transferencia de esta salida la cual se describe en la ecuación 2:

$$\frac{0.002231 s^2 + 0.0005056 s + 0.0003201}{s^3 + 0.4833 s^2 + 0.05606 s + 0.000382} \quad (2)$$

En la figura 6 se muestra la comparación de la salida 3, real del sistema ante la entrada 3, con la salida identificada. Los valores de nb, na y nk que se utilizaron en la función ARX son los siguientes: >> ARX=arx (gen_vap, [5 3 1]).

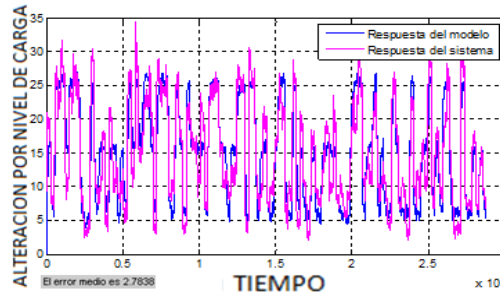


Figura 6. Modelo ARX, aproximándose al modelo del generador de vapor con la entrada U_3 . El error que se obtiene entre estas 2 graficas es de 2.7838. Dentro del mismo programa se obtuvo la función de transferencia de esta salida la cual la describe la ecuación 3:

$$\frac{0.3692 s^4 + 0.1099 s^3 + 0.1912 s^2 + 0.1041 s + 0.007131}{s^5 + 1.172 s^4 + 0.7035 s^3 + 0.2292 s^2 + 0.01632 s + 0.0002429} \quad (3)$$

4.2. Modelo ARMAX

Se utilizó el comando ARMAX de matlab, el cual estima los parámetros del modelo ARMAX usando mínimos cuadrados. Para una mejor sintonización, se estimaron cada uno de los parámetros del polinomio del modelo ARMAX. Al llevar a cabo esto se obtuvieron las graficas mostradas en las figuras 7, 8 y 9, las cuales muestran la aproximación que tiene el modelo identificado al modelo real del generador de vapor.

En la figura 7 se muestra la comparación de la salida 3, real del sistema ante la entrada 1, con la salida identificada. Los valores de nb, na y nk que se utilizaron en la función ARMAX son los siguientes: >> ARMAX=arimax (gen_vap, [5 4 1 0]).

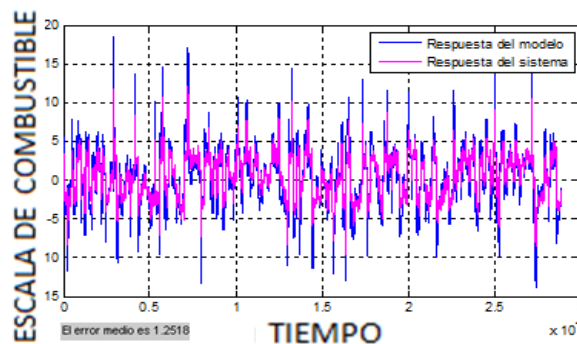


Figura 7. Modelo ARMAX, aproximándose al modelo del generador de vapor con la entrada U_1 . El error que se obtiene entre estas 2 graficas es de: 1.2518. Dentro del mismo programa se obtuvo la función de transferencia de esta salida la cual la describe la ecuación 4:

$$\frac{0.1789 s^5 + 0.2573 s^4 + 0.4119 s^3 + 0.1402 s^2 + 0.0111 s + 4.762 e^{-5}}{s^5 + 0.6692 s^4 + 0.6527 s^3 + 0.1192 s^2 + 0.006535 s + 5.909 e^{-5}} \quad (4)$$

En la figura 8 se muestra la comparación de la salida 3, real del sistema ante la entrada 2, con la salida identificada. Los valores de nb, nn, na y nk que se utilizaron en la función ARMAX son los siguientes: >> ARMAX=armax (gen_vap, [7 2 2 0]).

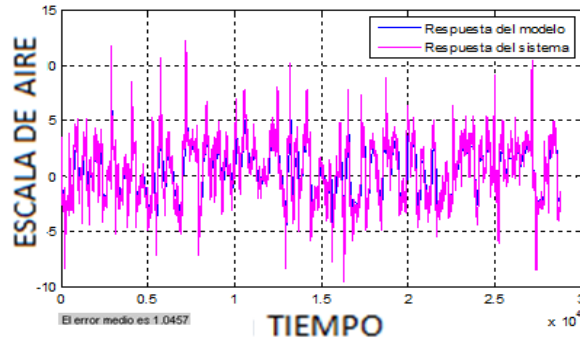


Figura 8. Modelo ARMAX, aproximándose al modelo del generador de valor con la entrada U_2 . El error que se obtiene entre estas 2 graficas es de 1.0457. Dentro del mismo programa se obtuvo la función de transferencia de esta salida la cual se muestra en la ecuación 5:

$$\frac{0.04355 s^7 + 0.05629 s^6 + 0.07956 s^5 + 0.0495 s^4 + 0.0242 s^3 + 0.00591 s^2 + 0.000667 s + 7.719 e^{-6}}{s^7 + 0.997 s^6 + 1.559 s^5 + 0.6709 s^4 + 0.3504 s^3 + 0.03148 s^2 + 0.001276 s + 9.32 e^{-6}} \quad (5)$$

En la figura 9, se muestra la comparación de la salida 3, real del sistema ante la entrada 3 con la salida identificada. Los valores de nb, nn, na y nk que se utilizaron en la función ARMAX son los siguientes: >> ARMAX=armax (gen_vap, [5 4 2 0]).

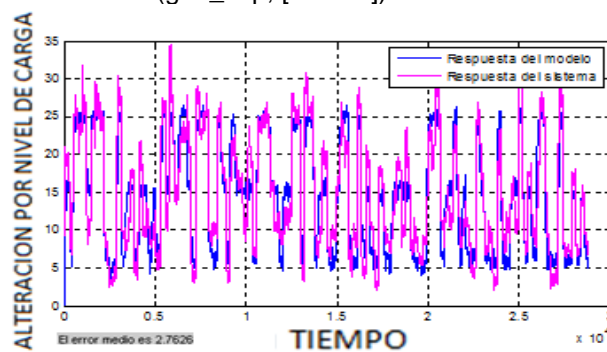


Figura 9. Modelo ARMAX, aproximándose al modelo del generador de vapor con la entrada U_3 . El error que se obtiene entre estas 2 graficas es de: 2.7626. Dentro del mismo programa se obtuvo la función de transferencia descrita en la ecuación 6:

$$\frac{0.05044 s^5 + 0.2346 s^4 + 0.1836 s^3 + 0.2325 s^2 + 0.2273 s + 0.002395}{s^5 + 1.363 s^4 + 0.9907 s^3 + 0.309 s^2 + 0.01158 s + 8.31 e^{-5}} \quad (6)$$

4.3. Modelo OE

Se utilizó el comando OE de matlab, el cual estima los parámetros del modelo OE usando mínimos cuadrados. Para una mejor sintonización, se estimaron cada uno de los parámetros del polinomio del modelo OE. Al llevar a cabo esto se obtuvieron las graficas mostradas en las figuras 10 y 11, las cuales muestran la aproximación que tiene el modelo identificado ante el modelo real del generador de vapor.

En la figura 10, se muestra la comparación de la salida 3, real del sistema ante la entrada 1, con la salida identificada. Los valores de nb, na y nk que se utilizaron en la función OE son los siguientes: >> OE=oe (gen_vap, [2 2 1]).

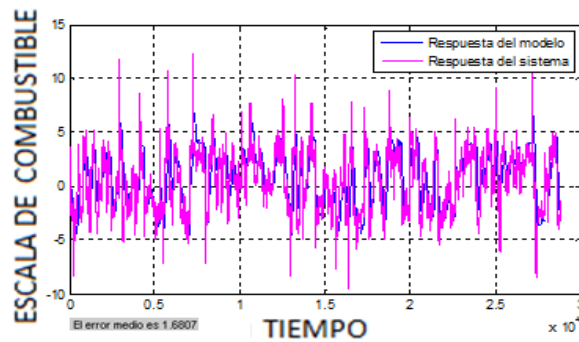


Figura 10. Modelo OE, aproximándose al modelo del generador de vapor con la entrada U_1 . El error que se obtiene entre estas 2 graficas es de: 1.6807. Dentro del mismo programa se obtuvo la función de transferencia OE descrita por la ecuación 7:

$$\frac{0.01135 s - 5.653 e^{11}}{s^2 + 0.008339 s - 4.142 e^{-11}} \quad (7)$$

En la figura 11, se muestra una comparación de la salida 3, real del sistema ante la entrada 2, con la salida identificada. Los valores de nb, na y nk, que se utilizaron en la función OE son los siguientes: >> OE=oe (gen_vap, [2 2 0]).

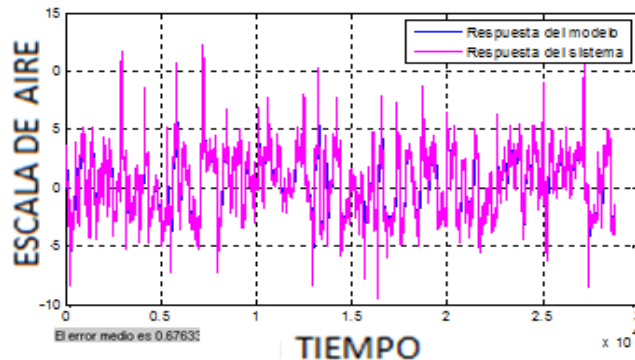


Figura 11. Modelo OE, aproximándose al modelo del generador de vapor con la entrada U_2 . El error que se obtiene entre estas 2 graficas es de: 0.67633. Dentro del programa se obtuvo su función de transferencia de esta salida la cual la describe la ecuación 8:

$$\frac{0.1244 s^2 + 0.04439 s + 3.453 e^5}{s^2 + 0.05214 s + 4.007 e^{-5}} \quad (8)$$

5. CONCLUSIONES

El procedimiento propuesto permite obtener modelos ARX, ARMAX y OE; donde nos darán una mayor facilidad de comprender los parámetros importantes a tener en cuenta al momento de evaluar los modelos resultantes de un generador de vapor. Consideraciones como la complejidad del modelo, reflejada en el orden de los polinomios y que se reflejará en la complejidad de su implementación. Los modelos paramétricos han demostrado su utilidad, además de su simplicidad de aplicación.

6. REFERENCIAS

1. William Ipanaqué, Italo Chinchay, *Identificación de un modelo para un control pH*, universidad de Piura, (2011).
2. Oscar-Avedaño, *Identificación de un sistema utilizando lógica difusa*, Tesis en Maestría en Ciencias de la Electrónica, Agosto (2008).
3. Irineo López, Abraham Rojano, Waldo Ojeda y Raquel Salazar, *Agrociencia*, **41**, 2, 181-192, (2007).

4. Gordon Pellegrinetti, Joseph Bentsman, IEEE Transactions on control systems technology, **4**, 1, 58 – 65, (1996).
5. B. De Moor. Daisy: Database for the identification of systems. *Department of electrical engineering*, ESAT/SISTA, page <http://homes.esat.kuleuven.be/~smc/daisy/daisydata.html>.

DISEÑO DE UNA ASPA PARA UN GENERADOR EÓLICO POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS

Renán González Espinosa, Francisco Arroyo Rodríguez, Iramy Córdova Castillo
Instituto Tecnológico de Cancún

rage7011@hotmail.com

arroyofra@hotmail.com

harumy_itc@hotmail.com

RESUMEN

El presente artículo expone la metodología que se lleva a cabo para el diseño de un perfil de aspa para un generador eólico de 1 KW empleando el Análisis por Elementos Finitos con la ayuda de un programa de cómputo denominado SolidWorks. Se describe paso a paso el procedimiento de utilización del software, se analizan y comparan los resultados obtenidos insertando las ecuaciones de deformación, incluyendo diferentes simulaciones como: velocidades de viento desde 0 hasta 270 km/h, con distintos perfiles, cargas y materiales; observando las deformaciones obtenidas. Se concluye dando las dimensiones óptimas para el mejor funcionamiento empleando el mínimo de material.

ABSTRACT

This paper presents the methodology that takes place for the design of a blade for a 1 KW wind generator using Finite Element Analysis (FEA) with help of SolidWorks software. It describes step by step procedure to use the software, analyzed and compared the results obtained by inserting the equations of deformation, including different types of as simulations: wind speeds from 0 to 270 km/h, with different profiles, charges and materials. It concludes with optimal dimensions for best performance using the least material.

1 INTRODUCCIÓN

La sociedad cambia vertiginosamente y las Instituciones de Educación Superior se tienen que adaptar a estas grandes modificaciones [2]. En este mundo globalizado las industrias emplean cada vez más herramientas de *hardware* y *software*, modificando así la forma de aprender el concepto del Diseño Asistido por Computadora (CAD *Computer Aided Design*); actualmente se concibe como la integración del diseño y análisis es decir CAD unida al CAE (*Computer Aided Engineering*), estas nuevas técnicas requieren cada vez más memoria RAM y más velocidad en el proceso para poder visualizar los resultados en una forma clara y fácil de entender, lo que ha permitido que se tengan creadores de tecnologías que mejoran la calidad del producto terminado mejorando su diseños rápidamente, además permite la automatización de los procesos industriales, dando a lugar a *la manufactura esbelta* [14]. Con todo esto hemos obtenido poderosas herramientas para desenvolvernos como Ingenieros diseñador; tanto en la parte del diseño y transformación, como en la implementación de nuevos prototipos más amigables al mundo que nos rodea.

Antiguamente en la revolución industrial, un cambio se tardaba mucho tiempo en realizarse, ya que todo se hacía por el método causa-efecto; los cambios se realizaban artesanalmente, poco a poco y en ocasiones se quedaba solamente en la idea; ahora en este siglo XXI, los cambios se realizan rápidamente, asistidos por computadoras, alcanzan hoy un alto nivel de desarrollo e implementación y son actualmente una necesidad para sobrevivir a los mercados cada vez más competitivos; además debe tenerse en tener en cuenta el deterioro de la naturaleza (huella de carbón de cada material), aumentar el tiempo de vida y la calidad del producto, bajar los costos, acortando tiempos de producción, además de escoger materiales o procesos que no dañen el medio ambiente logren un desarrollo sustentable; todo esto es una disertación de la cual nos evocamos pensando en hacer algo por el nuestro planeta y no solo una simulación, también por el compromiso de razonar que le dejamos a las futuras generaciones.

Algunos de los campos donde se ha desarrollado más el empleo de herramientas CAD/CAE/CAM son el automotriz y aeroespacial. Existen diferentes programas de cómputo para diseño de máquinas que funcionan como herramientas para dar solución a algún problema específico para el cual fueron creados. El diseño puede dividirse en dos grandes categorías: la primera el diseño en sí de un producto que debe de basarse en Normas Nacionales y/o Internacionales y la segunda el diseño de un sistema o de un proceso, cuyos equipos tomen en cuenta restricciones de presupuestos, funcionalidad, fatiga del producto,

demanda de necesidades de los clientes, materiales, capital humano, energía de producción, etc.

El mejoramiento de los diseños o rediseño es la etapa con que se empieza a trabajar en el CAD, se consideran 3 áreas:

- Modelado geométrico, simulación, animación y gráficos para representar las ideas con el empleo ordenado de imágenes que creen una idea o prototipo digital que pueda ser analizado en el proceso de diseño.
- El análisis del diseño considerando mecanismos, propiedades de los materiales, funcionalidad y uso del ser humano.
- Visualización de los diseños con ayuda de planos ortogonales, dibujos, axonométricos y representación de un modelo tipo alambre de superficie o sólidos.

El modelo deberá de representar lo más cercano posible a la realidad que se desea obtener como producto final y el grupo de diseñadores determinan si el modelo digital satisface o no los requerimientos y luego aplicar métodos matemáticos para tratar de darles forma para aplicar métodos numéricos para obtener la solución.

Cuando los ingenieros o diseñadores emplean el CAE para revisar las posibilidades de diseño, y estas se ejecutan y aplican adecuadamente, se pueden obtener, en tiempos relativamente cortos, soluciones con un alto grado de confianza, obteniendo así además se tiene la posibilidad de realizar pruebas de ciclos de vida y efectos de temperatura simulando desgastes, fricciones, etc.

Los Análisis por Elementos Finitos (FEA) permiten disminuir la cantidad de prototipos, ya que permiten analizar diferentes puntos de vista cambiando geometrías, materiales, densidades, esfuerzos últimos de tracción, módulos de elasticidad y rigidez, y en un momento, personalizar las propiedades mecánicas del material, características que pueden fijar ciertos valores referenciales de coeficientes de seguridad y desgaste, dando la posibilidad de cambiar geometría, materiales y otras propiedades en la computadora, reduciendo tiempos de creación de prototipos o errores de producción. El FEA es una de las herramientas más poderosas ya que se han comprobado sus excelentes resultados y soluciones a problemas de diseño en ingeniería y ciencias aplicadas, haciéndola una pieza invaluable en el proyecto o producto final. Existen diferentes desarrolladores de programas CAD/CAE/CAM, sin embargo para el Análisis de Elementos Finitos (FEA) entre los más sobresalientes en el mercado se exponen entre otros: **Dassault Systemes**, sociedad francesa que desde 1980 se dedica al desarrollo de software con aplicaciones en aeronáutica, automotrices y mecánica arquitectónica entre otros. Del desarrollo de diferentes productos [8] algunos de los principales se muestran en la Tabla I.

Tabla I Productos desarrollados por Dassault Systemes.

Nombre	Descripción del producto
3DSWYM	Plataforma que permite a la industria o empresa crear su entorno en línea incluyendo proveedores, consumidores y sugerir al fabricante ideas aun dando salidas ecológicas.
3DVIA	Permite utilizar o reutilizar los datos de diseños en 3D para crear con mayor rapidez productos para la comercialización, como ilustraciones técnicas y animaciones, con la posibilidad de que sean interactivas, dando desde el punto de vista comercial una visión clara y fácil de comprender de los productos terminados y sus aplicaciones
CATIA	Permite crear una gran cantidad de ensamblajes en 2 o 3 dimensiones aplicables desde la inyección de plásticos, forja y fundición en metales y con aplicaciones de moldeo incluyendo tolerancias mecánicas reales.
DELMIA	Herramienta digital que permite desde la creación, planificación, supervisión y control de los procesos simulando procesos de soldadura, machueado y los trabajos de los robots.
ENOVIA	Plataforma que permite la colaboración de diferentes procesos o ideas aunque sean de diferentes áreas químicas, mecánicas o eléctricas.
SIMULIA	Solución para el Análisis de Elementos Finitos (FEA) y simulaciones

	de ciclo de vida y fatiga extrema.
SOLIDWORKS	Ofrece soluciones sobre el diseño de los equipos donde se puede simular el producto final en el mundo real sin tener que construir el prototipo.

Otros programas son:

El Software **IronCAD**, potente herramienta que tiene la versatilidad de emplearse en el diseño en 2D y 3D, además de ser relativamente fácil su empleo y más ligera su instalación, aun con el uso de sus bibliotecas [11].

Aertia software desarrolló el programa VisualNastran 4D (vN4D) que tiene la posibilidad de combinar la tecnología de controles CAD, con movimientos y realizar modelos con ayuda del análisis por medio de FEA; además es compatible con otros software del mercado [1].

Design Simulation Technologies, Inc. (dts) es un grupo que presenta su software denominado Working model 2D, que como su nombre indica, realiza simulaciones en 2 dimensiones. La diferencia de este programa con sus competidores es que puede detener, reiniciar o hacer paso a paso una simulación desde cualquier momento, realizando mediciones, aplicando fuerza, par, aceleración y los valores de entrada pueden ser desde Matlab o Excel; se pueden realizar simulaciones de colisiones o contacto a diferentes velocidades, también almacenando los datos en formatos AVI para repetir posteriormente [9].

Autodesk es una compañía americana dedicada al desarrollo de software para diseños en 2D o 3D además de otros mecanismos; dirigido a industrias productoras, su sede está en San Rafael California y tiene productos [3] como los listados en la Tabla II.

Tabla II Productos desarrollados por Autodesk.

Nombre	Descripción del producto
AutoCAD Mechanical	Proporciona una ayuda para el diseño en 2D o 3D aunque la versión es del 2009, salió del mercado por problemas [4]; en el 2012 ofrece un programa con óptimos resultados.
Autodesk 3Ds Max Design	Programa enfocado a la animación y modelado, incrementa la productividad de los artistas y diseñadores ya que tiene efectos visuales y gráficos enfocados a los arquitectos o ingenieros especialistas en visualización.
Autodesk Maya	Producto dirigido a los artistas que requieren animación y modelado de efectos visuales de cine o rastreo de movimiento, juegos, publicidad o diseño gráfico.
<i>Inventor</i>	Software basado en técnicas de modelado mecánico en 3D paramétrico, el cual consiste en modelar la geometría y dimensiones. A medida que se modifican las dimensiones, se modifican las características geométricas del modelo, en el cual se pueden corregir los ensambles de diferentes piezas dentro del mismo diseño y al mismo tiempo realizar prototipos digitales reduciendo costos.

EDA (Engineering Design Automation, Inc), tiene un software llamado Solid Edge, desarrollado para crear y manipular prototipos en 3D y a diferencia de otros puede manejar uno o varios ensambles simultáneos ahorrando así mucho tiempo [10].

NISA Software es una empresa que presenta diferentes productos [12], para diseño en diferentes ramas, tales como se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla III Productos desarrollados por NISA Software.

Nombre	Descripción del producto
NISA Civil	Aplicado en ingeniería estructural o arquitectura para análisis, diseño de las estructuras de RCC y acero aplicada en edificios de oficinas, complejos de departamentos, puentes, torres, arreglos de riego y de contención de agua, además genera automáticamente dibujos en AutoCAD y presenta informes y gráficos.
NISA/3D Fluid	Realiza análisis por medio de FEA y en la dinámica de fluidos analiza problemas de transferencia de calor. Se pueden simular

	flujos viscosos, laminares y turbulentos, no newtonianos y simula tambien la radiación de la superficie de transferencia.
NISA design Studio	Es un derivado de NISA / Civil para cálculos más ligeros
EMAG	Programa para cálculo en FEA para determinar la distribución de campo eléctrico y magnético en dispositivos electromagnéticos aplicando ecuaciones de Maxwell.

PTC (The Product Development Company) creador de los programas para diseño presenta una familia enorme de productos [13], como los mostrados en la Tabla IV.

Tabla IV. Familia de productos ofrecida por PTC.

Nombre	Descripción del producto
Arbortext	Programa para publicación dinámica de PTC para simplificar la creación, gestión y publicación de información técnica en una organización.
CADD5 5 Clash Detection and Management Solution	Permite detectar colisiones a lo largo del proceso del desarrollo del producto.
CADD5 5 Harness and Cabling Option	Automatiza el diseño 2D o 3D y el mecanizado de mazos, cables o diagramas de cableado en la industria naval, automotriz y aeronáutica.
CADD5 5 HVAC and Outfintting Design Option	<i>Presenta el proceso de diseño para sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, obtiene desde estructuras, soportes y demás accesorios.</i>
CADD5 5 Modeling Foundation	Aplicable para realizar presentaciones en modelado híbrido.
Creo Direct	Software de modelado directo 3D rápido.
Creo Element/Direct Drafting	Software de diseño CAD en 2D.
Creo Element/Direct Model Manager	Software PDM para gestión de datos.
Creo Elements/Direct Modeling	Software de diseño CAD directamente en 3D.
Creo Illustrate	Para realizar ilustraciones técnicas en 3D.
Creo Layout	Soluciones de ingeniería conceptual en 2D.
Creo Parametric	Software CAD/CAM/CAE en 3D paramétrico integrado.
Creo Schematics	Soluciona diagramas de sistemas ruteados en 2D.
Creo Simulate	Software para simulación estructural y térmica.
Creo Sketch	Software para diseño en 2D a mano alzada.
Creo View MCAD	Para elaborar y anotar geometrías en ECAD.
Windchill	Software de gestión de contenido de procesos.
Windchill Business reporting	Para crear informes y análisis de información de productos y procesos en tiempo real de toda la empresa.
Windchill Integrations	Contiene una gran gama de herramientas para conectar sistemas y base de datos
Windchill Product Analytics	Para optimizar el rendimiento de los productos en varias dimensiones.
Windchill Service	Para organizar y gestionar contenidos del servicio y piezas en el contexto de estructuras de productos.
Windchill Utilities	Proporciona soluciones centralizadas y coordinadas para tareas de todo el sistema.

2. DESARROLLO DEL PROBLEMA

En el diseño de elementos de máquina, las aspas de un generador eólico son tan importantes para dar el movimiento a este como el generador mismo, de hecho hay una gran variedad de estas aspas la forma geométrica que presenta se debe al lugar donde se va a utilizar. En efecto se tienen varias opciones de materiales a emplear como: plástico, madera, aluminio, y fibra de vidrio, entre otros, además los materiales se pueden personalizar y seleccionar. El resultado es la obtención del peso, ya que con éste se puede obtener su densidad volumétrica, así como cuantificar su volumen.

2.1 Solución por medio de Análisis por Elementos Finitos.

Para desarrollar esto por medio de FEA es necesario suponer una viga en voladizo, ya que el aspa estará empotrada en eje del rotor. Posteriormente la se requieren tener las propiedades de forma del primer material supuesto en la fabricación del aspa, [5] que son las siguientes:

		Unidades
E	es el módulo de elasticidad	N/m ²
F	es la fuerza de arrastre	N
I	es el momento de inercia	m ⁴
L	es la longitud	M
M	es el momento flexionante	N m

Se tiene que plantear la matriz unitaria con respecto a las fuerzas cortantes; para este análisis se despreciaron las fuerzas axiales y se tomó en cuenta el momento flexionante de la viga en voladizo; como se muestra en la figura 1.

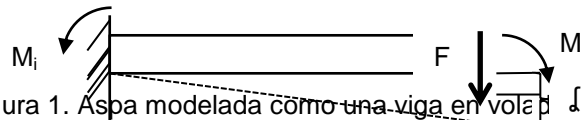


Figura 1. Aspa modelada como una viga en voladizo

Para calcular las deflexiones en un desplazamiento transversal, que está dado por la deformación de la viga provocada por la aplicación de una fuerza F en forma perpendicular a la sección, la cual se expresa con las relaciones siguientes:

$$K_0 = \frac{3EI}{L^3} \quad (\text{Para fuerza cortantes } V)$$

$$K_1 = \frac{2EI}{L^2} \quad (\text{Para momento flexionante } M)$$

Al plantear [7] las ecuaciones de deflexión y del desplazamiento unitario, se forma la matriz de rigidez de [4x4] ya que se desprecian las fuerzas por carga axial, queda de la manera siguiente:

$$K = \begin{vmatrix} \frac{3EI}{L^3} & -\frac{3EI}{L^3} & 0 & 0 \\ -\frac{3EI}{L^3} & \frac{3EI}{L^3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2EI}{L^2} & -\frac{2EI}{L^2} \\ 0 & 0 & -\frac{2EI}{L^2} & \frac{2EI}{L^2} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_i \\ V_j \\ M_i \\ M_j \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \delta_i \\ \delta_j \\ \phi_i \\ \phi_j \end{vmatrix}$$

Al solucionarla se obtendrán la deflexión máximas de curvatura en el extremo de la aspa y el ángulo máximo de curvatura ($\delta_i \delta_j \phi_i \phi_j$).

Donde los valores reales son:

$$E = 8.29 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$I = 1.40 \times 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$L = 0.745 \text{ m}$$

$$V_j = 121 \text{ N}$$

$$M_j = 90.145 \text{ N m}$$

Sustituyendo los valores de las propiedades mecánicas y de forma en la matriz anterior se obtiene la deflexión máxima y el ángulo máximo de curvatura:

- El valor de la deformación máxima = 9.96 mm
- El ángulo máximo de la curvatura del aspa = 0.7422 rad. (42° 31' 29")

Por lo que se puede deducir que **el aspa fabricada en madera de caoba, aplicando una fuerza de 121 N no se fractura.**

2.2 Solución por medio de SolidWorks

El software SolidWorks se empleó en el diseño y la simulación del aspa por las razones siguientes:

- Adaptabilidad con los diseños en AutoCAD.
- Soluciones en 3D para el diseño de los productos mecánicos, logrando obtener la gestión de datos.
- Es muy amigable su uso y navegación en su entorno.
- El diseño se realiza fácilmente si tener que llegar a construir el prototipo.
- Contiene un software de sostenibilidad el cual al término del diseño permite a los diseñadores seguir la huella de carbón de los productos y reducir con esto la contaminación, porque evalúa el ciclo de vida; se puede ver también en qué región se hace el material y tomar en cuenta la fabricación, usos y disposición y si afectará al entorno antes de iniciar la fabricación.
- Los gráficos dan una visión de lo acontecido en el material o elementos por medio de desplazamiento o gráfica de tensión de Von Mises, también se obtiene el mallado de los puntos nodales, se muestra el factor de seguridad bajo condiciones de carga preestablecida [15].

Al tomar en cuenta el diseño de un aspa del generador eólico el cual por requerimientos tiene que rediseñar, se complica su elaboración ya que no se cuenta con los materiales y financiamiento para el maquinado con diferentes materiales de las piezas y ser sometidas a pruebas.

Pero gracias al software SolidWorks se pueden modificar los componentes para tomar así la mejor decisión en la selección del material, forma del perfil e incluso someterla a pruebas de deformación, puntos con mayor concentración de esfuerzos, factor de seguridad y pruebas aerodinámicas en un túnel de viento virtual, lo que resulta un considerable ahorro de material y maquinado.

2.3 Modificación de parámetros en SolidWorks

Para rediseñar el modelo de un aspa previamente construida utilizamos el programa SolidWorks ya que este por el entorno que maneja permite modificar la forma del aspa al estar en formato CAD, la inclinación del perfil, el acabado de la superficie, el material y las características mecánicas del material.

Tomando en cuenta las condiciones iniciales del aspa como: la forma del perfil, volumen de la pieza, la masa (peso) y las propiedades mecánicas, se modifica solo una condición: el material. Dentro del software se encuentran una extensa cantidad de materiales con sus propiedades mecánicas preestablecidas, de las cuales se pueden seleccionar el que se considere apto para la pieza (el programa permite personalizar el material en caso de no contar con él); una vez seleccionado el material, el paquete permite calcular la masa de la pieza, en base al volumen de ésta, considerando que la condición del prototipo inicial se considera tiene una masa de 620 gr. Con la cual se puede comparar con la calculada por el software, pudiendo así tomar la decisión de emplear un material determinado o variarlo al gusto del diseñador.

Una vez aprobado el material, se comparan las propiedades mecánicas de éste, con las que tiene el prototipo. Se toma la decisión de qué material posee las mejores propiedades.

Considerando todo lo anterior se somete la pieza a pruebas de: deformación, y de mayor concentración de esfuerzo (Von Mises) y aerodinámicas considerando condiciones de diseño críticas como: velocidades del viento cercanas a 270 Km/h y fuerzas de arrastre debido al viento de hasta de 110 N.

Si el material pasa todas las pruebas está listo para ser maquinada la pieza con el material especificado.

A continuación se muestra el Diagrama de flujo empleado para el rediseño del aspa; se inició con madera de cedro tratada, se continuó con plástico y posteriormente con fibra de vidrio.

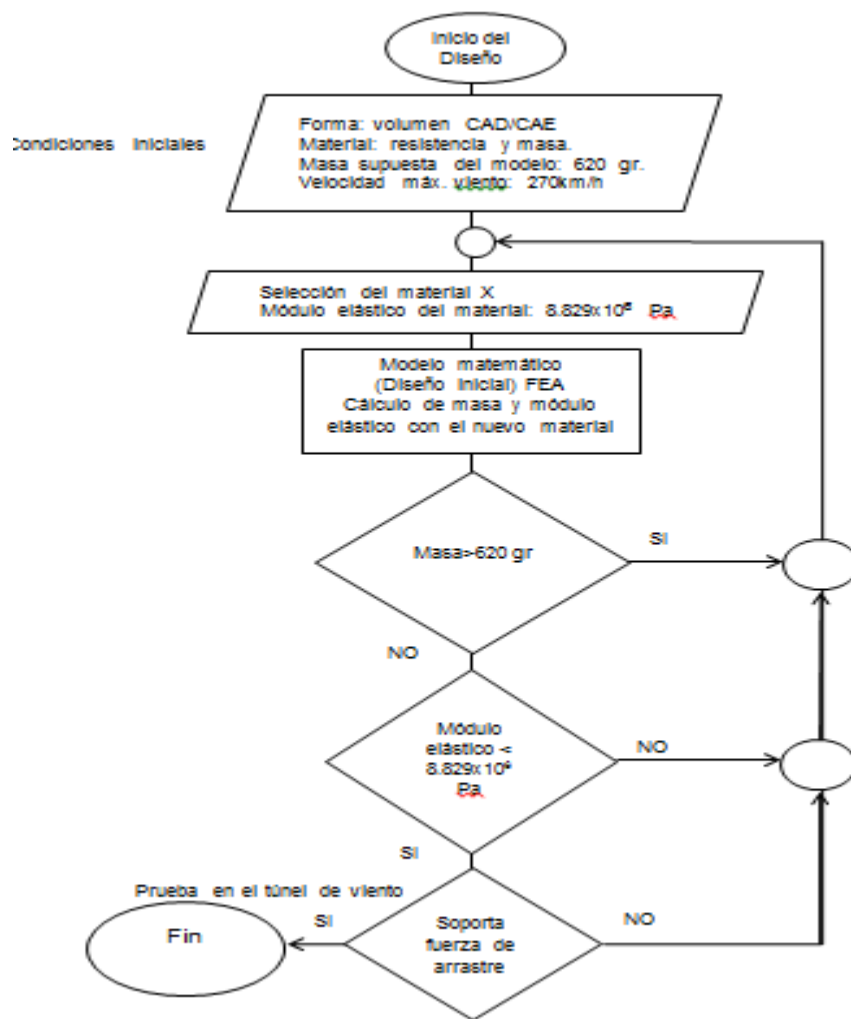


Figura 2. Diagrama de flujo para cálculo de aspa por medio de SolidWorks

Figura 2. Diagrama de flujo para cálculo de aspa por medio de SolidWorks

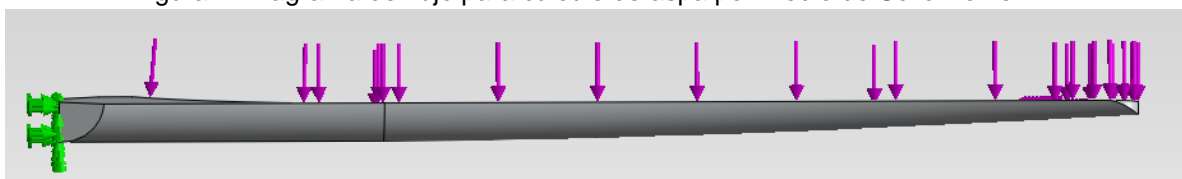


Figura 3. Vista lateral del aspa mostrando su sujeción y las cargas por medio de SolidWorks. En la figura 3 se muestra la forma en la que incide la fuerza uniformemente distribuida en el perfil del aspa y su punto de sujeción (para los cálculos de deformación se considera como una viga en voladizo).

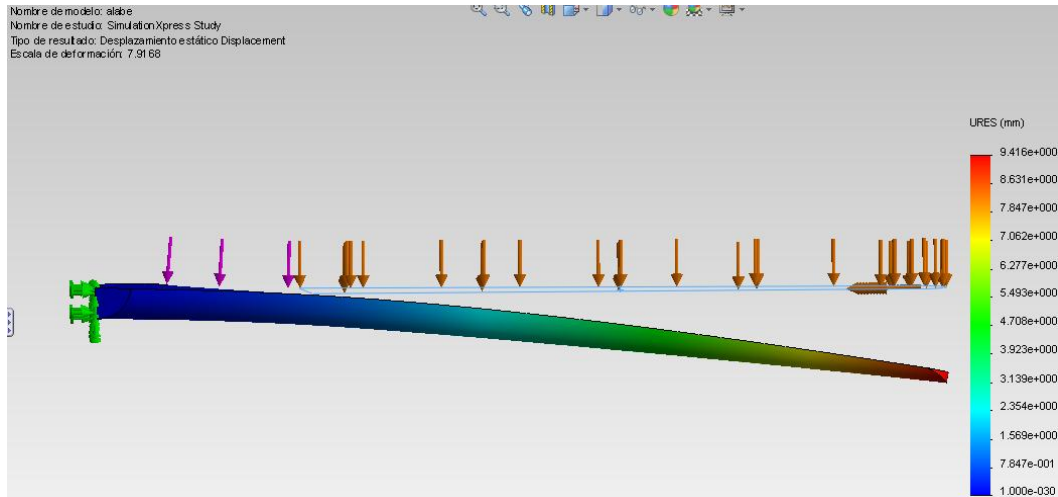


Figura 4. Vista lateral del asa simulando la deformación máxima en SolidWorks
 En la Figura 4, se muestra la deformación del asa al ser sometida una fuerza de arrastre equivalente a vientos de 270Km/h (la deformación máxima se produce en la parte más alejada de la sujeción). **La deformación máxima de la pieza es 9.41 mm en eje Y.**

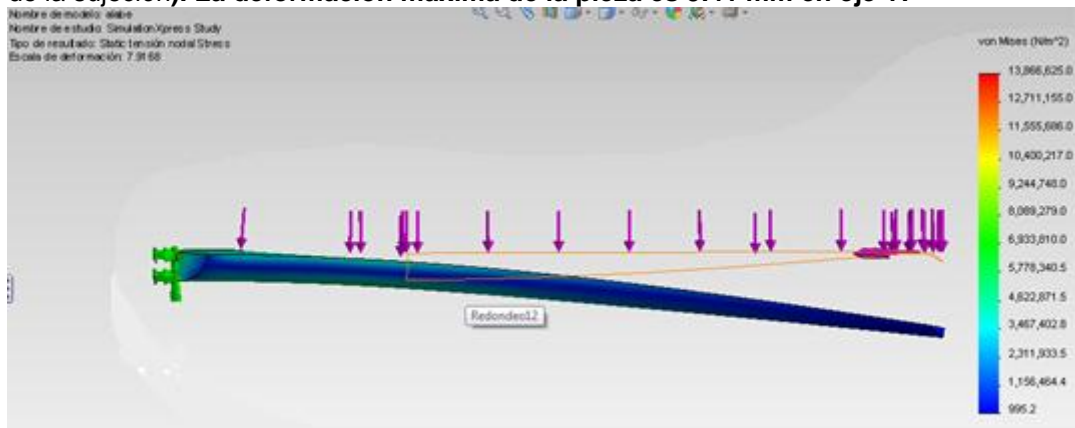


Figura 5. Vista lateral del asa mostrando el diagrama de Von Mises en SolidWorks
 En la Figura 5 se muestra los puntos o nodos con mayor momento de concentración de esfuerzo; éstos se marcan en color rojo y en azul las que tienen un menor momento. El valor máximo de estrés en la pieza es = 13, 886,625.00 N /m²

Figura 6. Vista lateral del asa mostrando el mallado de la pieza en SolidWorks



En la Figura 6 se muestra la representación del asa por medio de un mallado de la pieza, cada cruce es un nodo; siendo cada uno un punto de análisis del modelo. El programa realizó el análisis del elemento en 12842 cruces.

4. CONCLUSIONES

Al tomar en consideración los cálculos realizados en forma analítica y al ejecutar el perfil con los valores en el Software mencionado; se obtienen resultados similares de deformación máxima (9.96 mm en forma analítica y con el SolidWorks 9.41 mm), con esto se simplifican

tiempos de elaboración de prototipos, gastos en materiales y construcción, y permite someterlo a pruebas sin tener costosos aparatos de medición para estas.

5. REFERENCIAS

1. Aertia software. (2012). Productos. [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://www.aertia.com/productos.asp?pid=88>
2. Arroyo, F. (1999). Metodología de la investigación como eje central de otras asignaturas. Trabajo presentado en el XXIII Congreso Nacional de la Academia Nacional de Ingeniería. La educación en Ingeniería, Perspectivas al inicio del Tercer Milenio, Congreso organizado llevado a cabo en Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey Nuevo León, México
3. Autodesk. (2012). Productos. [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://mexico.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=14717071&siteID=1002155>
4. Autodesk. (2009). Problemas que soluciona Autodesk Mechanical Desktop 2009 Service Pack 2. [Aviso a los clientes de Autodesk Mechanical Desktop]. Recuperado de: http://images.autodesk.com/adsk/files/autodesk_mechanical_desktop_2009_sp2_readme_esp.htm#Notes
5. Beer, F., Russell J., Dewolf, J. (2004). Mecánica de Materiales 3ª edición. México Editorial Mc Graw Hill
6. Beer, F., Russell J., Dewolf, J. (2011). Estática 9ª edición. México Editorial Mc Graw Hill. ISBN 13:978-607-15-0537-8
7. Budynas, R., Nisbett, J. (2008). Análisis de Elementos Finitos. México Editorial Mc Graw Hill, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley 8ª Edición (pp.933-953).
8. Dassault Systemes. (2012). Delivering Best in Class Products. [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://www.3ds.com/products/>
9. Design Simulation Technologies. (2012). Working model 2D. [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://www.design-simulation.com/wm2d/index.php>
10. EDA (Engineering Design Asociation). (2012). What we do? [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://www.edainc.net/SolidEdge?gclid=CO-UvZbzg68CFchdTAodkiHp1A>
11. IronCAD. (2012). Products. [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://www.ironcad.com/products/IRONCAD/index.html>
12. NISA Software. (2012). Products. [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://nisasoftware.com/>
13. PTC (The Product development company). (2012). Productos. [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://www.ptc.com/products/index.htm>
14. Rojas, O. (2006). Diseño asistido por computadora. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/id/v9n1/a02v9n1.pdf>
15. SolidWorks. (2012). Software SolidWorks Education Edition. [Publicidad del desarrollador de los programas]. Recuperado de: <http://www.solidworks.es/sw/education/education-software-mcad.htm>

DISEÑO, FABRICACION Y EVALUACION DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE TIPO PEM, PARA LA GENERACION DE ENERGIA EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ.

Benigno Alejandro Del Valle Soberanes, Sergio A. Gamboa Sánchez, Miriam Gutiérrez Macedo, Porfirio R. Nájera Medina, Gerardo Reyes Salgado, Adriana Montes Martínez

¹ Instituto Tecnológico de Cuautla, Metal-Mecánica, Libramiento Cuautla-Oaxaca, Cuautla Morelos. CP 62745, Tel: 01 (777) 35 32203 ext. 219

² Centro de Investigación en Energía, CIE-UNAM, Privada Xochicalco S/N Temixco, Morelos CP 62580, México Tel: 01 (777) 362 00 90

alejandro.delvalle@itcuautla.edu.mx

sags@cie.unam.mx

mgm@cie.unam.mx

cuidatucorreo@itcuautla.edu.mx

gerardo.reyes@itcuautla.edu.mx

RESUMEN

El presente trabajo se encuentra principalmente enfocado a las Celdas de Combustibles del tipo Membranas Intercambiadoras de protones (PEM), las cuales tienen como características principales que operan relativamente a bajas temperaturas (80°C), tienen una alta densidad de potencia, pueden variar sus salidas rápidamente para satisfacer cambios bruscos en la demanda de potencia, tal como en el caso de los automóviles. La propuesta novedosa que se plantea en este trabajo, es la fabricación de platos bipolares, para ello, los materiales utilizados deben mantener buenas características de conducción eléctrica y térmica, ser estables en medio básico o ácido según sea el caso del funcionamiento de la celda de combustible. Es por ello que el estudio de materiales como el aluminio y acero inoxidable es utilizado para la fabricación de platos bipolares, en base a una simulación de maquinado manufactura asistida por computadora (CAM), para posteriormente utilizar una máquina de control numérico (CNC). El nuevo diseño asistido por computadora (CAD) del campo de flujos consiste en canales de serpentín lineales delgados en el cátodo y canales de serpentín en el ánodo. El diseño por sus características permite una autohumidificación del ionómero en el electrodo y un mejor contacto entre membrana electrodo-colector de corriente, generando un incremento en el desempeño de la celda.

ABSTRACT

This work is mainly focused on the Fuel Cells of the type of proton exchange membranes (PEM), which have the main features relatively low operating temperatures (80°C), have high power density, can vary their output quickly to meet sudden changes in power demand, such as in the case of automobiles. The new proposal that arises in this work is the production of bipolar plates for this purpose, the materials used to maintain good electrical characteristics and thermal conduction, be stable in base or acid as appropriate functioning of the cell fuel. That is why the study of materials such as aluminum and stainless steel is used for the manufacture of bipolar plates, based on a machining simulation computer-aided manufacturing (CAM) and then use a numerical control machine (CNC). The new computer aided design (CAD) of the flow field channels coil consists of thin linear channels in the cathode and the anode coil. The design allows for autohumidification characteristics of the ionomer in the electrode and better contact between membrane-electrode current collector, generating an increase in cell performance.

Palabras clave: control numérico, canales, colectores, computadora, fresadora, combustible, fabricación.

1. INTRODUCCIÓN

La energía constituye la columna vertebral del desarrollo social y económico de los países, sin embargo, muchas de las vías empleadas para su producción, no son lo suficientemente adecuadas para garantizar la creciente demanda de manera sustentable. La producción de energía eléctrica de manera convencional a través de combustibles fósiles es poco amigable con el ambiente. Por otro lado, la predicción al año 2050 de demanda energética se estima de 1.5 a 3.0 veces que el presente, por lo que es urgente encontrar la solución a la demanda de energía sin producción de contaminación ambiental. Las celdas de combustible podrían utilizarse potencialmente para generar electricidad y abastecer los hogares, negocios e industrias a través de plantas de energía estacionarias con capacidades desde 100 watts (suficiente para encender un foco) hasta varios megawatts (suficientes para alimentar aproximadamente 1000 viviendas). El hidrógeno está destinado a jugar un papel importante en la economía energética mundial, debido a factores como su alto contenido energético ya que 1 kg de hidrógeno contiene la misma cantidad de energía que 2.1 kg de gas natural o 2.8 kg de gasolina, además su combustión u oxidación electroquímica genera únicamente calor y agua, y es uno de los elementos de mayor abundancia en el universo. Uno de los sistemas más eficientes de generación eléctrica mediante hidrógeno que está alcanzando un gran desarrollo, son las celdas de combustible de intercambio protónico o de electrolito polimérico (PEMFC por sus siglas en inglés), sobre todo en su aplicación para la industria automotriz, residencial y aplicaciones móviles como teléfonos celulares, computadoras portátiles, etc. La baja temperatura de operación de las PEMFC (cercana a 80°C), su tiempo rápido de arranque en combinación con una alta densidad de potencia y una alta eficiencia de conversión de energía son las características que hacen a la PEMFC una fuerte candidata para la generación de energía.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La celda de combustible de membrana de intercambio protónico (*PEMFC*) es una de las tecnologías relativamente más recientes y prometedoras. Las primeras aplicaciones estaban limitadas a sistemas militares y espaciales, además de otros usos como plantas de emergencia en hospitales, donde el costo no es un problema pero que se requiere de un funcionamiento excepcional. Éste tipo de celda de combustible ofrece densidades de corriente mucho mayores que las de cualquier otro tipo de celdas de combustible, con excepción a algunas celdas alcalinas desarrolladas especialmente para aplicaciones espaciales. Las celdas tipo PEM pueden ser alimentadas por hidrógeno puro o por combustibles reformados y con oxígeno el cual se obtiene directamente del aire. Su temperatura de funcionamiento es baja y no requiere aislamientos térmicos. Los últimos avances apuntan hacia la posibilidad de una gran reducción de costos de esta tecnología.

Los componentes básicos de una celda de combustible están representados en la figura 1, los cuales son: dos electrodos impregnados con catalizador, en una membrana conductora de protones, capas difusoras de gas y finalmente las placas colectoras de corriente con campos de flujo. Los cuales se describen cada uno a continuación, tanto en su función, materiales y evolución así como su ubicación dentro de la celda de combustible.

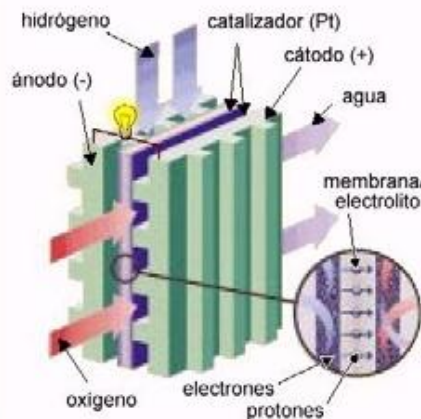


Figura 1. Componentes de la celda de combustible.

Otro punto clave en la construcción de PEMFC, son los platos colectores de corriente. Estos platos son la parte de mayor impacto económico en las celdas. Se han realizado muchos estudios económicos respecto al tema, inclusive se han desarrollado modelos matemáticos que ayudan en la decisión del uso de algún material en especial de acuerdo con diversas necesidades. Estos platos, deben poseer las siguientes características: Altamente conductores eléctricos y térmicos, muy estables en medios ácidos, no permeable a los gases, livianos, delgados, fuertes y de fácil manejo para el maquinado de campos de flujo. Nuevas formas en la síntesis de compuestos grafito-polímero son estudiados, donde se demuestra que es posible moldear el material con estampado o con inyección de polipropileno fénilico.

Las placas con campos de flujo, son maquinadas para contener canales, que proporcionan un paso para la distribución de los gases reactantes a los electrodos y el retiro del agua del producto, además reúnen la corriente generada a ambos lados de la membrana, la cual es transferida mediante los difusores de gas hacia las placas con campos de flujo que también sirven como colectoras de corriente. Por lo que este componente debe ser de un material con una alta conductividad eléctrica y térmica, también actúan como separadores de los reactivos de las celdas adyacentes, en cuyo caso tendrán que ser, impermeables a ambos gases, (hidrógeno y oxígeno), debe tener buenas propiedades mecánicas ya que es, en gran medida, la estructura de soporte de la celda de combustible; pues tanto las membranas como los difusores de gases, son materiales flexibles y no pueden soportar peso ni esfuerzos en un arreglo de varias monoceldas. Por lo que el MEA y las capas de la difusión del gas están situados entre las placas con campo del flujo, debe ser químicamente estable al estado de las condiciones de la celda de combustible, debe también ser barato y satisfacer los requerimientos para su fabricación en grandes cantidades, por lo que debe ser fácilmente maquinable para su manufactura y maquinado de los campos de flujo, o bien, tener propiedades adecuadas para su vaciado por moldeo. Los requisitos teóricos para un material de la placa bipolar, aparte de la conveniencia para la fabricación son satisfechos adecuadamente por el grafito, cuando su porosidad natural se bloquea con la impregnación de alguna resina u otro tratamiento conveniente. Las placas bipolares maquinadas de grafito sólido se han utilizado tradicionalmente en apilados prototipo. El grafito sólido, sin embargo, tiene un precio elevado en términos de la fabricación. Sin embargo, los materiales empleados para su manufactura no son costosos y su desarrollo puede ser realizado en México si se invierten esfuerzos en ello. Por lo que una gran parte de las investigaciones en las PEMFC, se dirigen a encontrar materiales y métodos de producción más baratos.

Otro aspecto importante que debemos tomar en cuenta es la geometría del canal del campo del flujo, los cuales afectan perceptiblemente la eficiencia de la celda. La geometría óptima del canal puede ser diferente en cada lado de la placa bipolar. La elección de la geometría es muy crítica en el lado del cátodo, por el agua de la reacción que se produce y porque la difusividad

del oxígeno es perceptiblemente más baja que la del hidrógeno, sin embargo, la geometría del flujo del lado del ánodo puede también tener implicaciones importantes en la distribución sobre el área activa de la celda.

3. DISEÑO DE LAS CELDAS DE COMBUSTIBLE.

En el diseño de los platos bipolares fue utilizado el mismo diseño de los canales de flujo realizados por la compañía Electrochem. Inc. Para su celda de 5 cm² área activa. Sin embargo, para la disminución del espesor y el peso del colector se realizan cambios en el diseño original del mismo. De forma tal que nos permitiera realizar una evaluación comparativa del acero inoxidable como posible sustituto del grafito de alta pureza. En este diseño utilizamos parte de las dimensiones de la compañía anteriormente mencionada debido a que se pretende comparar los resultados de la celda de esta compañía contra la que estamos elaborando buscando con esto, la más mínima cantidad de variación posible esperando obtener resultados parecidos o mejores. Se muestran algunos diseños de los platos bipolares en la figura 2.

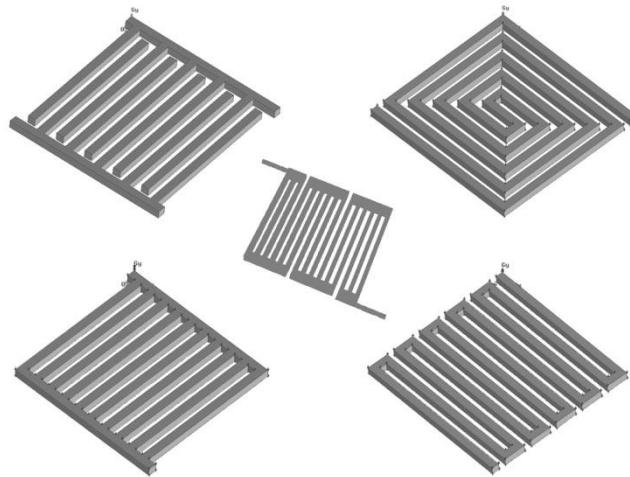


Figura 2. Diseño de canales para la fabricación de celdas de combustible.

4. PROCESO DE FABRICACIÓN POR CONTROL NUMÉRICO.

Las máquinas de control numérico requieren datos numéricos para controlar el movimiento entre herramienta y pieza, los datos geométricos de la pieza se realizan directamente del dibujo realizado en SolidWorks. Posteriormente se definen los datos técnicos como: números de herramientas, velocidad, avance, profundidad de corte, cambios de herramientas y funciones. La combinación de esta información numérica atendida por el controlador de la máquina se llama programa de la pieza. Al proceso de la creación y estructuración de dichos datos se le llama programación. Se utilizó una máquina fresadora C.N.C. Denford Machine Tools- FANUC Milling CNC con un lenguaje de programación llamado V 1.81., como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Máquina de Control Numérico.

El proceso de fresado por medio de CNC es realmente sencillo ya que todo el proceso es realizado automáticamente por la máquina, realmente se requieren muy pocos parámetros; sin embargo uno de los principales es la programación de la máquina como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Programación de Control Numérico.

La máquina de CNC tiene un carrusel donde se pueden montar distintas herramientas y hacer uso de estas en el momento indicado, simplemente indicándolo desde la unidad de control, los cortadores montados en este carrusel son cortadores End-Mill, como se muestra en la figura 5.

Ya teniendo todos estos parámetros se procede a correr el programa previamente hecho y simulado en la unidad de control, automáticamente la maquina comenzara a ejecutar la funciones indicadas.

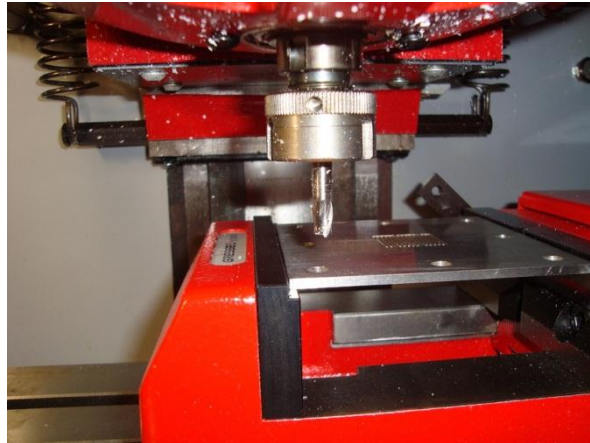


Figura 5. Maquinado de los canales en CNC.

5. EVALUACIÓN DE LA CELDA

Los ensambles fueron colocados en una celda de combustible de 5 cm² y evaluados en una estación de prueba de celdas de combustible figura 6. (FCT2000 Electrochem. Inc) ubicada en el Laboratorio de Hidrogeno del Centro de Investigación en Energía de la UNAM. La evaluación de los ensambles se llevo a cabo a temperatura ambiente (~25°C) y el flujo de los gases fue 100 cc/min para el cátodo y 80cc/min para el ánodo.

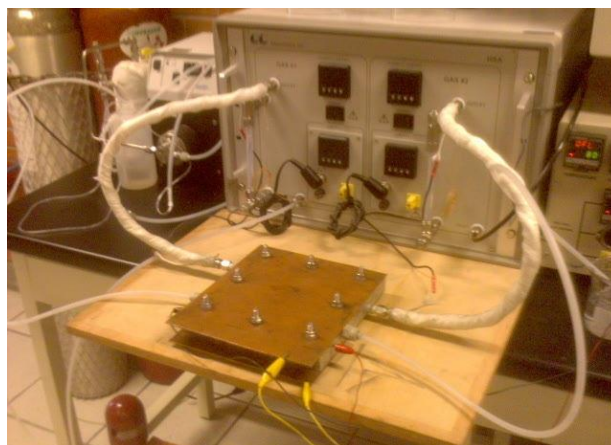


Figura 6. Evaluación de los ensambles.

En la Estación de prueba FCT200 se hicieron evaluaciones las cuales se indican a continuación:

1. El sistema de suministro, regulación y adecuación de los gases, figura 7, es el encargado para almacenar y proveer e forma segura, según los parámetros de operación, los gases reactantes que usara el sistema de generación de electricidad. Para ello consta con tanques de almacenamiento de hidrogeno y oxigeno que cumplen con todas las medida de seguridad establecidas. Conductos especiales transportan los gases hacia los reguladores de flujo que de forma automática permiten el paso de la cantidad adecuada a los humidificadores, los cuales se encargan de darle humedad y temperatura adecuadas para ser usados de forma eficiente por el sistema de generación.



Figura 7. Estación de prueba FCT200

2. El sistema de generación de electricidad: es la parte más importante del sistema, consta de una monocelda de combustible el tipo PEM, la cual tiene acoplado dos calentadores y sensores para incrementar y regular la temperatura. Esta diseñada de forma tal que cualquiera de sus partes puede ser fácilmente sustituida, permitiendo realizar investigaciones dirigidas al mejoramiento del desempeño y reducción de costos.
3. El sistema de regulación y control: esta compuesto por una computadora, software, interface (IEEE-488.2, National Instrument PC-2.2 GPIB Board) y una carga electrónica serie 890 diseñadas para la investigación y desarrollo de la celda de combustible por Scribner Associates, Inc. Debido al bajo estado de resistencia permite operaciones de una celda para corrientes tan grandes de 250 Amp y voltajes tan bajos como 0.2 V o menos. La carga esta diseñada con un sistema de protección para prevenir daños que pudieran ocurrir si los parámetros de operación en la celda exceden los límites establecidos. Los requerimientos eléctricos para un buen funcionamiento de la misma son: 120 V AC 50-60Hz, 5A, 600 Watts. Este conjunto permite controlar o monitorear todos los parámetros de una celda.

6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la evaluación de los platos bipolares en la celda de combustible experimental se pueden considerar en dos partes, uno se considera desde el potencial de activación de 0.7V hasta 0.5V que es el voltaje promedio de caracterización para este tipo de celdas de combustible. En ese rango de operación los platos bipolares metálicos muestran un comportamiento similar al de grafito, sin embargo, para potenciales menores al potencial promedio de caracterización, los platos bipolares metálicos presentan un pobre desempeño, haciendo que la densidad de corriente producida por la celda, alcance un valor máximo de $0.8\text{A}/\text{cm}^2$, mientras que la corriente que se alcanza para los platos bipolares de grafito es de $1.28\text{A}/\text{cm}^2$. En este último caso el proceso que domina es el de caída óhmica, mientras que para el caso de los platos bipolares metálicos el proceso de transporte de masa controla el funcionamiento. Esto se explica si se toma en cuenta la diferencia que existe en los canales de acceso del combustible y oxidante en ambos casos, para los platos bipolares metálicos y los de grafito.

Como se observa en la Figura 8, es sustancial la diferencia en volumen que se alcanza con los platos bipolares metálicos, sin embargo el diámetro de los canales de acceso de los gases de reacción no tienen comparación, en el caso de los platos bipolares de grafito, el diámetro de los orificios de acceso de los gases permite un flujo laminar para 100 cc/min del flujo de los gases; mientras que para el caso de los platos bipolares metálicos (sean de acero o aluminio), los orificios de acceso de los gases, pueden considerarse como no apropiados para mantener un flujo laminar, limitando la cantidad de gases que se difunden hacia la zona de reacción (MEA), proporcionando la respuesta observada.

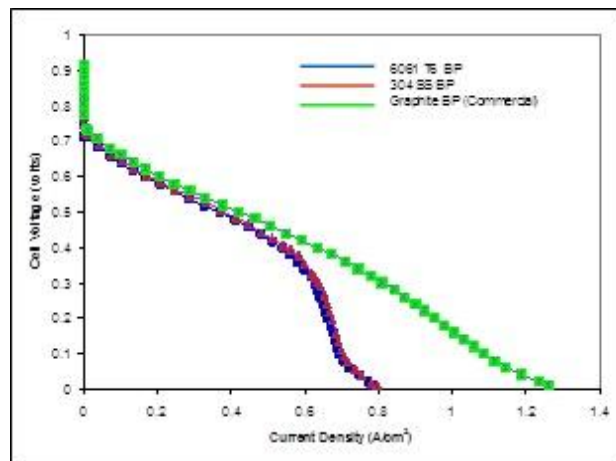


Figura 8. Evaluación de los platos bipolares metálicos en una celda de combustible tipo PEM.

Se han obtenido buenos resultados de los platos bipolares metálicos, figura 9, obtenidos por maquinado, sin embargo se requiere una mayor investigación para mejorar el funcionamiento de ellos, con características similares o mejores a los platos bipolares comerciales basados en compuestos de carbón.



Figura 9. Celda de Combustible tipo PEM.

REFERENCIAS

- [1] Haris Doukas, Konstantinos D. Patlitzianas, Argyris G. Kagiannas, John Psarras, *Renewable Energy*, 31, 755 (2006).
- [2] Kirk-Othmer. "*Hydrogen*", Encyclopedia of Chemical Technology, 4ta edition, Vol. 13, John Wiley & Sons, New York. (1991).
- [3] Gregoire C.E. "*The Hydrogen Program of the United States*", U.S. Department of Energy, Washington, USA. (1996).
- [4] Corbett, Michael. Opportunities in Advanced Fuel Cell Technologies - Volume One Stationary Power Generation 1998-2008, Kline & Company, Inc., Fairfield, NJ. (1998).
- [5] Alan C. Lloyd, *Journal of Power Sources*, 86, 57 (2000).
- [6] Boletín, Fuel Cell Catalist, vol 4, numero 2. (2004).
- [7] EG&G Service, Persons, Inc., "Fuel Cell Handbook", Fifth Edition, USA, Department of Energy, Office of Fossil Energy, October 2000.
- [8] Kamaruzzaman Sopian , Wan Ramli Wan Daud, *Renewable Energy* 719–727, (2006).
- [9] Prater K.B. *Journal Power Source*, 51,129 (1994).
- [10] Prate K J *Power Source*, 29, 239 (1990)
- [11] Kordesch K. G. *Fuel Cells and their applications USA.*: VCT Publishers Inc., New York, Chapter 4, (1996).
- [12] Pov Ric, Reindl M, Tillmetz W. *Fuel Cell Seminar* , 335 (1996).
- [13] Bloomfield David P *Fuel Cell Seminar* 335 (1996).
- [14] Barbir F, Marken F., Bahar B., Kolde JA. *Fuel Cell Seminal*, 505 (1996).
- [15] Department of Energy, "DOE hydrogen Program Reviw". <http://www.energy.gov/> (2007).

- [16] International Energy Agency, "Energy Technology Essentials–Fuel cells". OECD/IEA (2007).
- [17] Ballard power systems. "Making fuel cells a commercial reality".
- [18] Boletín, Fuel Cell Catalist, vol 4, numero 2. (2004).
- [19] Kreuer KD., Journal of Membranes Science, 185, 29 (2001).
- [20] X. Glipa, M. Hogarth, Department of Trade and Industry (UK). Available from World Wide.

GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE CORRIENTES MARINAS

Víctor Sánchez, Homero Toral, Freddy Chan, Emmanuel Torres, Jorge Aguilar
Universidad de Quintana Roo
Blvd. Bahía Esq. Ignacio Comonfort S/N Col. Del Bosque. C.P. 77019.
Chetumal, Quintana Roo, México. Tel (983) 8350300
vsanchez@uqroo.mx; [htoral][freddy][etorres][ovidio]@uqroo.mx

Resumen

El constante aumento en la demanda de energía a nivel mundial y el aumento en los costos de generación de energía a partir de combustibles fósiles y sus repercusiones ambientales, abren un área de oportunidad para el desarrollo de tecnología en la generación de energía a partir de fuentes renovables. Una de las fuentes de energía renovable que han sido poco estudiada y que cuenta con un potencial importante es la energía proveniente de los océanos. Actualmente, existen desarrollos tecnológicos a nivel mundial para la extracción de energía del océano, siendo la energía de las olas y de las corrientes marinas ocasionadas por mareas o corrientes submarinas, en donde se están aplicando estos desarrollos tecnológicos. De esta forma, el presente trabajo tiene como finalidad presentar un bosquejo de los principales tópicos que requieren ser conocidos y considerados para el análisis de la potencial extracción de energía eléctrica a partir de esta fuente renovable de energía.

Abstract

The continual increasing in the energy demand around the worldwide and the increasing in the costs of power generation from fossil fuels and their environmental impacts, open an area of opportunity for the development of technology in power generation from renewable sources. One source of renewable energy that has been poorly studied and has significant potential is the energy from the oceans. Currently, there are technological developments worldwide for extracting energy from the ocean, being the energy of waves and currents caused by tides or ocean currents, where they are implementing these technological developments. In this way, this paper shows an outline of the main topics that need to be known and considered in the analysis of the potential extraction of electricity from this renewable source of energy.

Palabras Clave: Corriente marinas, fuentes renovables de energía, conversión de energía.

1. INTRODUCCIÓN

Los océanos cubren más del 70% de la superficie de la Tierra y almacenan una vasta cantidad de energía. La energía de los océanos está almacenada en parte como energía térmica, energía cinética (presente en las olas y corrientes marinas), así como en energía química y biológica. Sólo una parte de la energía del océano está disponible en sitios donde es económicamente factible de explotar con la tecnología disponible. Sin embargo, esta fracción puede representar una aportación importante en el suministro de energía eléctrica. Esta es la razón por la que actualmente se realizan diversas investigaciones a nivel mundial sobre la generación de energía a partir de los océanos en diversos centros de investigación, tanto académicos como industriales.

Como las demás fuentes de energía renovable, la energía que se puede aprovechar de las olas y de las corrientes marinas es intermitente. Sin embargo, la energía de las corrientes marinas pueden ser predichas con cierta certidumbre ya que estas pueden ser generadas de forma cíclica (corrientes marinas debidas a las mareas) o de una naturaleza más constante (corrientes marinas generadas por la rotación de la tierra, gradientes de salinidad o de temperatura). De esta forma, debido a las limitaciones de la tecnología y a consideraciones económicas, la energía cinética de las corrientes marinas es la más adecuada para su desarrollo y empleo como fuente de generación de energía en el corto plazo. Ya que la generación de energía depende de la velocidad con que se mueven las corrientes oceánicas, es necesario una velocidad mínima de 1.1 m/s de la corriente marina para que sea factible un proyecto de generación de energía a partir de esta fuente [1].

De esta forma, este trabajo está organizado de la siguiente forma: en la sección II se presenta una descripción de las corrientes marinas. La sección III describe el potencial energético que se puede obtener de las corrientes marinas, así como los principales retos tecnológicos que se presentan. En la sección IV se presenta la clasificación general de las turbinas empleadas para la extracción de energía a partir de corrientes marinas. Finalmente en la sección V se presentan las conclusiones de este trabajo.

2. CORRIENTES MARINAS

2.1 CORRIENTES MARINAS ORIGINADAS POR MAREAS

Las mareas son originadas por la interacción de los campos gravitacionales de la luna, la tierra y el sol, que ocasionan un cambio en el nivel del mar y con ello el flujo de corrientes de agua. Las corrientes marinas debidas a las mareas pueden ser predichas con un 98% de precisión por décadas lo que la convierten en una de las fuentes más confiables dentro del grupo de las energías renovables.

Existen básicamente dos formas de extraer la energía de las corrientes marinas debidas a las mareas. La primera de ella consiste en construir barreras físicas o contar con una estructura natural a manera de represas y emplear la tecnología usada en las hidroeléctricas para la generación de energía. La segunda forma consiste en aprovechar que en ciertos sitios el fondo del lecho marino o la morfología de las costas, ocasionan un aumento en la velocidad del flujo de agua y mediante el empleo de la tecnología utilizada en la generación eólica, producir energía eléctrica.

De acuerdo con [2 - 3], en México existen dos áreas en el golfo de California en que se estima que existe un potencial de de 5.4 TWh/año que se pueden generar aprovechando las corrientes producidas por las mareas. Una de estas áreas está localizada en la desembocadura del río Colorado cerca de la isla Montague (Figura 1.a). La otra área se encuentra frente al litoral de Sonora, entre isla Tiburón y el litoral de la costa (Figura 1.b). En ambas localidades el rango de sus mareas oscila entre los 6 a 7 m, lo que favorece a la extracción de energía de las mareas.



Figura 1. Sitios potenciales en el Golfo de California para el aprovechamiento de la energía generada por las mareas. (a) Desembocadura del Río Colorado. (b) Isla Tiburón (Costa de Sonora).

2.2 CORRIENTES MARINAS CONSTANTES

Existen corrientes marinas en los océanos de una naturaleza más constante. Hay una relación dinámica entre estas corrientes constantes y la pendiente del nivel promedio del mar. (MSL, por sus siglas en inglés). Las mayores pendientes y desviaciones del MSL se encuentran en áreas donde se encuentran las principales corrientes oceánicas como los son la corriente del golfo, la corriente de Kuroshio o la corriente del Antártico, por mencionar algunas de ellas. Además, existen otras corrientes marinas constantes originadas por diferencias de densidad del agua de mar ocasionada por la salinidad o gradientes de temperatura. Los generadores de energía que

pueden ser utilizados en este tipo de corrientes pueden ser como las turbinas utilizadas en generadores eólicos.

Las corrientes oceánicas con velocidad constante tienen la enorme ventaja de que pueden producir a su vez una generación constante de energía; a diferencia de la que se puede generar a partir de las corrientes marinas producidas por las mareas, en donde la generación pico se presenta en el momento en que se presentan las mareas. Sin embargo, tienen la desventaja que la profundidad en que se encuentran estas corrientes presentan retos tecnológicos en lo referente a instalación, mantenimiento, sellado de los generadores y transmisión de la energía generada.

En el caso de México, existen dos áreas en que existen corrientes marinas de velocidad constante y en donde existe el interés de desarrollar proyectos de generación de energía a partir de corrientes marinas. Estas regiones son el canal de Yucatán y el canal de Cozumel. La figura 2 muestra la velocidad de la corriente marina superficial en esta área del Caribe, la cual fue obtenida mediante simulación numérica de los valores promedio registrados en un periodo de cinco años [4].

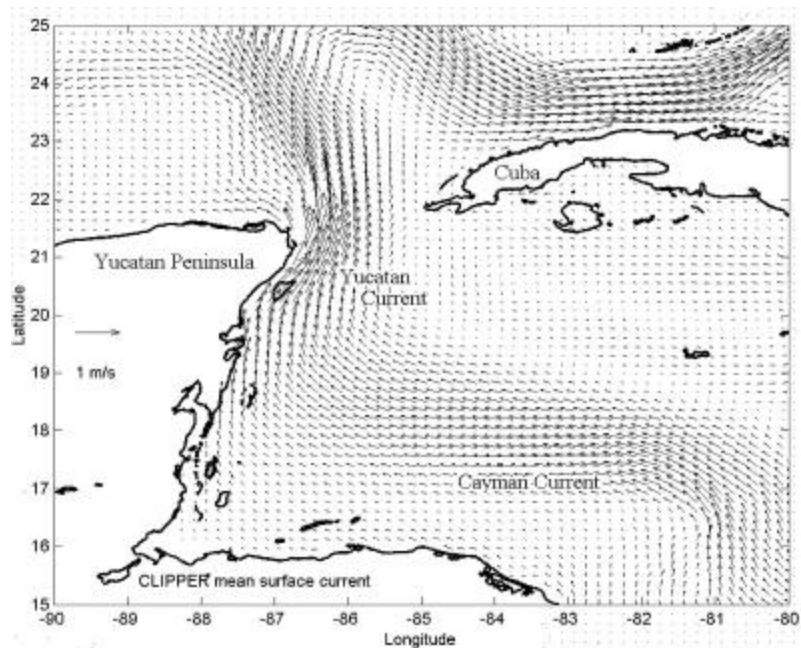


Figura 2. Circulación promedio de las corrientes marinas superficiales en el Caribe mexicano [4].

3. POTENCIAL DEL RECURSO

La potencia que se puede generar de las corrientes marinas depende fundamentalmente de la velocidad del fluido, además de que tiene una influencia importante en las fuerzas que actúan

sobre el generador y la estructura que lo soporta. La velocidad varía con la profundidad y el perfil vertical de una forma aproximada como describe (1):

$$v(z) = \left(\frac{z}{h}\right)^\alpha v_{peak} \quad (1)$$

Donde h es la profundidad total y z la altura sobre el lecho marino, α es una constante y v_{peak} es la velocidad de la corriente en la superficie. El factor α es comúnmente 1/7, aunque puede variar entre sitios [5]. La ec. (1) es una aproximación, y el perfil vertical variará de un sitio a otro debido a las particularidades locales del lecho marino y la topografía de la costa. La ec. (1) no aplica en el caso de estuario de ríos o a corriente generadas por gradientes de salinidad o temperatura.

3.1 TURBINAS DE CORRIENTES MARINAS

La tecnología más adecuada en la generación de energía a partir de corrientes oceánicas es el empleo de turbinas verticales u horizontales. Las leyes que rigen la potencia generada y el comportamiento de las turbinas marinas, son muy similares a las que se presentan en las turbinas eólicas, ya que comparten el mismo principio.

Al igual que en el caso de las turbinas eólicas, la potencia cinética total en una turbina marina se rige por la ec. (2):

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2)$$

Donde ρ es la densidad del fluido, A es el área seccional de la turbina y v es la velocidad del fluido. Sin embargo, la turbina de corriente marina sólo puede aprovechar una fracción de la potencia descrita en la ec. (2) debido a las pérdidas. La ec. (3) describe la potencia que puede ser obtenida de la turbina marina considerando este factor.

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p A v^3 \quad (3)$$

En donde C_p es el coeficiente de potencia de la turbina y representan el porcentaje de la potencia que puede ser extraída del fluido considerando las pérdidas debidas a la Ley de Betz y las pérdidas asociadas a los mecanismos internos de la turbina. Se estima que el valor de C_p está en el rango de 0.35 – 0.5 [6].

Una de las principales ventajas de las turbinas de corrientes marinas sobre las turbinas eólicas radica en que la densidad del agua es mayor a la densidad del aire, en promedio unas 800 veces. Esta ventaja se refleja en un menor diámetro de la turbina marina con respecto a la turbina eólica en una proporción aproximada de una tercera parte.

3.2 RETOS TECNOLÓGICOS DE LAS TURBINAS PARA CORRIENTES MARINAS

A). Captación y transmisión de energía. La captura eficiente de la energía de las corrientes marinas estará en función del desarrollo óptimo de las turbinas de corrientes marinas. Por otra parte, además de la conversión de la energía rotacional en energía eléctrica, se necesitará de la transmisión segura de esta energía a la costa para su conexión a la red eléctrica; implicando con esto del uso de convertidores electrónicos de potencia que permitan el acondicionamiento de energía adecuado para esta interconexión.

B) Operación en ambiente marino. El ambiente marino en que estarán inmersas las turbinas de corriente marino es mucho más agresivo al de las condiciones ambientales de las turbinas eólicas. La corrosión del agua salina es uno de los principales factores a superar en los materiales que se utilicen en la construcción de las turbinas. Además, el crecimiento de algas u otras plantas en las aspas de la turbinas puede provocar un aumento en el arrastre de la turbinas, afectando con ello su desempeño. Por otra parte, la nariz de la turbina y el generador tendrán que estar herméticamente sellados para evitar que el agua marina penetre en el sistema mecánico de la turbina.

C) Mantenimiento. No obstante los factores agresivos del ambiente marino, la construcción de la turbina marina tendrá que ser lo suficientemente resistente para reducir el tiempo de manteniendo y con ello disminuir los costos de operación de la misma. La construcción de una turbinas de corriente marina requiere que se utilicen lubricantes, sellos, valeros y alabes de excelente calidad.

D). Altos esfuerzos axiales. Debido a que la densidad del agua es de 1025 kg/m^3 , ocasionará una fuerza de empuje importante sobre la turbina y su estructura. La fuerza de empuje es generada en la dirección del flujo como resultado de la extracción de energía. La conversión de energía de la corriente del fluido por la turbina, se manifiesta como una reducción de la velocidad del fluido en uno de los lados de las alabes de la turbina, y es básicamente el cambio del momento del fluido. De tal forma, que la turbina y la estructura que la conforma tendrá que ser capaz de resistir esta fuerza de empuje para que opere adecuadamente.

E). Cavitación. La cavitación es un fenómeno que se presenta en ambientes de baja presión en bombas y propelas de barcos que afecta el desempeño y seguridad de la turbina.

Desafortunadamente, a mayor tamaño de la turbina aumenta el riesgo de presentarse este fenómeno.

4. TIPOS DE TURBINAS DE CORRIENTES MARINAS

Actualmente, existen dos vertientes principales en el estudio y desarrollo de turbinas para generación de energía a partir de corrientes marinas. Estas turbinas son clasificadas con base en la posición del eje del rotor y pueden ser de eje horizontal o de eje vertical. La selección del tipo de turbina está en función del tipo de corriente marina (corriente de marea o corriente marina constante) que se piensa explotar.

4.1 TURBINAS DE EJE HORIZONTAL

Este tipo de turbina marina es similar a la turbina eólica. Este tipo de turbina es la más estudiada y desarrollada para la generación de energía a partir de corrientes marinas ocasionada por las mareas [7 - 10]; inclusive ya existen prototipos comerciales de esta tecnología [11 - 13]. La principal ventaja de la turbina marina de eje horizontal es su similitud con las turbinas eólicas. Esto permite que muchas de las técnicas y experiencias desarrolladas en el desarrollo de la tecnología de las turbinas eólicas sean aplicadas en el caso de turbinas marinas. Sus principales desventajas se refieren a la profundidad del sitio de instalación y a la turbulencia ocasionada por el generador conectado de la turbina.

En lo referente a la profundidad del sitio donde se planea instalar la turbina de eje horizontal, esta debe ser acorde al diámetro de la sección transversal de la turbina. Es importante remarcar que el diámetro de la turbina aumenta con la potencia de la misma. Por otra parte, la posición del generador conectado al eje de la turbina puede ocasionar turbulencia del flujo de agua, ocasionando con ello flujo turbulento a través de la turbina que puede ocasionar esfuerzos mecánicos importantes. La figura 3 muestra la concepción artística de un arreglo de turbinas de eje horizontal para corrientes marinas [11].

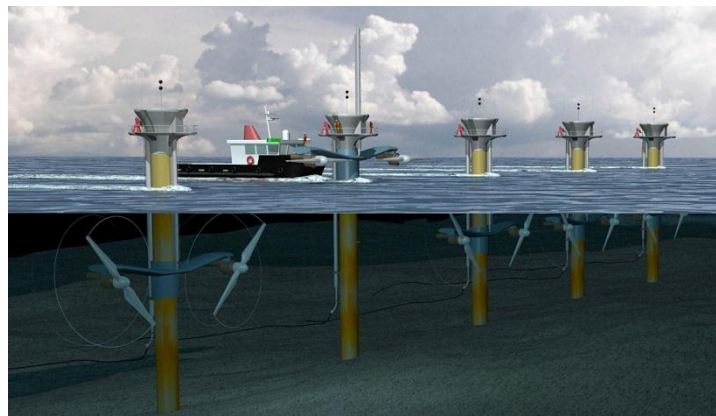


Figura 3. Arreglo de turbinas de eje horizontal para corrientes marinas [Marine Current Turbine ©MCT, <http://www.marineturbines.com>].

4.2 TURBINAS DE EJE VERTICAL

Las turbinas de eje vertical tienen la ventaja de que el generador no se encuentra en la dirección del flujo de agua, con lo que la turbina puede aprovechar de forma más eficiente que la turbina de eje horizontal el sentido de cualquier dirección del flujo de la corriente de agua. Además, si la turbina es situada adecuadamente en la parte media de la corriente de agua permitirá que la turbina sea de pequeñas dimensiones. La principal desventaja de esta turbina es que su velocidad de rotación es muy baja (alrededor de 15 rpm) [15]. Este tipo de turbina es de especial interés para producir energía de corrientes de agua de naturaleza constante. La figura 4 muestra 3 tipos de turbinas de eje vertical.

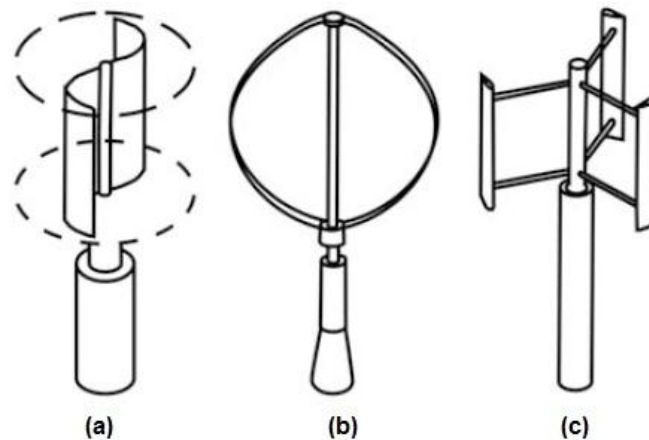


Figura 4. Turbinas de eje vertical. (a) Savonius. (b) Darrieus. (c) Rotor H.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado las principales tendencias para la obtención de energía del océano de una forma más predecible, la cual consiste en el uso de corrientes marinas. Las corrientes marinas pueden ser ocasionadas por los efectos de las mareas o de los gradientes de temperatura y salinidad que existen en los océanos. Se han identificado los sitios potenciales en México para la extracción de energía del océano aprovechando estas corrientes marinas. Por otra parte, se han descrito las relaciones matemáticas para la evaluación del recurso potencia que se puede obtener mediante turbinas al aprovechar la energía de las corrientes marinas, así como los principales retos tecnológicos a superar para la implementación de esta tecnología a nivel comercial. Finalmente, es pertinente mencionar la importancia de que el gobierno de México incentive el desarrollo de proyectos de investigación relacionados al aprovechamiento de la energía potencial que se puede obtener del mar, al ser un país que cuenta con un extenso litoral marino.

6. REFERENCIAS

- [1] L. Myers, Internal Report. Department of Civil and Environmental Engineering. University of Southampton, 2003.
- [2] S. Sheth and M. Shahidehpour, "Tidal Energy in Electric Power Systems," in Proceedings of IEEE PESGM '05, vol. 2, pp 630-635, San Francisco (USA), June 2005.
- [3] Hiriart Le Bert, Gerardo. Potencial energético del Alto Golfo de California. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, vol. 61, núm. 1, 2009, pp. 143-146.
- [4] Candela, J., S. Tanahara, M. Crepon, B. Barnier, and J. Sheinbaum (2003), Yucatan Channel flow: Observations versus CLIPPER ATL6 and MERCATOR PAM models, J. Geophys. Res., 108(C12), 3385, doi:10.1029/ 2003JC001961.
- [5] K. Thomas. "Low Speed Energy Conversion from Marine Currents," in Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology of Upssala University, Upssala, Sweden, 2007.
- [6] S.E. Ben Elghali, M.E.H. Benbouzid, J.F. Carpentier, "Marine Tidal Current Power Generation Technology: State of the Art and Current Status," in Proceedings of IEEE International Electric Machine Drives Conference, Antalya, Turkey, May 2007, pp. 1407-1412.
- [7] L. Myers, A.S. Bahaj, " Simulated electrical power potential harnessed by marine current turbine arrays in the Alderney Race," in Journal of Renewable Energy, volume 30, issue 11, September 2005, pp. 1713-1731.
- [8] L. Myers, A.S. Bahaj, "Power output performance characteristics of a horizontal axis marine current turbine;" in Journal of Renewable Energy, volume 31, issue 2, February 2006, pp. 197-208.
- [9] A.S. Bahaj, A.F. Molland, J.R. Chaplin, W.M.J. Batten, "Power and thrust measurements of marine current turbine under various hydrodynamic flow conditions in a cavitation tunnel and a towing tank," in Journal of Renewable Energy, volume 32, issue 3, March 2007, pp. 407-426.
- [10] S.E. Ben Elghali, et. al., "A simulation model for the evaluation of the electrical power potential harnessed by a marine current turbine," in IEEE Journal of Oceanic Engineering, volume 32, No. 4, October 2007, pp. 786-797
- [11] <http://www.marineturbines.com> (último acceso en abril, 2012).
- [12] <http://www.bluenergy.com> (último acceso en abril 2012).
- [13] <http://www.hydroleix.fr> (último acceso en abril 2012).
- [15] S. Kiho, et. Al., "The power generation from tidal currents by Darrieus turbine," in Journal of Renewable Energy, volume 9, No. 1, 1996, pp. 1242-1245.

ELECTRÓNICA

DISEÑO DE CIRCUITOS ANALÓGICOS EN EL FPAA Y COMPARACIÓN CON CIRCUITOS DE COMPONENTES DISCRETOS

Tomás de Jesús Santiago Nuñez, Carlos Emmanuel Villanueva Ojeda, M. en C. Johan
Jair Estrada López, Dr. Carlos Brito Loéza
Facultad de Matemáticas UADY
tomas.santiago.rm@gmail.com, textex24@hotmail.com, johan.estrada@uady.mx,
carlos.brito@uady.mx

RESUMEN

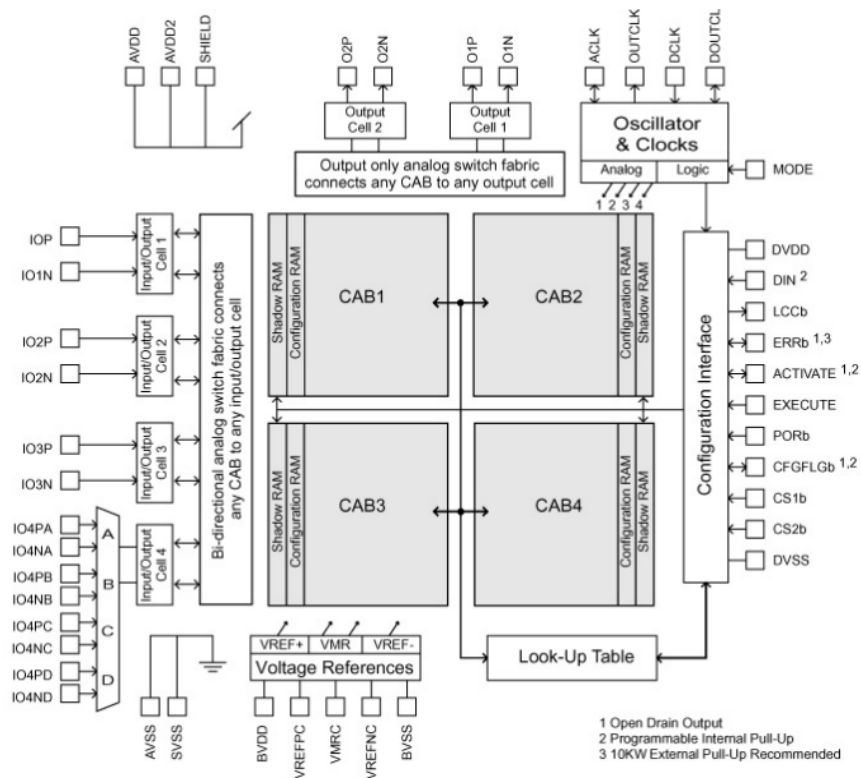
El proyecto consiste en explorar el funcionamiento de los dispositivos analógicos programables (FPAA), así como las mejoras que se obtienen en el desempeño y reducción de costos de implementar sistemas electrónicos de señal mixta haciendo uso de las capacidades de estos dispositivos. Mediante el diseño y prueba de bloques básicos de procesamiento analógico (amplificadores, filtros, comparadores, convertidores de datos), así como el desarrollo de un sistema prototipo dirigido a aplicaciones médicas. Al final, se elaboró una comparación de la reducción de área, costo y tiempo de diseño con respecto a implementaciones de dispositivos analógicos discretos de función fija.

ABSTRACT:

The project consist in explore the function of analog programmable devices (FPAA), as well as the improvements in performance and reduction to cost of implement electronics systems mixed signal using the capabilities of these devices. Through the design and test of basic blocks analog processing (Amplifiers, filters, comparators, data converters), like the develop of a prototype's system in the medical applications area. Finally, a comparison was made of area reduction, cost and design time with respect to implementations of discret analog devices of fixed function.

1. ¿QUÉ ES UN FPAA?

Un Field Programmer Analog Array es un dispositivo analógico programable, el cuál contiene bloques analógicos configurables (CAB) que se interconectan para implementar circuitos analógicos como filtros, rectificadores, integradores, comparadores, etc. Estos dispositivos son los equivalentes analógicos de los FPGA, este integrado permite realizar diseños analógicos de forma rápida y en menor tamaño que en un circuito hecho con componentes discretos. Los FPAA tienen una ventaja en comparación con los dispositivos digitales, pues al ser analógicos no se necesitan de ADC o DAC, sin embargo hay FPAA que cuentan con ADC, además de consumir menor potencia y ocupar menor tamaño que estos. La unidad básica del FPAA son los CAB que están interconectados mediante redes de interconexión. En la imagen siguiente se puede observar el diagrama de bloques del FPAA AN221E04 fabricado por la empresa Anadigm. [1]



1. Estructura interna del AN221E04

Existen varias empresas dedicadas a la fabricación de los FPAA las principales son Anadigm, Lattice y Zetex. En este reporte se enfocó a explicar los detalles del uso del FPAA mediante dos modelos de la empresa Anadigm el AN221E04 y el AN231E04.

Estos integrados funcionan mediante “switched capacitor”, además internamente cada CAB tiene op-amps y un comparador, con los cuáles se implementan los distintos circuitos.

2. EJEMPLO DE UN SISTEMA

2.1. Diseño del circuito

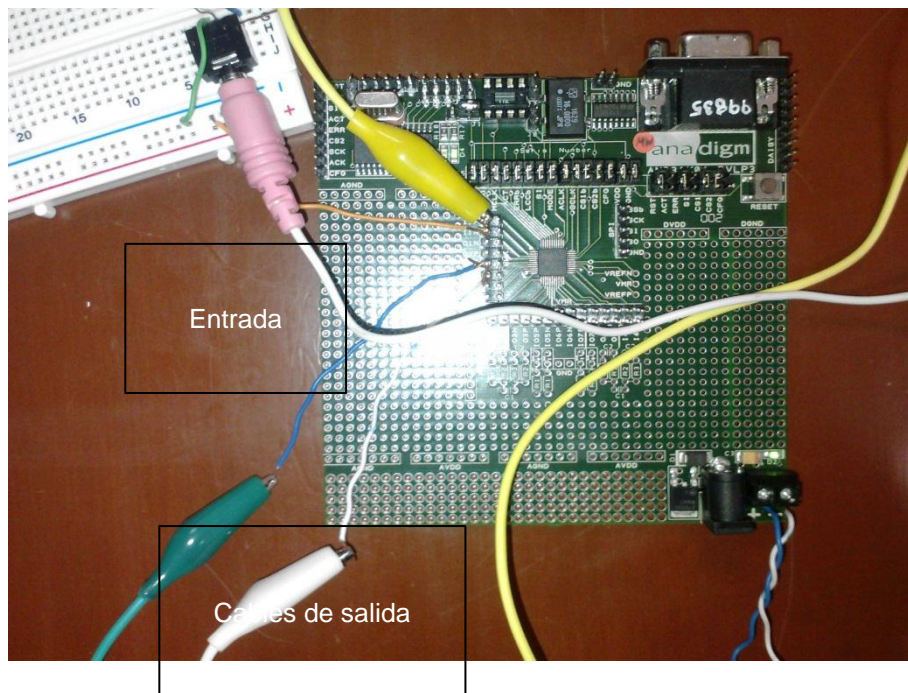
A continuación se presenta los detalles de un sistema implementado en el FPAA AN231E04, el sistema es un bloque preamplificador de audio y filtrado de la señal de un micrófono. El circuito del micrófono estará conformado por un filtro pasa altas y un bloque inversor. En el FPAA se cuenta con los bloques analógicos de filtros y el bloque inversor, con esto se unió a un bloque sumador para tener la señal de audio y la del micrófono, esto con el fin de emitir la señal del

micrófono y la música. Se incluyeron 3 bloques analógicos o CAM: un filtro pasa-altas, un inversor y un sumador.

Dentro del FPAA, con ayuda del software, se utilizó dos Op-amps y 11 capacitores internos, además el circuito tiene un consumo de 30 mW, y es alimentado por 3.3 V. Para el diseño del circuito se usó un filtro pasa-altas con una frecuencia de corte de 2.86 kHz y una ganancia de 2. El circuito inversor se le colocó una ganancia de 5, para tener las señales al bloque sumador con una frecuencia de corte de 100KHz.

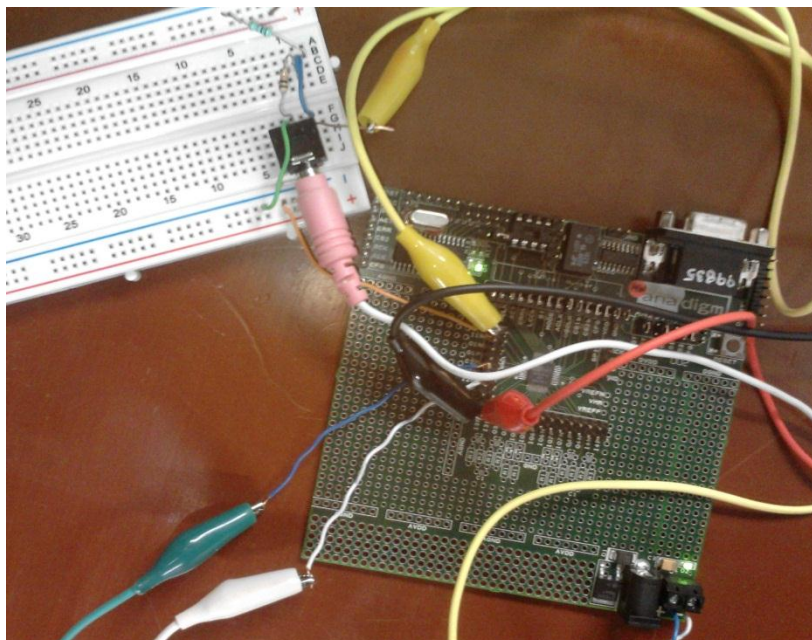
2.2. Implementación del circuito

Primeramente se probó el funcionamiento del amplificador del micrófono, para ello usamos un jack de audio conectado a la entrada 1 como es diferencial el positivo se conectó a la señal de entrada y el negativo a tierra común. La salida de la señal filtrada se pasó a un amplificador de audio, el cual se requirió debido a que no puede amplificarse más los 3.3 volts puesto que la señal se saturaría.



2. FPAA con circuito de micrófono implementado.

El amplificador de audio con el que se contaba tenía una parte sumadora, la cual no se empleó y se implementó en el FPAA. Posteriormente se agregó una entrada, la cual fue generada por el reproductor de música de un celular.



3. FPAA implementando un sumador de dos señales.

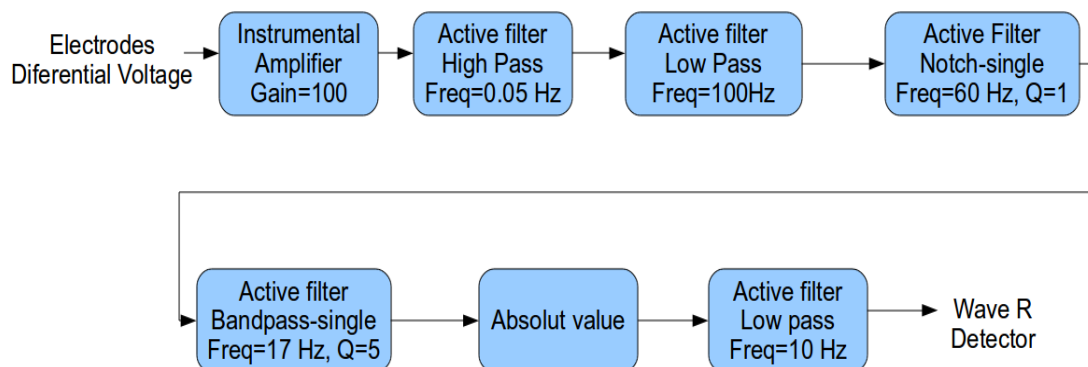
3. DETECTOR DE ONDA-R

Después de comprobar el diseño de circuitos analógicos en el FPAA, se procedió a implementar un circuito más complejo conocido como el detector de onda R, esto con el fin de poner a prueba y entender mejor las capacidades del FPAA. En adición, se comparó el circuito implementado en el FPAA con un circuito hecho con componentes discretos.

3.1. Explicación del sistema

Antes de explicar que es un detector de onda R es prudente conocer que es un electrocardiograma. Un electrocardiograma es un dispositivo electrónico encargado de registrar el comportamiento de las señales del corazón y no sólo los relacionados con la conducción. Mediante electrodos aplicados en varias regiones del cuerpo se puede obtener, tras amplificarlas, un registro de estas descargas eléctricas (transmitidas por los tejidos corporales desde el corazón hasta la piel). Este registro es precisamente el electrocardiograma. El electrocardiograma registra las diversas ondas generadas por el corazón las cuáles se enlistan a continuación: Onda P es despolarización auricular; el complejo QRS despolarización ventricular, su duración normal es de 0.06 a 0.1 segundos siendo Q la primera onda negativa antes de la primera onda positiva, R toda onda positiva (Si existe una segunda onda positiva la llamamos R'), S toda onda negativa después de una onda positiva y QS complejo totalmente negativo; onda T de despolarización ventricular y onda U pequeña onda que sigue a la onda T, de significado incierto.[3]

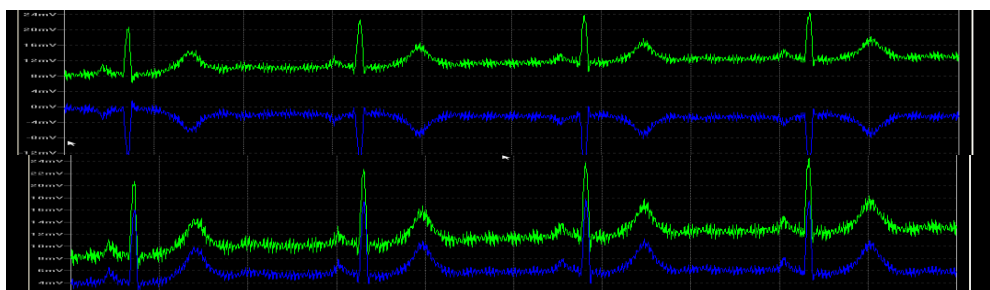
Por tanto el detector de onda R se encarga del complejo QRS tomando a la onda R como la onda principal del complejo. Para ello se filtrarán las demás ondas y solamente se registrará la onda R. El siguiente esquema representa al circuito encargado de dicha tarea:



4. Diagrama a bloques del detector de onda R.

3.2. Simulación del sistema

La salida de cada bloque que conforman el sistema se aprecia en la siguiente figura, donde las líneas azules son la salida de cada bloque.



HP 0.05Hz

LP 100 Hz

Notch 60 Hz
Q=1

BP 17 Hz
Q=5

Abs Value

Final
LP 10 Hz

5. Simulación del sistema

3.3. Diseño del sistema en el FPAA.

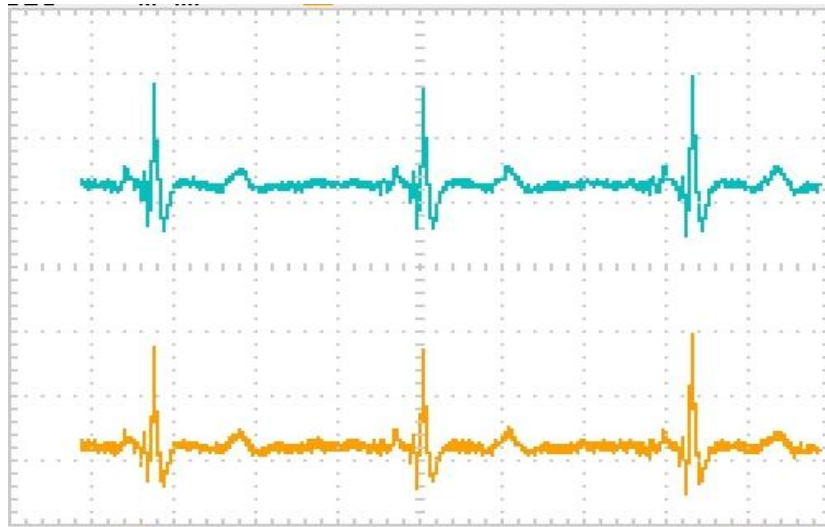
El diseño del prototipo se realizó sobre el AN231E04 [2], el cuál se alimenta de 3.3 V, debido a las bajas frecuencias de las señales de entrada, en el programa AnadigmDesigner2 se colocó el oscilador a 2000Hz para que los CAM pudieran operar a bajas frecuencias. Cabe aclarar, que solamente el filtro pasa altas de 0.05Hz no pudo implementarse debido a que el oscilador debería modificarse, pero esto provoca que afecte a los demás bloques del circuito.

Se inició agregando el CAM FilterBilinear a 100Hz y ganancia igual a 1.59 está ganancia con el fin de tener un comportamiento similar al circuito implementado con componentes discretos, representando así el primer bloque LP de 100Hz. Luego, el FilterBiquad es un filtro de segundo orden, se estableció como filtro muesca, con una frecuencia de corte de 60 Hz, un factor de calidad de 1. La salida de este bloque representa la señal libre de ruido del detector de la onda-R. El tercer CAM fue otro FilterBiquad que se configuró como un filtro BP, mediante el software se puso en 17Hz de frecuencia de corte, y $Q = 5$. Por último, el valor absoluto y filtro LP de 10 Hz se llevó a cabo en un solo CAM, ya que el FPAA tiene un CAM llamado RectifierFilter que es un rectificador con un filtro LP, se eligió un rectificador de onda completa, y la frecuencia de corte de 10Hz. Se comparó el filtrado de la señal, debido a que la amplificación, en específico el amplificador instrumental no pudo implementarse en el FPAA, se perdía la señal de interés, por lo que se concluyó que el FPAA no es capaz de implementar este bloque.

3.3. Resultados del circuito en el fpaa

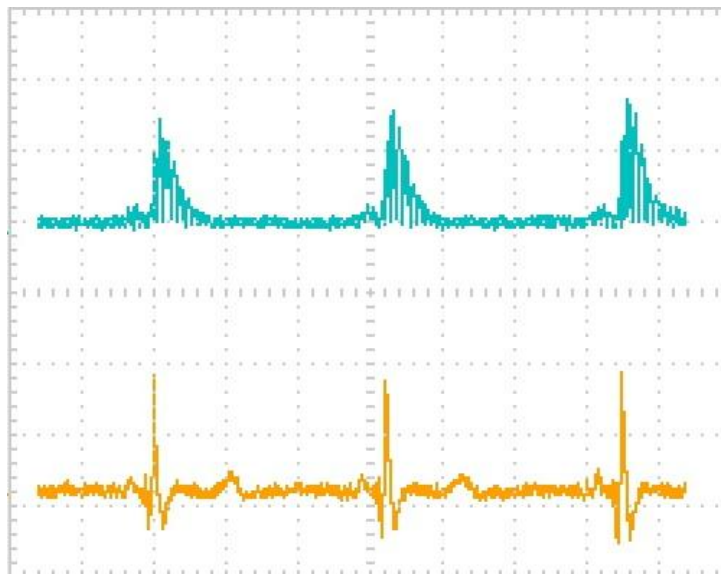
Se comprobó el circuito usando de señal de entrada un archivo .wav que simulaba la señal del ECG, y tomando con el osciloscopio las señales de salida. La primera salida es el filtro LP de

100Hz con amplificación, en la siguiente figura puede apreciarse la señal de entrada línea amarilla, y la señal de salida de este bloque(línea azul).



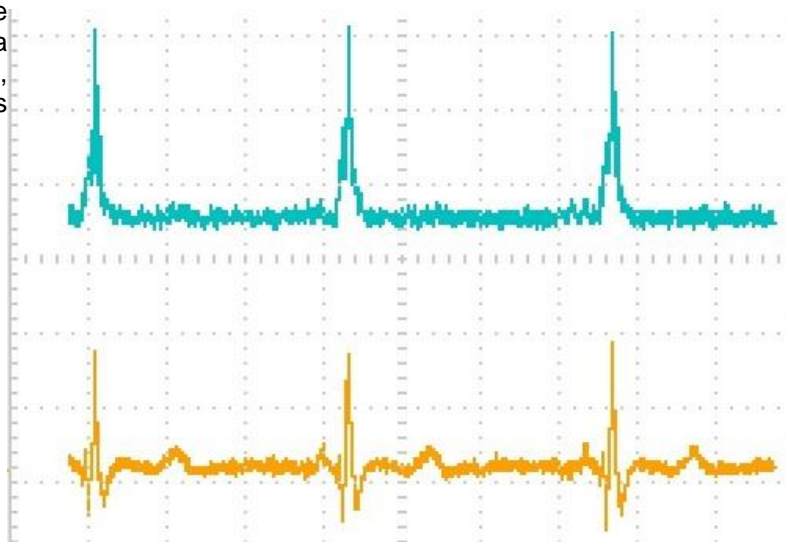
6. Salida del primer bloque.

La salida del siguiente bloque principal que es el BP de 17 Hz, pues es el encargado de detectar el complejo QRS, donde se encuentra la onda R.



7. Salida del bloque Band Pass de 17Hz(línea azul).

Para finalizar se tomó la salida final del circuito, con todos los filtros aplicados.



8. Señal de salida del circuito.(línea azul)

3.4. Comparación entre el circuito en el fpaa y el circuito discreto.

El diseño en el FPAA resulta más eficiente pues permite hacer diseños en menor tiempo y con mayor exactitud que en un circuito elaborado con componentes discretos [4], además de ofrecer ventajas contra circuitos digitales, es una buena herramienta en el diseño incluso en sistemas complejos para el procesamiento de señales. Para entender mejor estas diferencias puede observarse el siguiente cuadro comparativo.

Dispositivo	Área	Consumo de potencia	Costo
Circuito en placa	8 cm x 8 cm	370mW	\$200.00
FPAA	1.32 cm x 1.32 cm	231mW	\$101.00

Tabla 1: Comparación entre el diseño discreto y la implementación con el FPAA

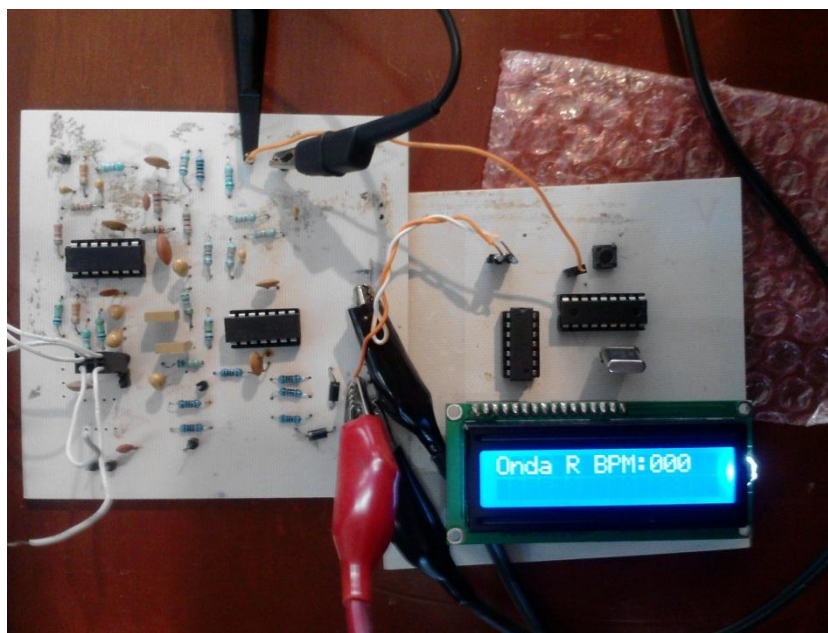


Figura 11: PCB del detector de onda R diseñado con componentes discretos

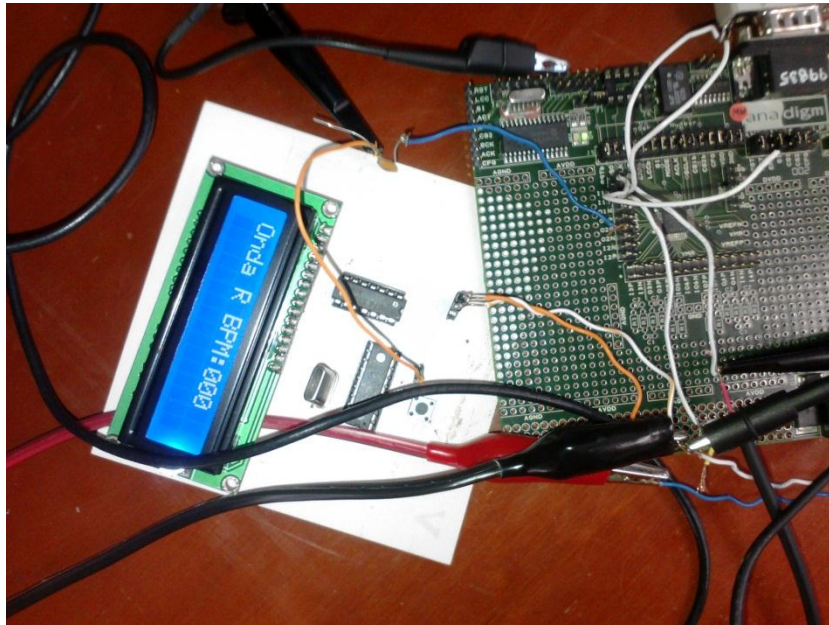


Figura 12. Detector de onda R implementado en el FPAA

4. CONCLUSIONES

Entre las limitaciones se encontró que en aplicaciones en donde se trabajó con bloques a distintas frecuencias puede causar problemas puesto que es necesario colocar los bloques a distintas frecuencias o usar moduladores que el mismo FPAA puede implementar pero esto requiere un mayor uso de recursos y de potencia. También debido a su bajo consumo no puede usarse en aplicaciones que requieren demasiada amplificación, pero si en pre-amplificaciones y pre-procesamientos de señal. Otra desventaja podría ser en aplicaciones en situaciones críticas donde el ruido sea un factor muy grande. Además de requerir una EEPROM para volver a reprogramarse, esto se debe a que cuenta con una memoria volátil como su contraparte digital el FPGA. Sin embargo a pesar de estas limitaciones, puede ser una herramienta útil en aplicaciones que se requiera un diseño rápido, o también como respaldo en un sistema donde se realice una tarea mayor.

5. REFERENCIAS

1. Datasheet AN221E04: <http://www.anadigm.com/doc/DS030100-U006.pdf> ([en línea], última revisión 26 de marzo de 2012).
2. Datasheet AN231E04: <http://www.anadigm.com/doc/DS231000-U001.pdf> ([en línea], última revisión 26 de marzo de 2012).
3. Webster, John. *Medical instrumentation: Application an design.*(Ed. Jon Wiley, Unidad States of America). 675. (2010).
4. Sergio Franco. *Diseño con Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Analógicos.* (McGraw-Hill,NewYork),658,(2001).

ACONDICIONADORES DE ENERGÍA PARA APLICACIONES EN CELDAS DE COMBUSTIBLE

Freddy Chan Puc, Víctor Sánchez Huerta, Homero Toral Cruz, Emmanuel Torres Montalvo,
Jorge Ovidio Aguilar, Jesús Álvarez Ruiz

Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo, Blvd. Bahía s/n Esq. Ignacio Comonfort, Col.
Del Bosque, Chetumal, Quintana Roo, México. Tel (983) 83503300, freddy@uqroo.mx

RESUMEN

Dada la variedad de soluciones que actualmente se plantean a la problemática del uso eficiente de energía es indispensable conocer las características de los sistemas de conversión para una adecuada selección de dichos sistemas. En este trabajo se presenta un análisis del impacto actual que tiene la electrónica de potencia en la conversión de la energía.

Se presenta tanto las configuraciones típicas de los convertidores de potencia como la problemática actual de éstos en la búsqueda del uso eficiente de la energía. Por otro lado, se presenta un breve análisis de las tendencias futuras de los convertidores de potencia lo cual proporcionará una base para el diseño y selección de dichos sistemas.

ABSTRAC

Because of the large variety of options to solve the problem of save energy efficiently, we need to know the characteristics of solid-state converters to choose them adequately. This paper shows an analysis of the present impact of the power electronics on the energy conversion.

Common configurations of power converters and their problems are shown. Other hand a short analysis of the future way of these converters is show, to get a design and selection criterion for these systems.

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de servicio eléctrico usualmente generan, transmiten y distribuyen energía eléctrica de frecuencia constante (50 o 60 Hz) y deben mantener un voltaje constante en las terminales del usuario. El usuario sin embargo puede necesitar energía en CD o en CA así como frecuencias más bajas, más altas o incluso frecuencia variable. Frecuentemente esta energía debe ser controlada con precisión. Los sistemas electrónicos de potencia son la interfaz entre los sistemas de servicio eléctrico y estas necesidades del usuario.

En otras ocasiones la energía es generada en forma de corriente directa (CD) por celdas fotovoltaicas o celdas de combustible. También se genera en forma de corriente alterna (CA) de frecuencia fija o variable, a través de generadores eólicos, turbinas de gas o generadores diesel. De nuevo los sistemas electrónicos de potencia permitirían a estos generadores ser interconectados con los sistemas de servicio eléctrico o procesar la energía para cargas determinadas. A menudo la interacción entre carga, fuente de energía y sistema de potencia es de crucial importancia.

La conversión y control de energía se realiza mediante sistemas que emplean dispositivos semiconductores de potencia tales como diodos, transistores de unión bipolar (BJT), transistores de efecto de campo de semiconductor metal-oxido (MOSFET), transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT) etc. Estos dispositivos semiconductores generalmente conmutan a altas frecuencias con el objetivo de reducir el tamaño de los elementos pasivos (capacitores e inductores) del sistema. Estos sistemas electrónicos de potencia también son llamados "Convertidores de Potencia" o "Convertidores Conmutados". Dentro de este género se encuentran el inversor, el controlador de carga para baterías, el rectificador controlado, etc.

2.- CONVERSIÓN DE ENERGÍA EÓLICA

Los generadores eólicos pueden proporcionar energía en forma de corriente alterna o de corriente directa. Dependiendo de la aplicación será el convertidor de potencia que se utilice, por ejemplo si el generador eólico entrega CA (de frecuencia variable) y esta energía se va almacenar en un banco de baterías, se requiere una conversión de CA a CD en este caso pueden ser rectificadores controlados (SCR por sus siglas en inglés) o rectificadores no controlados (diodo), tal como se muestra en la Fig. 1

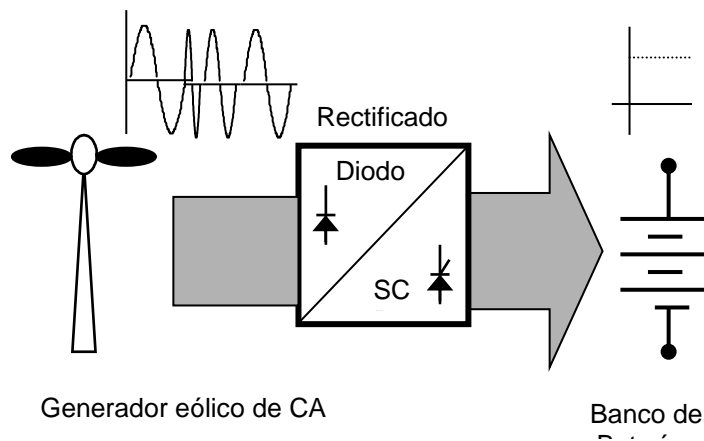


Fig. 1 Convertidor de CA/CD

El circuito rectificador consiste de un arreglo de diodos o SCR's conectados en configuración puente tal como se muestra en la Fig. 2. Este circuito tiene la función de rectificar o eliminar alternancias en la corriente eléctrica produciendo a su salida un voltaje rectificado que fácilmente se puede acoplar a cargas de CD.

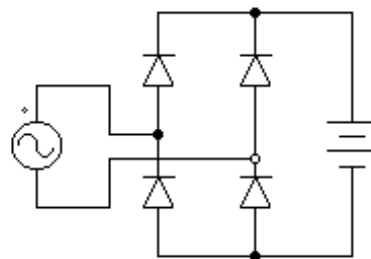


Fig. 2 Diagrama esquemático del puente de diodos rectificador.

Si el generador eólico de CA se utilizará para una carga de CA que requiere frecuencia constante y voltaje constante, entonces adicionalmente al rectificador controlado, se requiere un convertidor de CD a CA (inversor) tal como se indica en la Fig. 3

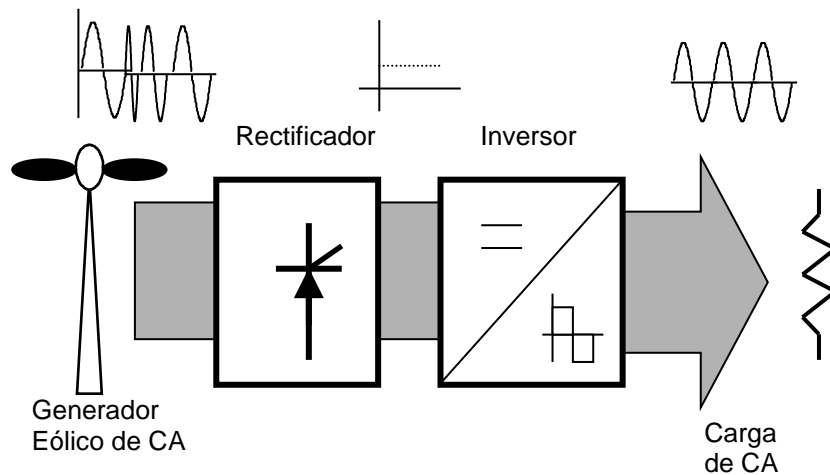


Fig. 3 Convertidor de CA/CD y de CD/CA

El inversor consiste en un arreglo de transistores Mosfet's ó IGBT's conectados en configuración puente tal como se muestra en la Fig. 4. Mediante un control electrónico que alterne el encendido de los transistores, se puede generar voltajes de CA a partir de voltajes de CD.

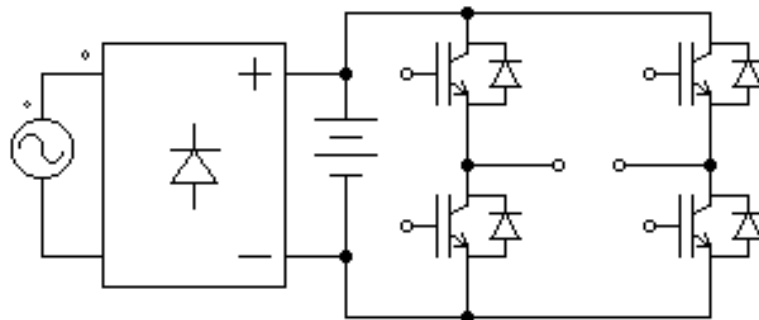


Fig. 4 Circuito de un inversor

El procesamiento en serie de la energía produce que la eficiencia disminuya ya que se producen pérdidas en cada etapa de conversión.

En la búsqueda de soluciones que mejoren la eficiencia, se han propuesto inversores que empleen la técnica de conmutación suave (conmuten en modo resonante o cuasi-resonante disminuyendo las pérdidas durante la transición de encendido /apagado) [1].

Si el generador eólico de CA se utilizará para una carga de CA que puede operar con frecuencia variable y voltaje variable (bombeo eólico) el generador se puede conectar directamente con la carga (Fig.5) incluyendo únicamente un interruptor de transferencia de CA (este se activará cuando se alcance un valor mínimo de operación). Este interruptor puede ser electromecánico o electrónico.

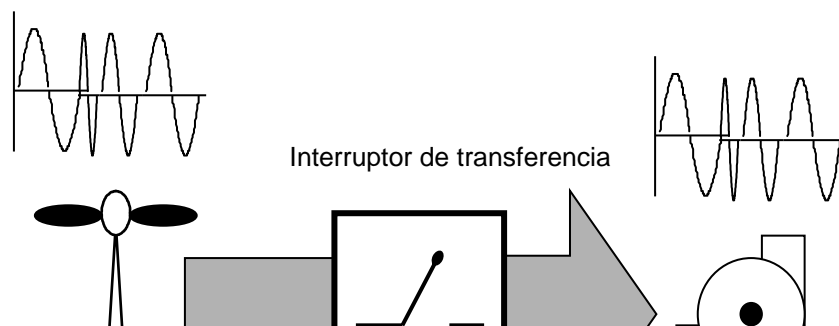


Fig. 5 Interruptor de transferencia de CA

Una variante de este interruptor de transferencia se muestra en la Fig. 6, donde un par de SCR's conectados en anti-paralelo tienen la función de interconectar la fuente de energía de CA a la carga cuando las señales de control así lo indicaran.

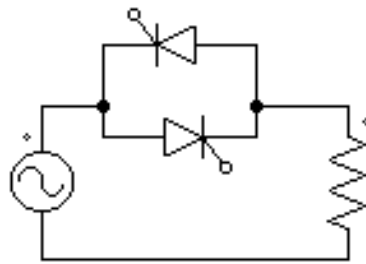


Fig. 6 Interruptor estático basado en SCR

Si el generador eólico de corriente directa se va a conectar a un banco de baterías (CD), simplemente se requiere un interruptor de transferencia de CD (controlador de carga) tal como se observa en la Fig. 7. Este controlador de carga puede ser desde un simple diodo hasta un sistema basado en microcontrolador, dependiendo de los requerimientos de la batería [2] y la dinámica del generador.

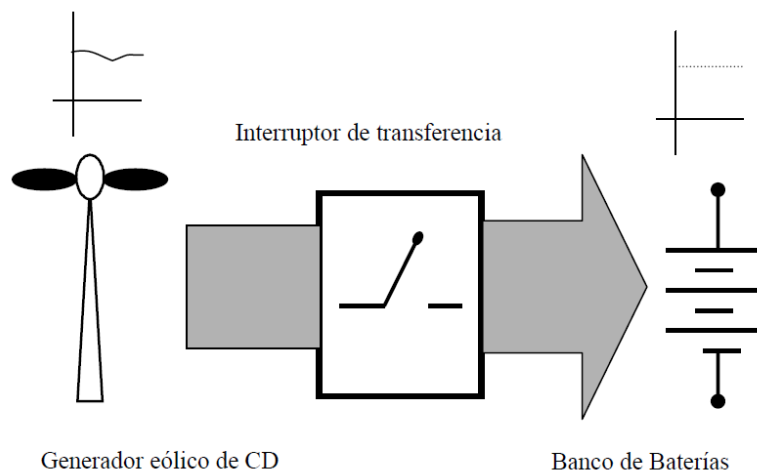


Fig. 7 Interruptor de transferencia de CD para sistema eólico

En la Fig. 8 se muestra un tipo de controlador de carga basado en transistor, el cual tiene la función de limitar la corriente de carga de la batería en función de una señal de control que se aplica al transistor.

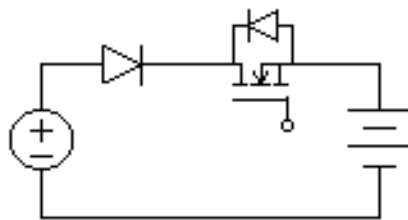


Fig. 8 Interruptor estático basado en MOSFET

Si el generador eólico es de CD y se va a interconectar con una carga de CA que requiere frecuencia constante y voltaje constante, se utiliza un convertidor de CD/CD (troceador) que regule el voltaje de CD y adicionalmente un sistema de CD/CA (Inversor) tal como se muestra en la Fig. 9.

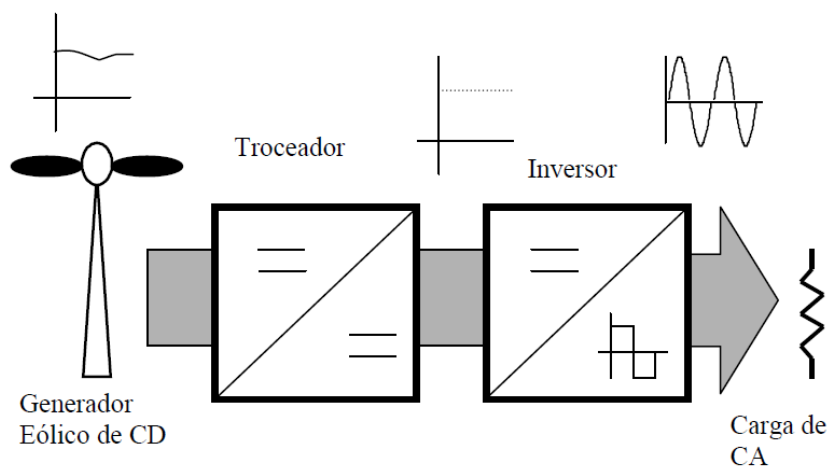


Fig. 9 Convertidor de CD/CD y CD/CA

El troceador o convertidor CD/CD consiste en un circuito de potencia en el que a través de un transistor, un inductor y un diodo, se logra la regulación del voltaje de CD (Fig. 10).

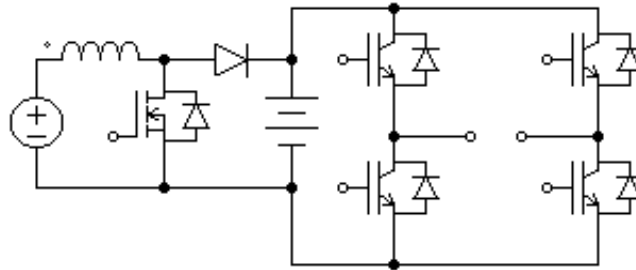


Fig. 10 Troceador + Inversor

Al igual que el sistema presentado en la Fig. 3 este tiene una eficiencia baja, ya que la energía es procesada por ambas etapas de conversión. Una propuesta reciente integra ambas etapas en una sola [3], disminuyendo el número de componentes a través de los cuales se procesa la energía incrementando la eficiencia total del sistema.

3.- CONVERSIÓN DE ENERGÍA SOLAR

Las celdas fotovoltaicas generan energía en forma de corriente directa (CD). Para el caso en el que el generador fotovoltaico se conectara a un banco de baterías, solo se requiere de un controlador de carga o interruptor de transferencia de CD (Fig. 11).

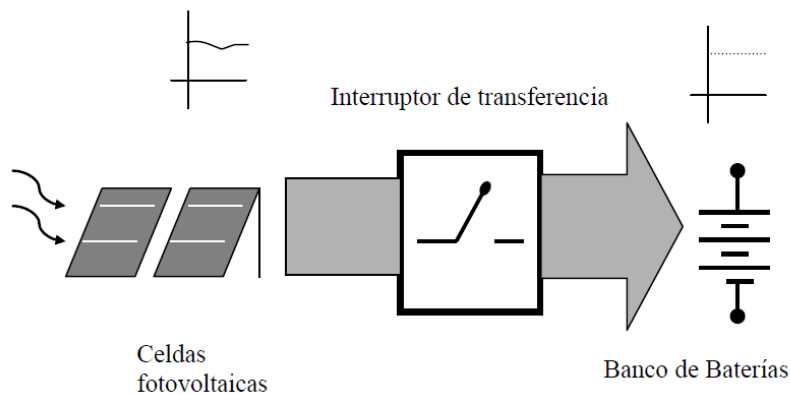


Fig. 11 Interruptor de transferencia de CD para sistema fotovoltaico

Este sistema es similar al empleado en un sistema eólico, por lo que un mismo interruptor de transferencia de CD puede ser utilizado en ambos casos siempre y cuando los niveles de voltaje entregados por cada generador sean afines.

Si el generador fotovoltaico se conectara a una carga de CA que requiere frecuencia constante y tensión constante, se requiere de un convertidor CD/CD para controlar la tensión de CD y un convertidor CD/CA para generar la frecuencia constante. (Fig. 12)

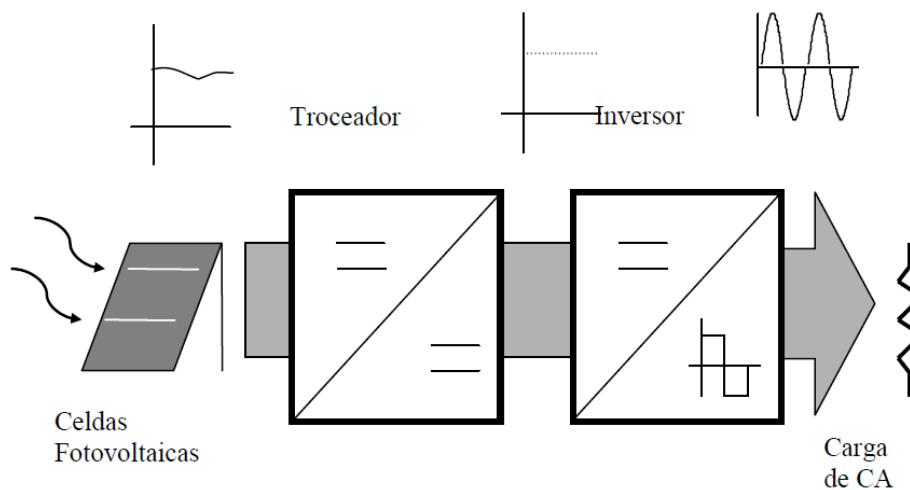


Fig. 12 Convertidor de CD/CD y CD/CA para sistema fotovoltaico

En la mayoría de los casos el convertidor de CD/CD debe tener la capacidad de elevar la tensión de las baterías (generalmente 12 Voltios de CD) a un nivel adecuado para que el convertidor CD/CA genere corriente alterna en rangos de 110 Voltios o 220 voltios de CA. De otro modo se requiere de arreglos serie-paralelo de las celdas fotovoltaicas que proporcionen el nivel adecuado sin requerir de un convertidor elevador.

4.- CONVERSIÓN DE ENERGÍA CON CELDAS DE COMBUSTIBLE

En el caso de las celdas de combustible se tiene una fuente de CD por lo que los convertidores propuestos para las celdas fotovoltaicas también aplican en ellas (Figs. 11 y 12). Sin embargo, una problemática adicional en las celdas es el bajo voltaje de entrada por lo que se requiere implementar un convertidor elevador (Boost) con un diseño optimizado en eficiencia.

En [4] se propone un convertidor Elevador entrelazado (Fig. 13) en el que se divide el manejo de corriente total, para reducir los esfuerzos eléctricos en cada transistor, logrando con ello un incremento en la eficiencia y en la vida útil del convertidor.

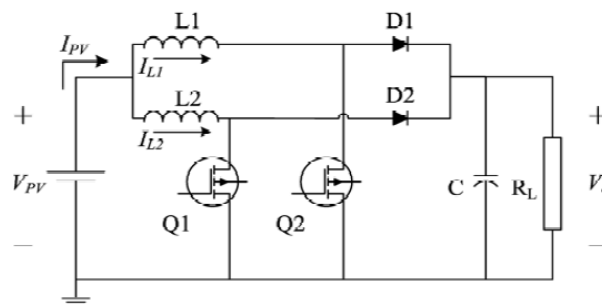


Fig. 13 Convertidor Elevador Entrelazado (Boost interleaving)

También se ha propuesto [5] un convertidor elevador de múltiples entradas que incrementa la confiabilidad del sistema (Fig. 14) ya que si alguna de las celdas disminuye o queda fuera de operación, se puede continuar operando el sistema a un rango menor de potencia.

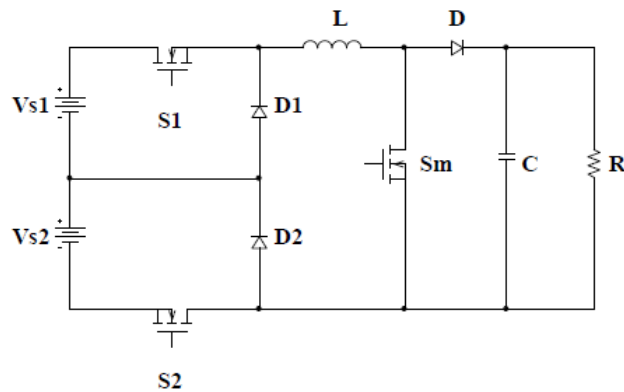


Fig. 14 Convertidor Elevador de múltiples entradas (Multi-input Boost)

En ambos casos (Fig. 13 y 14) la salida de dichos convertidores es CD por lo que se requiere del inversor para poder entregar una energía de CA al usuario.

En [6] se ha propuesto un inversor que incluye el convertidor elevador, dicho inversor es denominado el "Inversor Z". Dentro de las ventajas de este convertidor es que utiliza los elementos del inversor para el proceso de elevación de voltaje, al compartir los transistores en ambos convertidores, aumenta la eficiencia y con ello el tiempo de vida útil (Fig. 15).

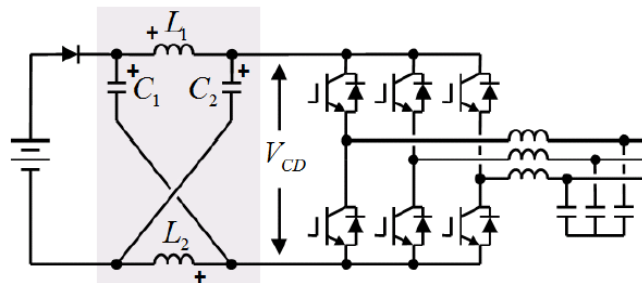


Fig. 15 Inversor Z

5.- TENDENCIAS FUTURAS

La problemática actual de los convertidores de potencia se enfoca básicamente en tres aspectos:

- * Uso eficiente de la energía
- * Calidad de la energía eléctrica (reducción de la distorsión armónica)
- * Confiabilidad del sistema (extender el tiempo de vida útil)

Las soluciones a esta problemática han generado una gran variedad de configuraciones de los convertidores. En el caso de los inversores (convertidor de CD/CA) existen diversas técnicas de

conmutación (ZVS, ZCS, cuasi-resonante, resonante) que buscan eliminar las pérdidas durante la conmutación incrementando la eficiencia del convertidor [7], también existen diversas configuraciones para la interconexión de los convertidores con los módulos, permitan robustez al sistema [8]. En el caso de los controladores de carga (convertidor CD/CD) existen diversas configuraciones (serie, paralelo, on-off con histéresis) encaminadas a optimizar el proceso de carga en las baterías [9]. En el caso de los rectificadores (convertidor CA/CD) el enfoque principal ha sido sobre mejorar la fabricación de éstos obteniéndose diodos de bajo voltaje de conducción y diodos de recuperación rápida [10]. De manera global se han propuesto estrategias de integración de las etapas de tal manera que la energía se procese por el menor número de componentes posibles [11].

6 CONCLUSIONES

La problemática del uso eficiente de energía ha generado diversas soluciones en los convertidores de potencia. Es indispensable conocer las características tanto de la fuente como del usuario para poder elegir un esquema de acondicionamiento de energía. Dado que en cada proceso de conversión de energía, la eficiencia se reduce debido a las pérdidas de cada etapa, se debe seleccionar esquemas con el menor número de componentes. El empleo de modernas técnicas en cada proceso de conversión así como la integración de etapas logra que la eficiencia del sistema mejore notablemente. Sin embargo en cada caso se debe analizar el tipo de estrategia seguir, ya que dependiendo de las características de las fuentes de energía y de los requerimientos de los usuarios (cargas) se determina el esquema de solución.

7 REFERENCIAS

- [1] N.Mohand, T. Underland, W. Robbins Power electronics: Converters, Applications, and Design Ed. J. Wiley & Sons
- [2] Y. Xue, L. Chang, S.B. Kjaer, J. Bordonau, T. Shimizu, "Topologies of single-phase inverters for small distributed power generator: an Overview", *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 19, issue 5, September 2004. Page(s):1305–1314
- [3] B.K. Bose Power electronics an AC Drives. Ed. Prentice Hall
- [4] H. Calleja, F. Chan , I. Uribe, "Reliability-Oriented Assessment of a DC/DC Converter for Photovoltaic Applications" IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2007. P.p 1522-1527
- [5] Alvaro Hernández Sandoval, Nimrod Vázquez Nava, "Un Convertidor Cd/Cd de dos entradas aplicable a Fuentes de Energías Renovables", CONIEEM2011 p.p. 639-645
- [6] V. Sánchez, F. Chan, Juan M. Ramírez, Julio C. Rosas Caro, "Convertidor Fuente Z para aplicaciones Fotovoltaicas", XXXIV Semana Nacional de Energía 2010, pp. 1-6
- [7] S.B. Kjaer, J.K. Pedersen, F. Blaabjerg; "A review of single-phase grid-connected inverters for photovoltaic modules"; *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol. 41, Issue 5, Sept.-Oct. 2005; Page(s):1292 – 1306
- [8] M. Calais, J. Myrzik, T. Spooner and V. Agelidis, "Inverters for Single-Phase Grid Connected Photovoltaic Systems - An Overview", *Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conference*, 2002, Page(s):1995-2000.
- [9] F. Lasnier, G. Ang Photovoltaic Engineering Handbook Ed. Adam Hilgerl
- [10] M. Calais, J. Myrzik, "String and module integrated inverters for single-phase grid connected photovoltaic systems- A Review", *Proc. IEEE Power Tech Conference*, 2003 Page(s):8
- [11] F. Blaabjerg , Z. Chen and S. Kjaer "Power electronics as efficient interface in dispersed power generation systems," *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol. 19, Sep. 2004. Page(s):1184-1194.

CARACTERIZACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DE REJILLAS DE BRAGG POR MEDIO DE VARIACIONES DE TEMPERATURA.

Manuel May Alarcón¹, Walter Ariel Silva Martínez¹, Jesús Alberto Cobá Ramos¹, Francisco Méndez Martínez¹, Rubén Alejandro Vázquez Sánchez², Héctor Hugo Cerecedo Núñez³.

¹Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR)

²Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. (UNICACH)

³Universidad Veracruzana, (UV)

mmay@pampano.unacar.mx, walter_silva_m@hotmail.com, jalberto_coba@hotmail.com

RESUMEN:

En este trabajo se presenta la caracterización de rejillas de Bragg de fibra óptica, sometidas a cambios de temperatura, con el objetivo de estudiar su comportamiento como sensores del tipo todo de fibra. Para este estudio se utiliza un láser de fibra óptica dopada con Erblio. Para caracterizar la sensibilidad de la rejilla de Bragg de fibra se usa el espectro de emisión espontánea amplificada y la reflexión de la rejilla de Bragg, el cual se encuentra cercano a la longitud de 1548.85nm y representa el punto de máxima reflectividad, también llamado longitud de onda de Bragg, conforme se fue variando la temperatura se presenta un desplazamiento espacial de este punto el cual se utilizó para determinar la sensibilidad de la rejilla a los cambios de temperatura. En este trabajo se presentan los resultados de someter a una rejilla de Bragg a diferentes temperaturas (26°C, 58°C y 90°C) encontrándose una sensibilidad de 12.5 pm/°C que está dentro de los parámetros reportados por la literatura.

ABSTRACT:

In this paper we present the characterization of fiber Bragg gratings subjected to temperature changes, in order to study their behavior as sensors of any fiber type. For this study uses an EDFA (Erbium Doped Fiber Laser). To characterize the sensitivity of the fiber Bragg grating is used the amplified spontaneous emission spectra and reflection from the fiber Bragg grating, which is close to the length of 1548.85nm and represents the point of maximum reflectivity, also called length Bragg wavelength, at the time that we change the temperature to the fiber Bragg grating we found a movement of this point and we use that determine the sensitivity of the grating to changes in temperature. This paper presents the results of submit a fiber Bragg grating at different temperatures (26°C, 58°C and 90°C) found a sensitivity of 12.5 pm/°C which is within the parameters reported in the literature.

1. INTRODUCCIÓN.

El rápido desarrollo de la fibra óptica iniciada por la creciente demanda de información y el aumento en la capacidad de transmisión de esta, dio como resultado el desarrollo de las nuevas tecnologías en otras áreas, principalmente la nueva generación de láseres y sensores. Estos logros se basan en las propiedades únicas de las fibras ópticas, estas son: las pequeñas pérdidas ópticas en la propagación de la radiación en la fibra (~0.2 dB/km en la ventana de transmisión de baja pérdida, cercana a 1550nm), la disipación eficaz de calor debido a la geometría de la fibra, y la baja distorsión del haz de luz. Como resultado, una alta intensidad de luz puede propagarse a grandes distancias sin deterioro en la calidad del haz. Además, una característica importante de las fibras es la foto sensibilidad o la capacidad inherente de cambiar su índice de refracción por la acción de la radiación UV. Este efecto hace que sea posible construir un dispositivo controlador de luz directamente en el núcleo de la fibra. La rejilla de Bragg de fibra óptica (Fiber Bragg Grating, FBG) una estructura con índice de refracción periódico es un ejemplo de tal dispositivo [1].

Los sensores basados en FBG aprovechan las propiedades proporcionadas por la fibra óptica, las cuales son: baja pérdida de transmisión, la inmunidad a las interferencias electromagnéticas, aislamiento eléctrico y peso reducido. Estas características los hacen atractivos para su uso en ambientes hostiles donde las corrientes eléctricas pudieran representar un peligro. Además, la ventaja intrínseca de las FBG en sí debe considerarse también, como alta relación de señal a ruido, tamaño compacto, alta linealidad, alta

sensibilidad, inmunidad a los campos electromagnéticos, bajo ruido (como resultado de la codificación de información en el dominio de longitud de onda) [2]

En este trabajo se presenta la caracterización de rejillas de Bragg sometidas a cambios en su temperatura, con el objetivo de estudiar su comportamiento como sensores del tipo todo de fibra. El principio básico utilizado en este sistema es el de monitorear el desplazamiento de la longitud de onda de Bragg reflejada por las rejillas con los cambios de temperatura, de esta manera la medición queda codificada en términos de la longitud de onda, parámetro que no es afectado por cambios en la intensidad de la radiación, característica que hace útiles a estos sensores en mediciones remotas. En la referencia 3 se presenta la caracterización de la rejilla de Bragg por medio de la medición de potencia del láser. En el trabajo se utiliza el sistema láser como fuente de emisión espontánea amplificada, de esta manera determinaremos el punto de máxima reflectividad, también llamado longitud de onda de Bragg y determinando su desplazamiento espectral se puede caracterizar la sensibilidad de la rejilla de Bragg que se utilizará para otras pruebas experimentales.

2. ARREGLO EXPERIMENTAL.

En la figura 1 se muestra el arreglo experimental. Un tramo de 10 m de fibra dopada con Erblio es colocado en una cavidad que está formada por dos rejillas de Bragg con longitud de onda de trabajo de 1548.85 nm. Para bombear la fibra dopada con Erblio se utiliza un diodo láser de semiconductor de 980 nm de onda continua, un acoplador tipo WDM (Wavelength Division Multiplexing) se utiliza para acoplar la luz del diodo láser al sistema, por disponibilidad se usó un tramo de 1 km de fibra pasiva SMF-28 para unir la FBG2 al puerto dos del WDM, esta unión se realizó con dos empalmes por fusión, a su vez a la fibra dopada con Erblio se le empalma por fusión un extremo al puerto uno del WDM y el otro extremo a la FBG1. Con esto se construye un láser en donde el amplificador óptico es la fibra dopada y el diodo láser de semiconductor; la cavidad óptica, con una longitud (L) está formada por las rejillas que funcionan como espejos y por fibra óptica (fibra pasiva y fibra dopada) que separa a las rejillas. Para caracterizar la sensibilidad de la rejilla de Bragg de fibra necesitamos una fuente de emisión espontánea amplificada (Amplified, Stimulated Emission ASE) el cual nos mostrará el punto de operación de las rejillas de Bragg de fibra. El láser de fibra nos servirá como fuente de ASE, se conectará el extremo libre de la FBG2 a un conector FC, para que sea la salida de nuestro sistema y este se conectará a un Analizador de Espectros Ópticos (Optical Spectrum Analyzer, OSA) YOKOGAWA AQ7360C para visualizar las longitudes de onda relevantes para determinar el punto de operación de la rejilla y así obtener la señal de salida del sistema en términos de la longitud de onda contra potencia óptica, la resolución del OSA es de 0.2 nm. Primero se toma una muestra del ASE a temperatura ambiente (26°C) como se ve en la figura 2. Se utilizó un dispositivo tipo Peltier controlado por voltaje, para variar la temperatura de la FBG2 el cual transfiere por contacto el aumento de temperatura, así mismo se coloca la sonda de temperatura en el Peltier junto a la FBG2 para el monitoreo de la temperatura y esto se realiza con un termómetro digital solar modelo DST-20 con resolución de 0.1°C, precisión de +/- 1°C (+/- 2° F). Se cambia la temperatura hasta los 58°C, se tomará otra muestra del espectro ASE para monitorear el desplazamiento de la longitud de onda de Bragg, después se varía hasta los 90° C y se toma otra muestra del espectro ASE. La FBG1 se mantiene a temperatura ambiente por lo cual su longitud de onda de Bragg se mantendrá constante en 1548.85 nm.

Usando la hipótesis de que la longitud de onda de Bragg depende de la temperatura T, la dependencia funcional de la longitud de onda de Bragg en este parámetro, puede ser calculada como [4]:

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda, \quad \text{Ecu. (1)}$$

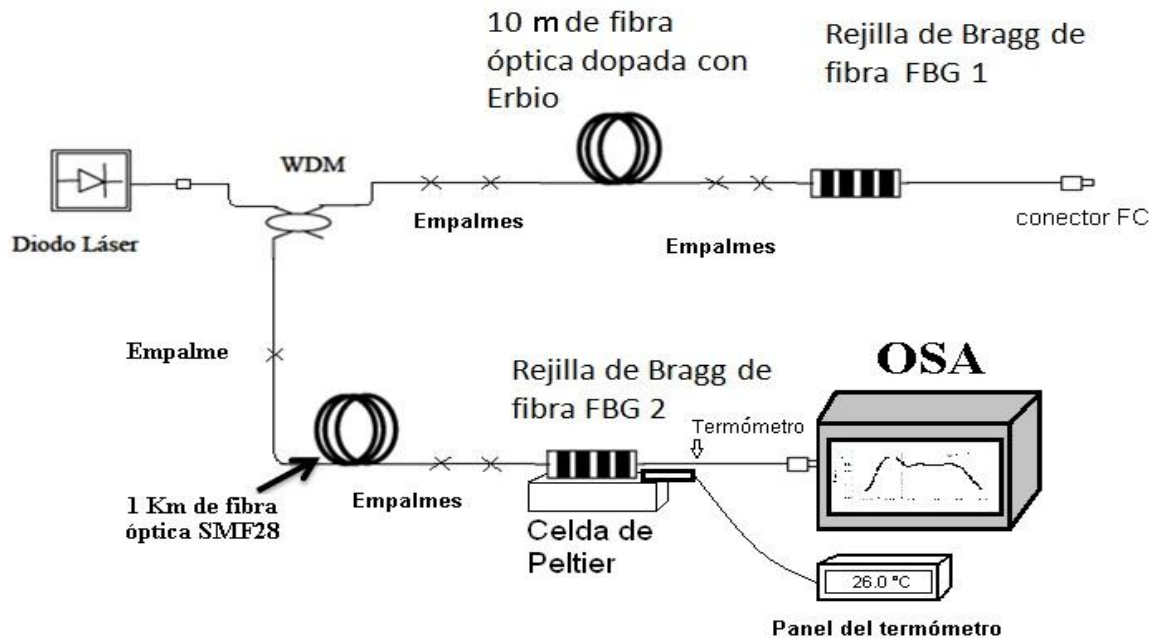


Figura 1. Diagrama del arreglo del láser de fibra óptica dopada con Erblio.

$$\begin{aligned} \frac{d\lambda_B}{dT} &= 2 \frac{d}{dT} (2n_{eff}\Lambda) = 2\Lambda \frac{dn_{eff}}{dT} + 2n_{eff} \frac{d\Lambda}{dT} \\ &= 2\Lambda \delta n_{eff} + 2n_{eff} \Lambda \alpha \end{aligned} \quad \text{Ecu. (2)}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda_B} \cdot \frac{d\lambda_B}{dT} &= \frac{2\Lambda n_{eff}}{2n_{eff}\Lambda} + \frac{2n_{eff}\Lambda\alpha}{2n_{eff}\Lambda} = \frac{\delta n_{eff}}{n_{eff}} + \alpha \\ \Delta\lambda_B &= \frac{d\lambda_B}{dT} \Delta T = \lambda_B \left(\frac{\delta n_{eff}}{n_{eff}} + \alpha \right) \Delta T, \end{aligned} \quad \text{Ecu. (3)}$$

donde n_{eff} es el índice de refracción efectivo del modo que se propaga en el núcleo de fibra y Δ es el periodo espacial de la red y $\delta n_{eff} / n_{eff}$ es la sensibilidad normalizada del índice efectivo modal y α es el coeficiente del cambio físico de longitud dependiente de la temperatura.

Para el cálculo de la sensibilidad de la rejilla de Bragg se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{sensibilidad} = \frac{\Delta\lambda_B}{\Delta T} \quad \text{Ecu. (4)}$$

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

Se sometió la rejilla de Bragg de fibra FBG2 a un incremento de temperatura, 26°C, 58°C y 90°C. A una temperatura de 26°C el espectro de ruido de emisión espontánea presenta un valle a la longitud de 1548.8 nm como se observa en la figura 2, este punto representa la máxima reflectividad, también llamado longitud de onda de Bragg λ_B , conforme se fue cambiando la temperatura se presentó un desplazamiento espacial de este punto. En la figura 3, observamos

los espectros ASE de cada una de las mediciones experimentales que se realizaron para poder comparar las diferentes longitudes de onda y su temperatura tal cual nos muestra el OSA, se muestra en el rango de 1548.6 nm a 1550 nm, observamos que el espectro ASE presenta un valle y de este tomamos el punto mínimo, el cual representa la longitud de onda de Bragg λ_B y tomamos ese dato para compararlo a diferentes temperaturas. Tomando en cuenta estos desplazamientos y registrando la temperatura necesaria para producirlos, se determinó la sensibilidad de la rejilla, a la máxima temperatura a la que se sometió a la rejilla se encontró una λ_B final a 1549.6 nm y como tuvimos una λ_B inicial de 1548.8 nm de tal forma que $\Delta\lambda_B = 0.8\text{nm}$ y $\Delta T = 64^\circ\text{C}$ por medio de la ecuación 4 obtuvimos: , $\Delta\lambda_B / \Delta T = 0.8\text{nm} / 64^\circ\text{C} = 12.5\text{pm}/^\circ\text{C}$, Se encontró una disminución de potencia óptica en los espectros de ASE conforme se aumento la temperatura, pero no afecto esto a la sensibilidad térmica de la rejilla. En la figura 4 podemos ver la relación entre la temperatura alcanzada por la rejilla y el punto a donde se desplazó la longitud de onda de Bragg, de esta manera podemos notar que en el rango de temperatura de 26°C a 90°C la rejilla presenta un comportamiento lineal en su desplazamiento de longitud conforme aumenta la temperatura

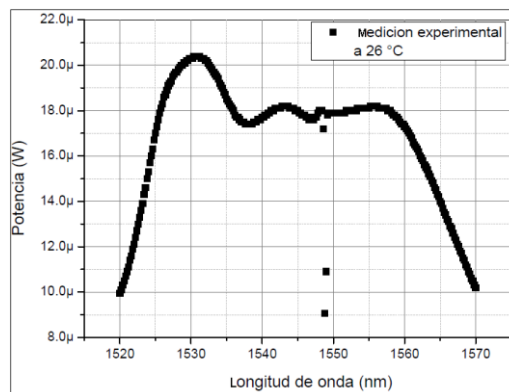


Figura 2. Espectro de emisión espontánea, la longitud de onda de Bragg a temperatura ambiente está en la región cercana a los 1548.8 nm.

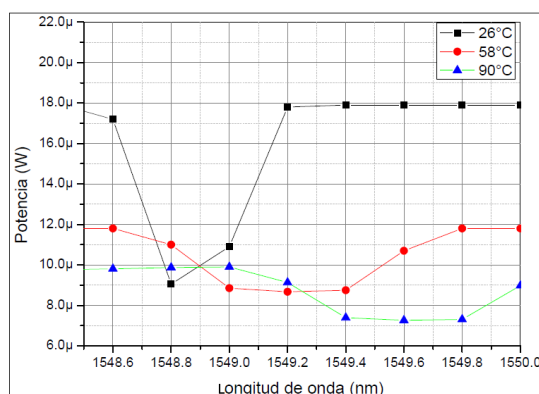


Figura 3. Espectro de emisión Espontánea Amplificada para diferentes temperaturas.

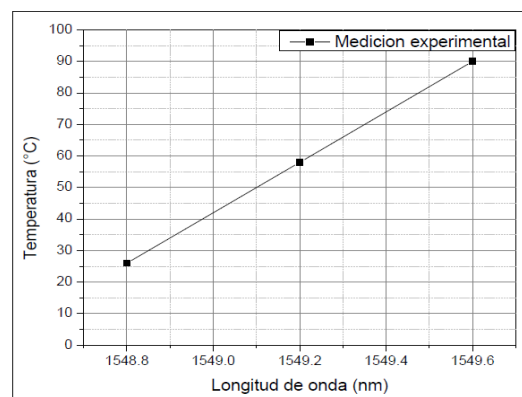


Figura 4. Variación de la longitud de onda de Bragg con los cambios de temperatura.

4. CONCLUSIONES.

En este trabajo se presentan los resultados de someter a una rejilla de Bragg a diferentes temperaturas y monitorear el desplazamiento de la longitud de onda del espectro de emisión, se varió la temperatura con un dispositivo Peltier y se logró mantenerla estable para obtener una mejor medición. Obtuvimos una medida de la sensibilidad de la rejilla de 12.5 pm/°C, que es congruente con lo reportado en la literatura.

AGRADECIMIENTOS.

Walter Ariel Silva Martínez y Jesús Alberto Cobá Ramos fueron apoyados por la beca CONACyT número 256855 y 256856 respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1]. S. A. Babin, A. A. Vlasov, and I. S. *Fiber-Optic Sensors Based on Bragg Gratings*, High Energy Chem. B., 2008, Vol. 42, No. 7, pp. 535–537
- [2]. P. Antunes, H. Lima et al, *Optical Sensors Based on Fiber Bragg Gratings for Structural Health Monitoring*, Lect. Notes Electr. Eng., Volume 96, pp. 253-295
- [3]. H.H. Cerecedo-Núñez, L.A. Zenteno-Sánchez. *Caracterización de rejillas de Bragg en fibra óptica*, Rev. Mex. Fis. B., 45 (4) (2009), pp.364-369.
- [4]. Raman Kashyap, (2009) *Fiber Bragg Gratings*, Second Edition, USA, Academic Press (2009) pp. 444-445.

CARACTERIZACIÓN DEL ESPEJO DE LAZO ÓPTICO NO LINEAL Y REJILLA DE BRAGG APLICADOS EN AMPLIFICADORES DE FIBRA DOPADA CON ERBIO.

Manuel May Alarcón, Jesús Alberto Cobá Ramos, Walter Ariel Silva Martínez, Francisco Méndez Martínez, Rafael Sánchez Lara, Santiago Castillejos Álvarez.

Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR)
mmay@pampano.unacar.mx, jalberto_coba@hotmail.com

RESUMEN:

En este trabajo se presenta la caracterización y comparación de una rejilla de Bragg y del espejo de lazo óptico no lineal que pueden ser utilizados para amplificar la señal de entrada proporcionada por un diodo láser, dentro de los principales resultados se presenta la comparación de dos arreglos con sus respectivas ganancias, el primero con una rejilla de Bragg y el segundo con el espejo de lazo óptico no lineal, se tiene una configuración base en la cual se colocaron los dos arreglos, estos arreglos se calentaron a tres temperaturas diferentes y se midieron las potencias de salida.

ABSTRACT:

In this work we show the characterization and comparison of a fiber Bragg grating and mirror nonlinear optical loop that can be used to amplify the input signal given by a laser diode, within the main results are presented comparing two arrays with their gains, the first with a fiber Bragg grating and the second with mirror nonlinear optical loop, it is the base configuration in which two arrays are placed, these arrangements were heated at three different temperatures and measured the output power was measured.

1. INTRODUCCIÓN.

Los amplificadores de fibra dopada con Erblio son utilizados actualmente para la regeneración de señales en telecomunicaciones, también tienen aplicaciones como sensores de parámetros físicos cuando son sometidos a cambios de temperatura. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de un amplificador de señal por medio de la caracterización de un amplificador de fibra dopada con Erblio en configuración bidireccional utilizando una rejilla de Bragg [1] como primer arreglo y como segundo arreglo el espejo de lazo óptico no lineal [2] estas son las opciones utilizadas para reflejar la señal de entrada en el sistema. El objetivo de este trabajo es determinar las ganancias de cada uno de los arreglos propuestos.

2. ARREGLO EXPERIMENTAL.

El arreglo experimental usado en este trabajo consiste en dos láseres de bombeo a 980 nm y un láser de señal de 1550.44 nm [4] los cuales tienen un medio amplificador que es por un lado una fibra dopada con Erblio de 10 m, y del otro lado una fibra dopada con Erblio de 9 m. Estos serían los medios amplificadores para los láseres de bombeo antes mencionados los cuales van acoplados a un circulador de tal forma que la señal y los bombeos se unen al pasar por estos medios y la señal se traslapa con el espectro de emisión espontánea amplificada, la señal de salida es enviada a un divisor 90/10, para la protección del equipo de medición, se utilizó la salida de 10%.

Para probar las dos opciones, la rejilla de Bragg y la otra que es el espejo de lazo óptico no lineal, se usa en la configuración base, la cual es común para los dos arreglos tal como se ilustra en la figura 1, y se tomaron medidas a tres distintas temperaturas en cada arreglo experimental midiendo la potencia en la terminal de salida para determinar el nivel de amplificación. El arreglo experimental está sometido a tres temperaturas diferentes ($T_1 = 22\text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 59\text{ }^\circ\text{C}$ y $T_3 = 64.8\text{ }^\circ\text{C}$) para las dos variantes, es decir para la rejilla Bragg y para el espejo de lazo óptico no línea.

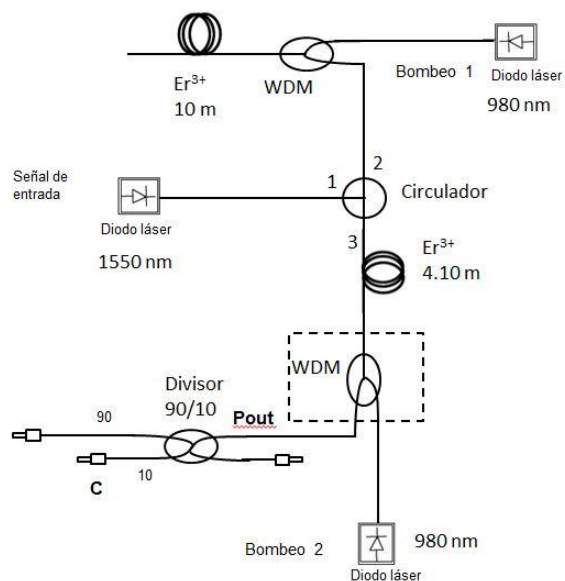


Figura 1. Configuración base, en esta configuración se prouan los dos arreglos propuestos

3. RESULTADOS Y ANALISIS.

Como resultado de este trabajo se presenta las caracterizaciones de la configuración base con el arreglo uno y dos, la ganancia esta dada para cualquiera de los dos arreglos de la siguiente forma:

$$Gain = \frac{P_{out}}{P_{int}} \quad \text{Ecu. (1)}$$

Como primer paso se procedió a caracterizar la potencia de salida de la señal del láser, el cual se midió con el analizador de espectros ópticos (OSA por sus siglas en ingles) se encontró 18.39 μW , a 1550.44 nm, con estos datos se compararán los resultados a la salida del sistema, ver figura 2. Los dos bombeos suministraron las siguientes potencias, el bombeo 1 proporcionó 3.1 mW y el bombeo 2 8.9 mW.

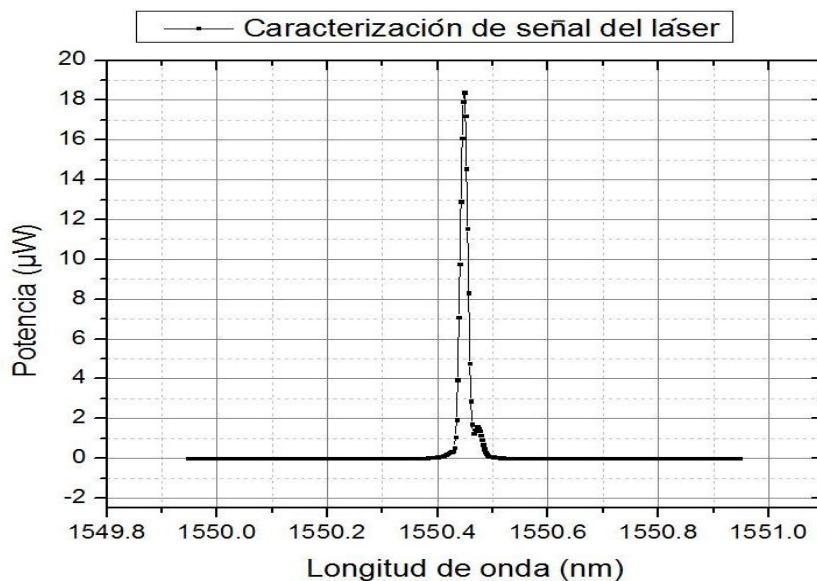


Figura 2. Caracterización en longitud de onda y potencia del diodo láser que se usa como señal de entrada, su longitud de onda es de 1550.44 nm y su potencia de 18.39 μW .

Después se caracterizó la rejilla de Bragg, esta caracterización se realizó con un sistema diferente [4], dando una longitud de onda de 1549.8 nm, ver figura 3, esto corrobora que está a diferente longitud de onda de trabajo que el diodo láser, pero tomando en cuenta que la rejilla de Bragg varía su longitud de onda de acuerdo a cambios de temperatura, entonces se pronostica que cambiará su longitud de onda por medio de cambios de temperatura.

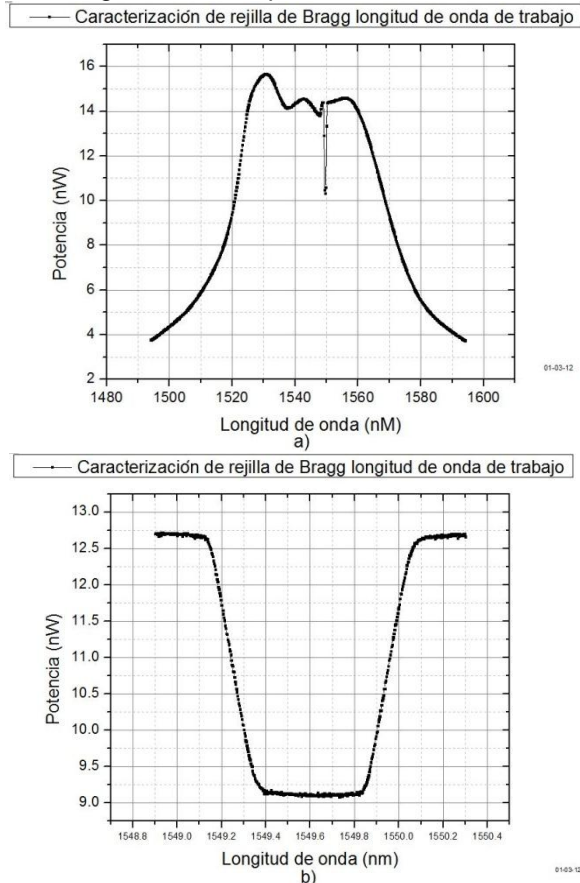


Figura 3. En la parte a) se muestra el espectro de emisión espontánea y la longitud de onda de trabajo de la rejilla a utilizar, b) en esta gráfica se muestra una imagen ampliada de misma región de trabajo.

Teniendo estos datos se procedió a instalar la rejilla en el arreglo, ver figura 4, y con una celda Peltier se varió la temperatura en la rejilla, se procedió a tomar datos, primero, se tomaron los datos a T1, ver Figura 5, en el cual se pueden apreciar las diferentes longitudes de onda tanto la de la rejilla de Bragg que está a 1549.8 nm como la de la señal del láser de 1550.44 nm, después se procedió a calentar la rejilla de Bragg y como la señal del láser se encuentra en una longitud de onda mayor a esta se pudo observar el desplazamiento de la longitud de onda al calentar la rejilla a T2 y sumándose a la longitud de onda de la señal haciendo que la potencia de este aumentara, ver figura 6, con lo cual se puede observar que se amplificó la señal a 3.58 μW en comparación con el dato tomado a la potencia de la señal a T1 que fue de 0.789 μW [4].

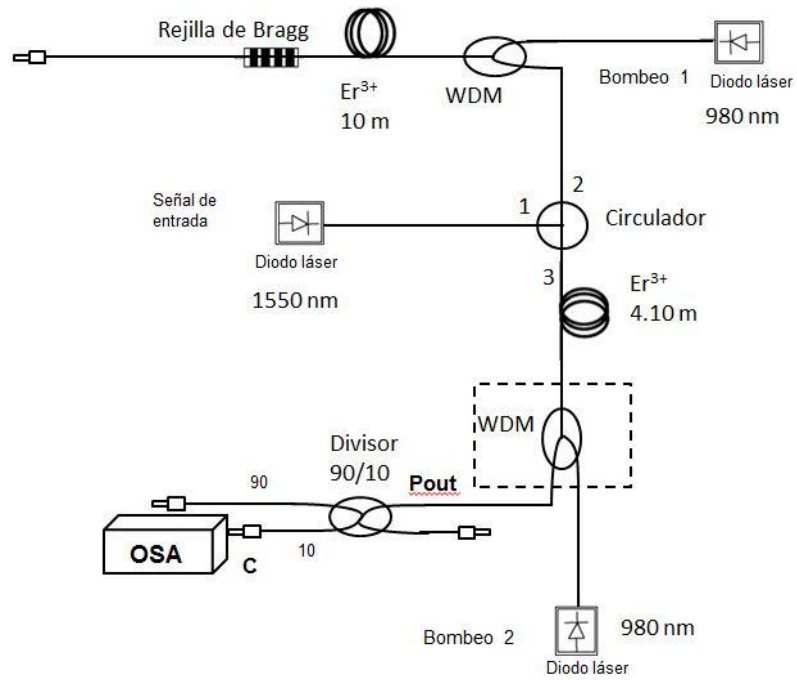


Figura 4. Arreglo experimental 1, con rejilla de Bragg

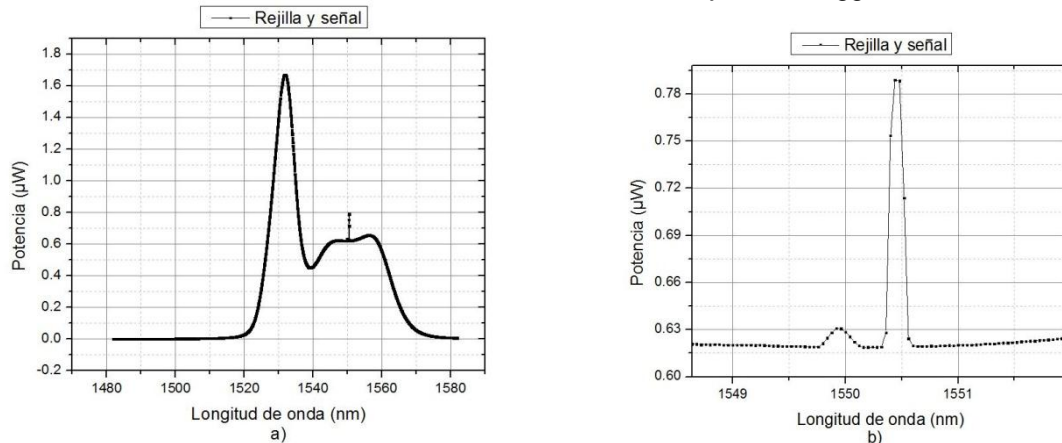


Figura 5. a) Es el espectro en general del arreglo 1, b) es la zona ampliada donde se resalta la presencia de la rejilla y la presencia de la señal emitida por el diodo láser.

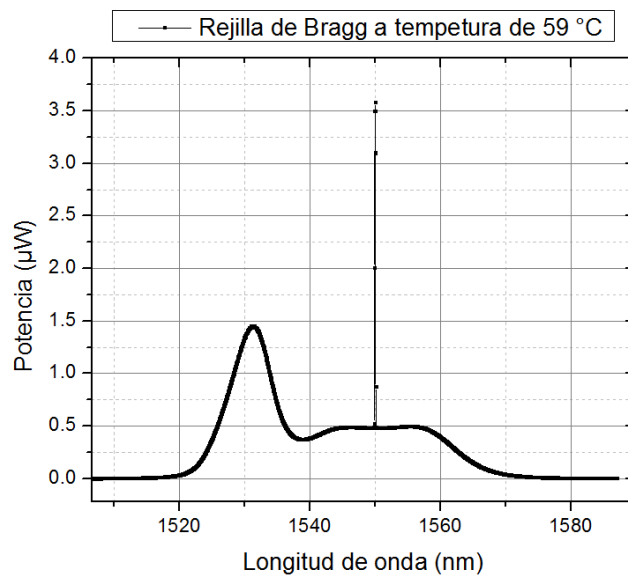


Figura 6. Configuración base, la rejilla de Bragg a temperatura T2 de 59 °C

Al continuar calentando a T3, la rejilla de Bragg alcanza la longitud de onda deseada de la señal del láser o sea su máxima amplificación, ver figura 7 y obteniéndose un resultado de 12.05 µW, ya que si se sigue calentando más, se recorrería mas y quedaría como al principio pues estaría desfasada con la longitud de onda de la señal del láser y se perdería el laseo. A continuación se presentan los cálculos del arreglo 1 con los datos obtenidos. Para calcular el porcentaje de salida al 100% con sólo el 10% se procedió como sigue:

$$P_{out} = C \times 10$$

donde

P_{out} = potencia al 100% en la salida del WDM o es la potencia de entrada al Divisor 90/10, C es la potencia de salida al 10% del Divisor 90/10. Para calcular la ganancia se usa la ecuación 1, donde P_{in} es la potencia de la señal a amplificar (la del diodo láser) y P_{out} es la potencia medida a la salida del WDM. Obteniéndose los siguientes resultados para el arreglo 1. A T1 con la rejilla puesta en el sistema da una potencia de 7.89 µW, con una ganancia sobre la entrada de 0.429. A T2 con la rejilla puesta en el sistema da una potencia de 35.8 µW, con una ganancia sobre la entrada de 1.94. A T3 con la rejilla puesta en el sistema da una potencia de 120.5 µW, con una ganancia sobre la entrada de 6.55.

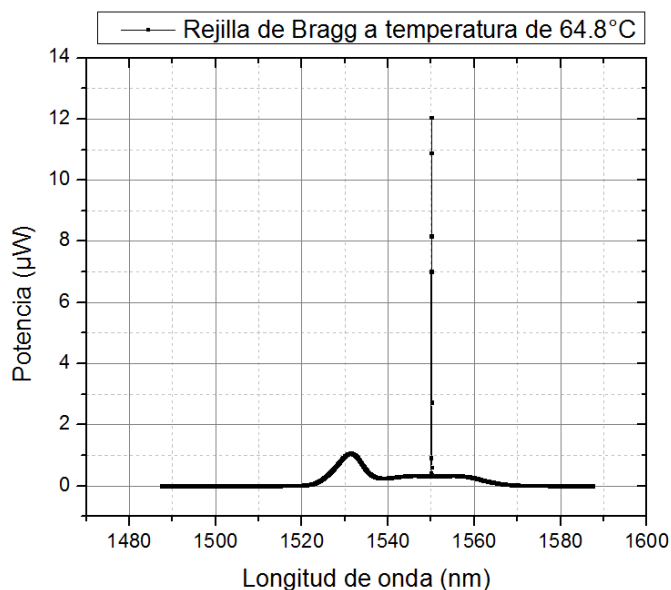


Figura 7. Configuración base, la rejilla de Bragg a temperatura T3 de 64.8 °C

Para el arreglo 2 se procedió a retirar la rejilla de Bragg y a empalmar por fusión el espejo de lazo óptico no lineal, ver figura 8, al igual que la rejilla de Bragg, el espejo de lazo óptico no lineal es sensible a los cambios de temperatura [5]. Por lo tanto se le dará el mismo procedimiento que la rejilla de Bragg, se variara su temperatura para saber como se comporta dentro del sistema.

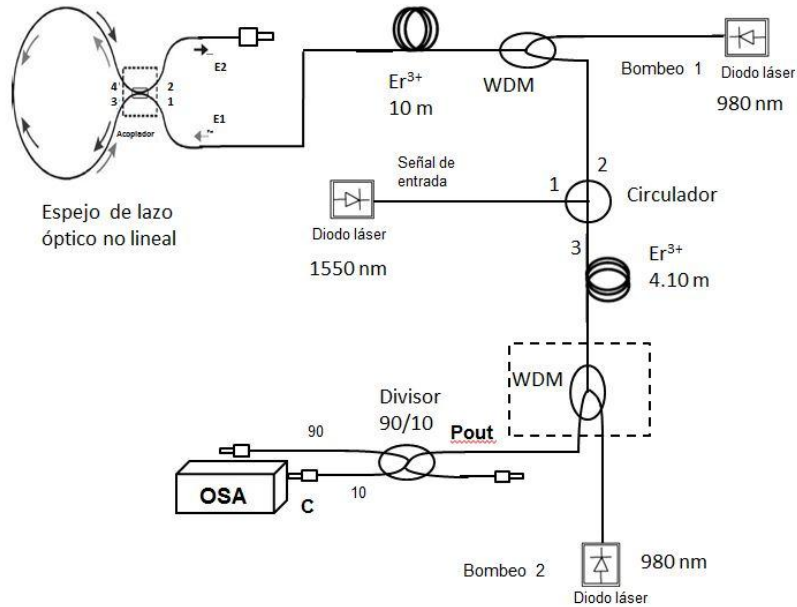


Figura 8. Arreglo experimental 2, con Espejo de lazo óptico no lineal

Primero se tomó la medida en el OSA a T1 dando un resultado de 0.755 μW , ver figura 9, después se calentó a T2 obteniéndose 9.67 μW , ver figura 10 y por último se calentó hasta llegar a T3 dando una potencia de salida al 10% de 0.82 μW , ver figura 11. Se utilizó el mismo procedimiento que el arreglo 1 para hacer los cálculos, y obtener la ganancia en el arreglo 2. Los resultados fueron, a T1 con el espejo de lazo óptico no lineal [6] puesto en el sistema da una potencia de 7.55 μW con una ganancia sobre la entrada de 0.41. A T2 con el espejo de lazo óptico no lineal puesto en el sistema da una potencia de 96.7 μW con una ganancia sobre la entrada de 5.25. A T3 con el espejo de lazo óptico no lineal puesto en el sistema da una potencia de 8.2 μW con una ganancia sobre la entrada de 0.44.

Un caso especial para el espejo de lazo óptico no lineal es que se procedió a enfriar para ver como se comportaba este a temperaturas más bajas que la temperatura ambiente, obteniéndose los siguientes resultados, potencia de salida al 10% de 14.14 μW . Calculando a T4=10.6 °C con el espejo no lineal puesto en el sistema da una potencia de 141.4 μW con una ganancia sobre la entrada de 7.68, ver figura 12.

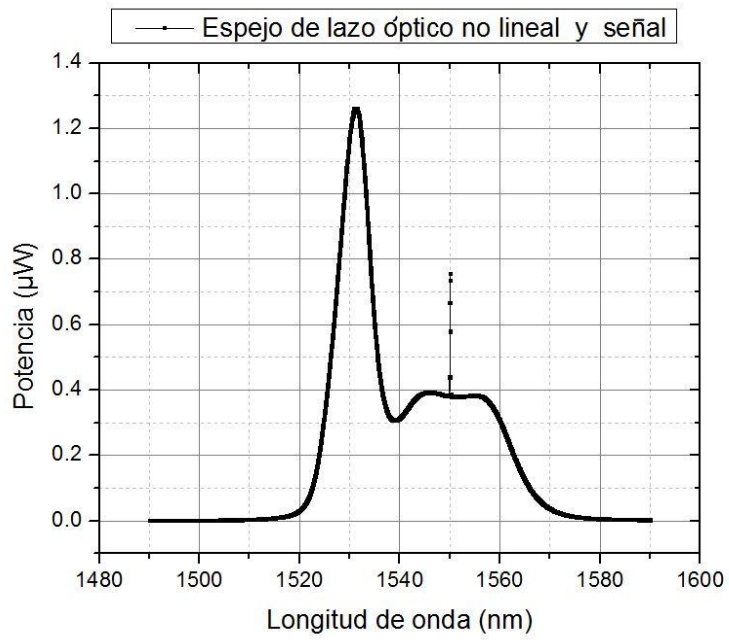


Figura 9. Configuración base con espejo de lazo óptico no lineal a temperatura T1 de 22 °C

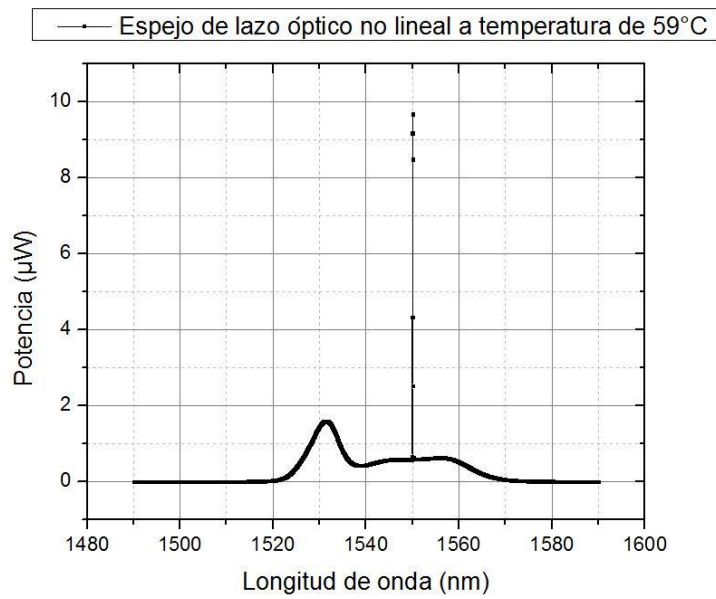


Figura 10. Configuración base con espejo de lazo óptico no lineal a temperatura T2 de 59 °C

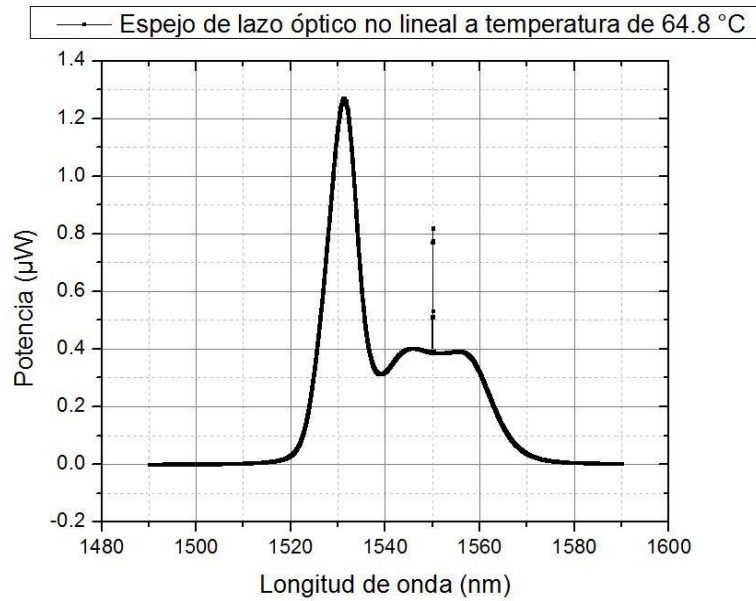


Figura 11. Configuración base con espejo de lazo óptico no lineal a temperatura T3 de 64.8 °C

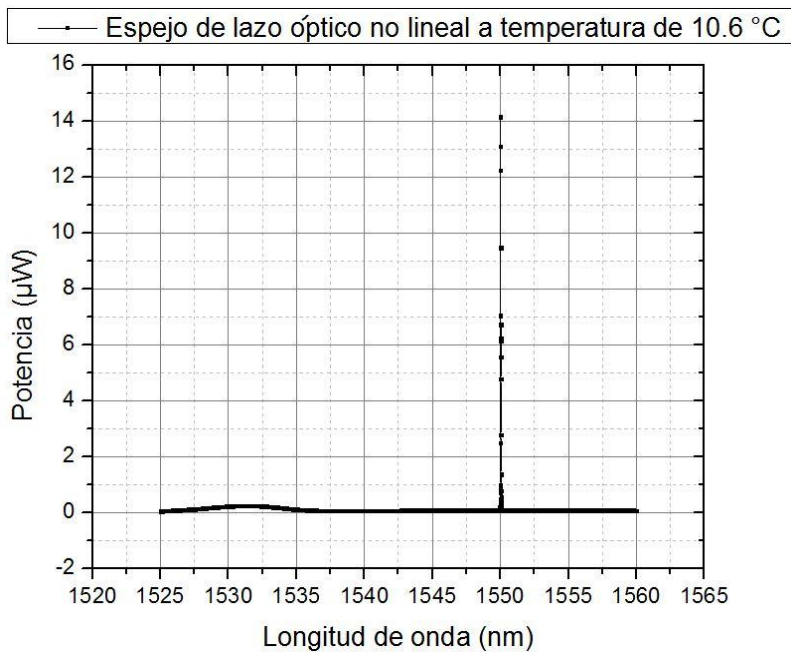


Figura 12. Configuración base con espejo de lazo óptico no lineal a temperatura T4 de 10.6 °C

La rejilla de Bragg no se sometió a T4 debido ya que si se enfriaba este se recorrería hacia una longitud de onda más baja y por lo tanto se alejaría cada vez más de la señal del diodo láser.

Con las pruebas realizadas en estos arreglos se logro obtener que la rejilla de Bragg a la temperatura T3 de 64.8 °C obtuvo su máxima amplificación el sistema ya que es a esa temperatura donde alcanza la misma longitud de onda que tiene la señal del láser, a diferencia del espejo de lazo óptico no lineal, que obtuvo su máxima amplificación a una temperatura T4 de 10.6 °C. En la tabla 1 se da un resumen de todas la ganancias obtenidas a las diferentes temperaturas.

Ganancia		
Temperatura	Rejilla de Bragg	Espejo de lazo óptico no lineal
T1= 22 °C	0.42	0.41
T2= 59 °C	1.94	5.25
T3= 64.8 °C	6.55	0.44
T4= 10.6 °C	0	7.68

Tabla I. Ganancias de los dos arreglos a distintas temperaturas

4. CONCLUSIONES.

Se caracterizó el espejo de lazo óptico no lineal y la rejilla de Bragg en un sistema de amplificación tipo EDFA a tres diferentes temperaturas obteniéndose las ganancias en estos arreglos.

Dentro de los principales resultados obtenidos son a temperatura T1 de 22 °C, que tanto el primer arreglo como el segundo se comportan de igual manera, dando casi los mismos resultados. Pero cuando se incrementa la temperatura hasta la temperatura T2 de 59 °C, se obtiene que el espejo de lazo óptico no lineal es el que tiene el doble de amplificación que el de la rejilla de Bragg, y al seguir elevando la temperatura hasta la temperatura T3 de 64.8 °C la rejilla alcanza la longitud de onda de la señal del láser, completamente alcanzando su máxima amplificación, comparado con el espejo de lazo óptico no lineal, el cual al alcanzar esta temperatura disminuye considerablemente.

Y por último en los resultados obtenidos en la comparación general entre la rejilla de Bragg y el espejo de lazo óptico no lineal, el primero alcanza su máximo nivel de amplificación cuando esta a la temperatura T3 de 64.8 °C, y al igual al ver el comportamiento de el espejo de lazo óptico no lineal se aprecia, que a la temperatura T4 de 10.6 °C es la mejor amplificación que tiene, por lo tanto se puede decir que con estos arreglos se puede amplificar la señal de entrada, debido a su comportamiento a diferentes temperaturas dependiendo de su aplicación.

AGRADECIMIENTOS

J. A. Cobá-Ramos y W. A. Silva-Martínez fueron apoyados por la beca CONACYT número 256856 y 256855 respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1]. Richard O. Claus, Ignacio Matias Francisco Arregui, (2010) Handbook of Optics Vol. V, USA The McGraw-Hill Companies p. 556.
- [2]. P.G. ELISEEV, (2008) *Theory of Nonlinear Sagnac effect*. Opto-Electron. Rev. A2. p.p. 118-123.
- [3]. E. Hecht, A. Zajac, *Óptica* (Addison-Wesley Iberoamericana, México), (1986) p. 605.
- [4]. M. May-Alarcón, W. A. Silva-Martínez et al. *Caracterización de la Sensibilidad de Rejillas de Bragg por medio de variaciones de Temperatura*, CONIEEM 2012.
- [5]. Juan Kang, Xinyong Dong, Chunliu Zhao, Wenwen Qian, Mengchao Li, (2011) *Simultaneous measurement of strain and temperature with a long-period fiber grating inscribed Sagnac interferometer*. Opt. Commun. (2011) p.p. 2014-20148.
- [6]. N.J Doran, and David Wood, *Nonlinear-optical Loop Mirror*, Opt. Lett., vol.13 (1998).

COMPARACIÓN DE SUSTANCIAS LÍQUIDAS TRANSPARENTES MEDIANTE UN SISTEMA OPTOELECTRÓNICO A 550 nm

Manuel May Alarcón, Gabriel Felipe Benítez; Ivette del Rosario López Fernández, Emmanuel Sósimo Díaz Méndez, Marco Antonio Rodríguez Blanco. Héctor Hugo Cerecedo Núñez*.

Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR)

*Universidad Veracruzana (UV)

mmay@pampano.unacar.mx, gabriel_vey_19@hotmail.com, gaborosario14@hotmail.com,
sdiaz@pampano.unacar.mx, mblanco@pampano.unacar.mx.

RESUMEN:

En este trabajo se presenta un sistema optoelectrónico comparador de sustancias claras que usa amplificadores operacionales de propósito general y dos fotodiodos FDS100. Los fotodiodos detectan la cantidad de luz que pasa a través de las sustancias y la convierten a corriente, después mediante unas resistencias la convierten a voltaje para después ser amplificada y comparada contra una referencia. Con este circuito se puede determinar el grado de transparencia de líquidos siempre y cuando dejen pasar una cierta cantidad de luz. En este trabajo presentamos los resultados de la caracterización de cuatro muestras de agua de playas cercanas al municipio de Ciudad del Carmen, Campeche, así como la comparación de cuatro aguas embotelladas de consumo humano.

ABSTRACT:

This paper presents a optoelectronic system that compares transparent substances. This system uses general purpose operational amplifiers and two photodiodes FDS100. The photodiodes can detect the amount of light passing through the substance and generate electrical current, then through resistors, electrical current can be converted to voltage and finally the signal can be amplified and compared against the reference. This circuit can determine the degree of transparency of liquids provided that let it out a certain amount of light. We present the results of the characterization of four water samples from beaches near the town of Ciudad del Carmen, Campeche, and the comparison of four bottled water for human consumption.

1.- INTRODUCCIÓN.

Existen diversas aplicaciones para los amplificadores operacionales, en sus diferentes configuraciones y con la ayuda de otros componentes electrónicos se pueden crear dispositivos que puedan ayudar a resolver problemas cotidianos o muy especializados. El objetivo de este trabajo es distinguir líquidos transparentes mediante un sistema optoelectrónico, ya que al ser humano a simple vista se le hace muy difícil apreciar la diferencia entre dos sustancias. El sistema propuesto es capaz de medir la diferencia de luz que pasa a través de dos las sustancias líquidas, donde una es la referencia y la otra la sustancia que se desea comparar.

La optoelectrónica es una ciencia que es una combinación de la Óptica y la Electrónica estándar. Esta ciencia se dedica al estudio de la transformación de fotones a electrones y viceversa. Desde la etapa primitiva la optoelectrónica se ha desarrollado para pasar por la invención de la lámpara incandescente, el tubo de rayos catódicos, el transistor, el laser, la fibra óptica y el microprocesador hasta transformarse en uno de los avances más importantes era tecnológica.

Un sistema optoelectrónico está formado por una fuente de luz, un detector y un medio de transmisión (ver figura 1). Por lo anterior, es necesario el uso de dispositivos optoelectrónicos ya que pueden ayudar en la emisión y detección de la luz de entrada y a la salida de las sustancias a comparar. Por lo cual resulta importante una buena elección de fuente luminosa y del sistema de detección y además de que los sistemas antes mencionados se encuentren

acoplados, es decir, que longitud de onda de emisión de uno se encuentre en el rango de detección del otro.

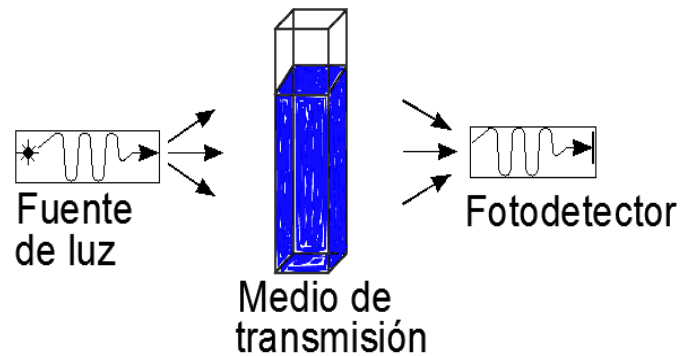


Figura 1.- Elementos de un sistema optoelectrónico. Sistema emisor de luz, sistema que absorbe luz y sistema de detector.

La optoelectrónica que se usa en este trabajo opera a 550 nm el cual está dentro del espectro electromagnético dentro del rango de la región visible y por lo anterior es muy importante que el sistema propuesto esté libre de la incidencia de cualquier otro tipo de luz diferente a 550 nm [1]. El dispositivo utilizado como fuente de luz es un diodo emisor de luz, LED, el cual es un semiconductor que emite luz cuando está polarizado directamente donde los electrones se recombinan con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. A este efecto se le llama electroluminiscencia. El color de LED utilizado en este sistema es el color verde del tipo súper brillante, el cual se encuentra en el espectro visible en la región de 550 nm. Como dispositivo detector de luz se utilizó un fotodiodo del tipo PIN, el cual tiene la característica de convertir luz a corriente eléctrica, que al pasar por una resistencia se convierte en voltaje. El fotodiodo empleado es el FDS100, el cual puede trabajar en un rango de 300nm a 1100nm y es ideal para realizar mediciones en onda continua y está hecho de silicio (Si) [2]. En el sistema que se ha desarrollado se utilizó la electrónica como parte importante, ya que los amplificadores operacionales realizan la comparación de las sustancias para obtener un voltaje que representa la diferencia entre ellas, además se usan como seguidores de voltaje para tener baja una impedancia de salida. Todos los dispositivos en conjunto forman el sistema optoelectrónico encargado de realizar la comparación de las sustancias líquidas, donde una es la de referencia y la otra será la sustancia que se desea comparar.

2.- ARREGLO EXPERIMENTAL.

Este sistema consta de tres etapas, etapa de emisión, etapa de detección y etapa de amplificación. En la figura 2 se muestra en forma esquemática donde están los diodos emisores de luz, los detectores y la electrónica de amplificación. La etapa de emisión utiliza dos LEDs que trabajan a 550 nm, cuya función es incidir luz a través de la sustancia que se desea comparar contra la sustancia de referencia, se tomará en cuenta que los LEDs deben de tener una mancha luminosa lo más uniforme y similar posible para que al momento de medir la diferencia no haya variaciones más allá de los cambios que tenga la propia sustancia. La segunda etapa está compuesta de 2 fotodiodos detectores de luz los cuales son polarizados inversamente, y las salidas de cada uno de ellos estarán conectadas a las entradas de un amplificador diferencial. La tercer etapa, la de amplificación, consiste en un amplificador operacional el cual hará la operación de diferenciar las señales que estén en sus entradas provenientes de los fotodiodos mediante una configuración diferencial [3].

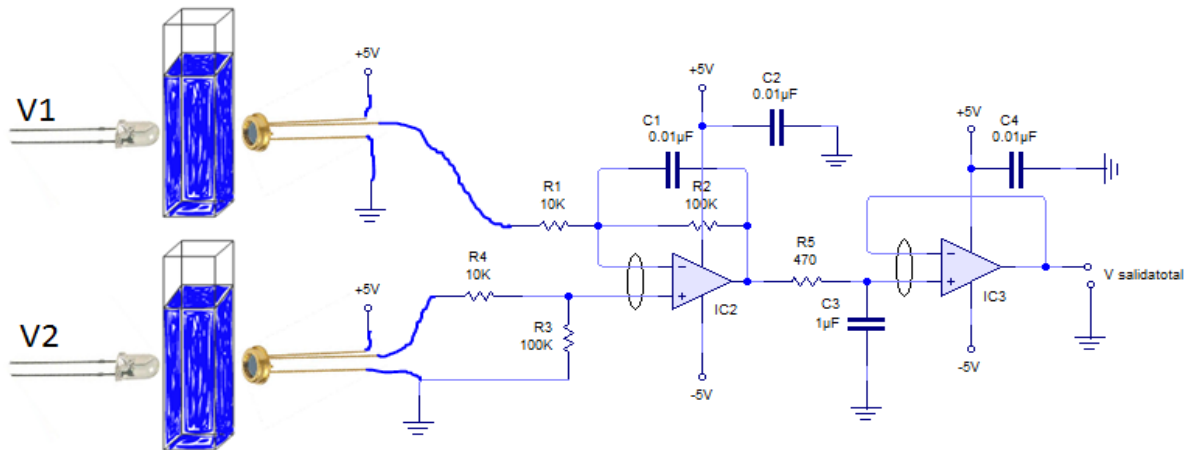


Figura 2.- Se muestra de manera general iniciando desde la izquierda a los LEDs, después las sustancias a comparar, luego los fotodetectores y finalmente la electrónica de acondicionamiento de señal.

Ya implementado el sistema optoelectrónico, se hace la caracterización para así eliminar ruidos en los amplificadores ya que estos pueden interferir en los resultados que se obtengan de las mediciones. Este trabajo presenta el resultado de la comparación de diferentes muestras líquidas. Para calibrar el dispositivo se ponen dos sustancias líquidas iguales para que la diferencia sea cero volts. Cuando está en operación se deja una muestra fija para ser usada como referencia y la otra se reemplaza por la que se desea comparar, así cuando dos sustancias son diferentes, el circuito optoelectrónico da como salida un voltaje diferente de cero volts.

El circuito en forma general es el mostrado en la figura 3, el cual muestra todos los componentes utilizados para llevar a cabo la comparación de las sustancias líquidas por medio de la optoelectrónica. Las sustancias son introducidas en recipientes transparentes de plástico para poder realizar las comparaciones, en un costado del recipiente está colocado un LED y en el otro el fotodiodo para que la señal que éste capte sea procesada por los amplificadores operacionales. Se analiza este circuito con el método de superposición para obtener la ecuación del voltaje de salida teórico y así compararlo con los resultados prácticos:

$$V_{salida} = V_2 \left(\frac{R_3}{R_4 + R_3} \right) - V_1 \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad \text{Ecu. (1)}$$

Sean $R_1=R_4$ y $R_2=R_3$, así la ecuación anterior se simplifica a:

$$V_{salida} = (V_2 - V_1) \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad \text{Ecu. (2)}$$

Con estos cálculos podemos tener una idea de lo que podríamos obtener a la salida del circuito insertando los valores en la ecuación y comparar resultados para comprobar si se aproxima a lo arrojado por la ecuación. La ganancia que se propuso es 10, pero como sabemos las resistencias no tienen el valor exacto al que debería, por lo cual calculamos la ganancia real de nuestro dispositivo con los valores reales de las resistencias aplicando la siguiente ecuación:

$$G = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad \text{Ecu. (3)}$$

Sustituyendo los valores reales de las resistencias tenemos, $R_1= 9.97 \text{ k}\Omega$, $R_2= 97.58 \text{ k}\Omega$ por lo que se obtiene la ganancia real de:

$$G = \frac{R_2}{R_1} = \frac{97.58}{9.97} = 9.78 \quad \text{Ecu. (3.1)}$$

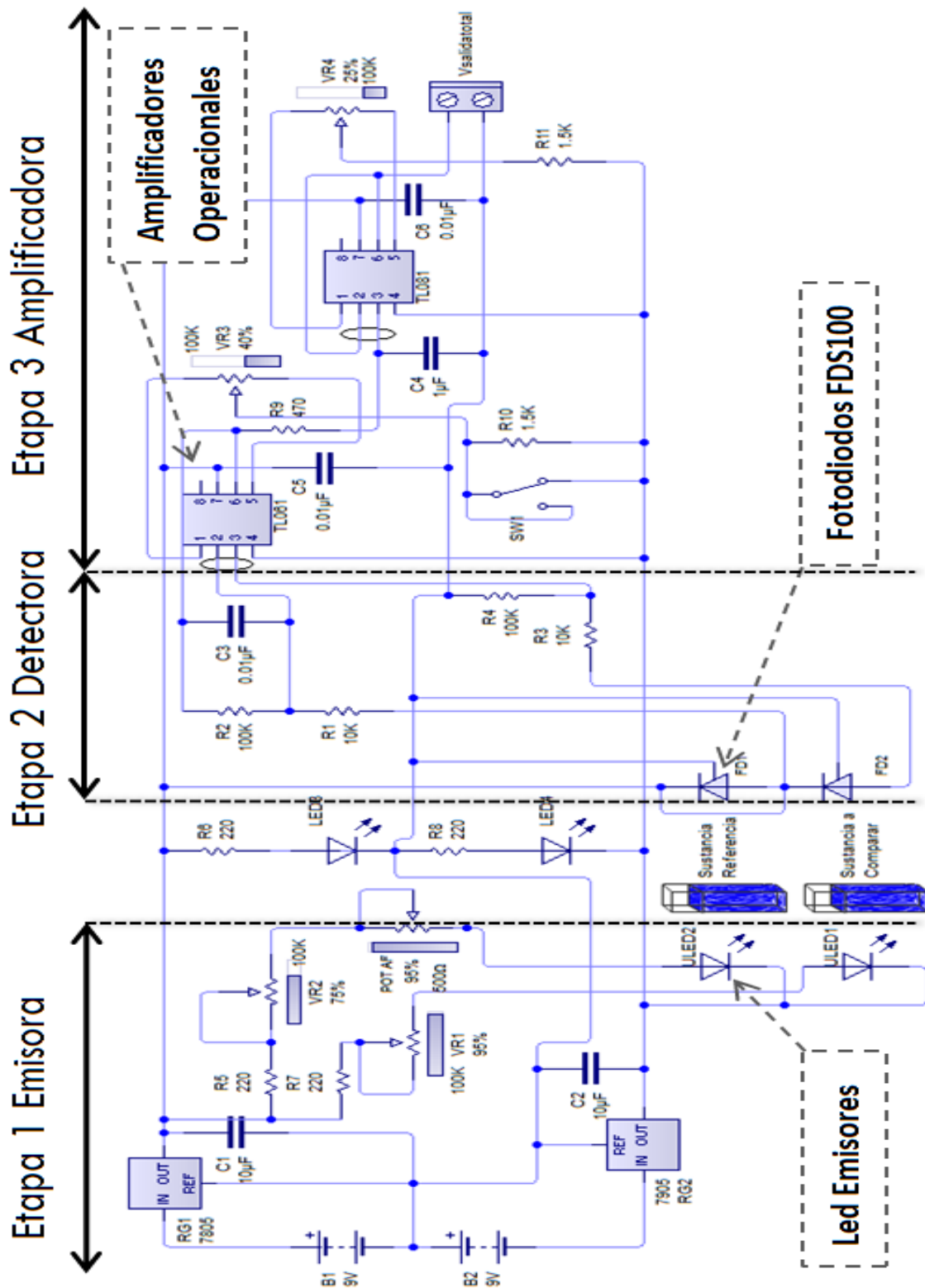


Figura 3.- Diagrama general del circuito optoelectrónico utilizado para la comparación de sustancias líquidas por medio de optoelectrónica.

3.- RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Las pruebas que se realizaron fueron con aguas de algunas playas cercanas a la ciudad y aguas embotelladas. En especial las aguas de las playas fueron Puerto Real, Bahamitas, Jardín Botánico y Playa Norte. Mientras que las aguas embotelladas fueron catalogadas como S1, M1, N1, C1 y B1 donde B1 fue utilizada como sistema de referencia.

Los resultados de las distintas aguas son representadas en gráficas en las cuales se observa el comportamiento de cada una de las sustancias comparadas con la sustancia de referencia B1.

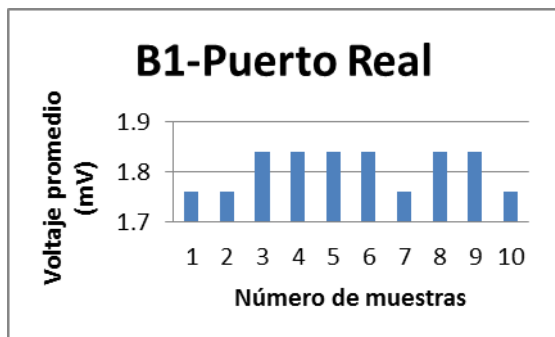


Figura 4. Comparación de la sustancia de referencia B1 y Puerto Real.

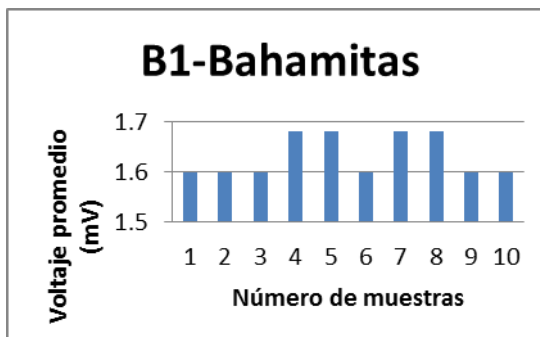


Figura 5. Comparación de la sustancia de referencia B1 y Bahamitas.

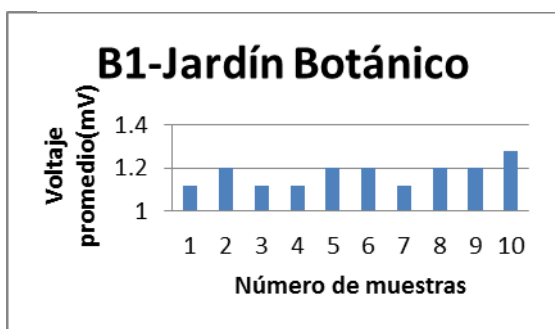


Figura 6. Comparación de la sustancia de referencia B1 y Jardín Botánico.



Figura 7. Comparación de la sustancia de referencia B1 y Playa Norte.

En las figuras 4, 5, 6, y 7 se muestran los resultados de las aguas de playas cercanas a Ciudad del Carmen, las muestras fueron analizadas 10 veces cada una como se puede ver en las figuras, de los resultados se puede encontrar que todas dan diferentes valores de voltaje de salida.

Analizando las graficas obtenidas se muestra que la comparación del agua de Playa Norte arrojó mayor diferencia que el resto de las sustancias comparadas, ver figura 7, y que el agua de Jardín Botánico fue la que arrojó menor diferencia (figura 6).

A continuación se presenta los resultados de la comparación de las diferentes aguas embotelladas que son usadas para consumo humano. Las gráficas de las figuras 8, 9, 10 y 11 corresponden a las aguas embotelladas y se utilizó el mismo método en cuestión del número de muestras.

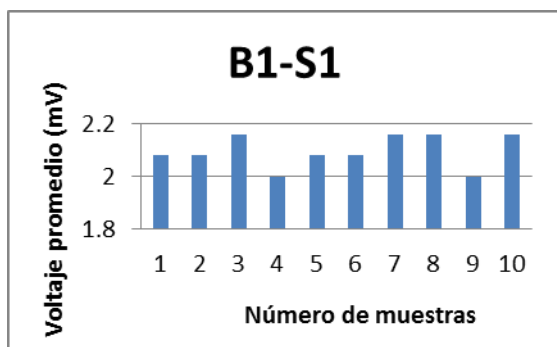


Figura 8. Comparación de la sustancia de referencia B1 y S1.

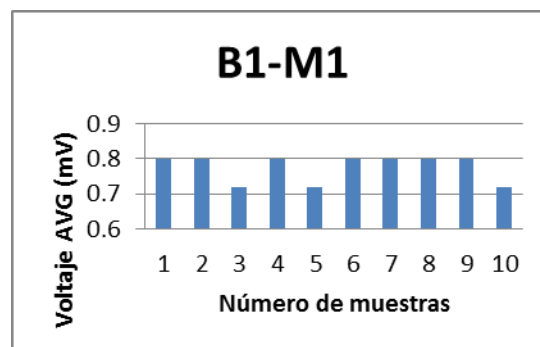


Figura 9. Comparación de la sustancia de referencia B1 y M1.

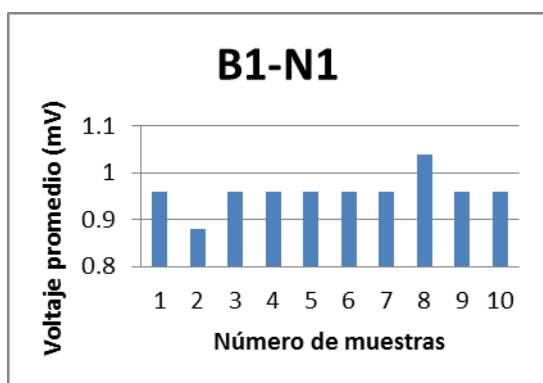


Figura 10. Comparación de la sustancia de referencia B1 y N1.

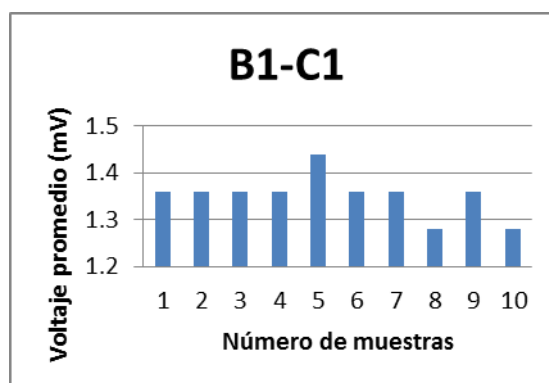


Figura 11. Comparación de la sustancia de referencia B1 y C1.

La gráfica de la figura 8 es la que presenta un voltaje más elevado a consideración de la gráfica de la figura 9 que es la que tiene un voltaje menor de entre ellas. En la tabla 1 se muestran los todos los resultados obtenidos.

AGUAS DE PLAYAS CERNAS A CIUDAD DEL CARMEN		VOLTAJE	
	PROMEDIO	PICO-PICO	
Puerto Real	-1.81mV	2.36mV	
Bahamitas	-1.63mV	2.3mV	
Jardín Botánico	-1.18mV	2.31mV	
Playa Norte	-2.54mV	2.4mV	
AGUAS EMBOTELLADAS		VOLTAJE	
	PROMEDIO	PICO-PICO	
S1	2.1mV	2.53mV	
M1	-0.78mV	2.37mV	
N1	-0.96mV	2.6mV	
C1	-1.35mV	2.35mV	

Tabla 1. Diferencias obtenidas de las comparaciones de las diferentes aguas recolectadas de playas cercanas a Ciudad del Carmen y de aguas embotelladas.

Ahora con estos resultados se puede realizar una comparación entre todas las sustancias utilizadas en este proyecto por lo cual se van a mencionar puntos importantes para obtener un análisis y poder interpretar los resultados. Una sustancia muy transparente, con respecto a la referencia, deja pasar gran cantidad de luz lo cual equivale a obtener un mayor voltaje, pero si

la sustancia es menos transparente la cantidad de luz que pase es menor. Cuando se van a interpretar sustancias transparentes existen diversos casos en los cuales se pueda realizar una comparación entre sustancias. Los puntos que se pueden presentar son: Dos sustancias del mismo grado de transparencia dejaran pasar la misma cantidad de luz entre ellas, produciendo el mismo voltaje y lo cual provocará una diferencia de voltaje relativamente de cero volts. Una de las sustancias tiene mayor grado de transparencia con respecto a la otra sustancia lo cual indica que la primera dejará pasar mayor cantidad de luz y la segunda dejará pasar menos luz, lo cual provocará una diferencia de voltaje diferente de cero volts. Los dos puntos mencionados son importantes en el análisis ya que se pueden mostrar en la ecuación (2):

$$V_{salida} = (V_2 - V_1) \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

Ya que la V_2 corresponde a la señal obtenida de la sustancia que se cambiará constantemente y V_1 a la sustancia de referencia. Entonces se multiplicará por una ganancia que será la que se haya establecido. Ahora si $V_2 > V_1$ quiere decir que la diferencia es positiva entre las dos sustancias y en caso contrario $V_1 > V_2$ entonces será negativa la diferencia. Esta deducción está relacionada con la tabla 1 donde existe variación de signos en un caso específico. Ahora se puede obtener una conclusión con los puntos ya planteados y comprender el comportamiento del sistema con todas las sustancias utilizadas.

5.- CONCLUSIONES.

Se tiene como conclusión principal que la comparación de sustancias líquidas transparentes a 550 nm pudo ser realizada. Todas las sustancias utilizadas pudieron ser distinguidas por el sistema comparador y a pesar de algunas complicaciones pudo ser logrado el objetivo principal. En términos generales algunas aguas embotelladas dieron valores de diferencias bajos con respecto a la sustancia de referencia, solo el agua S1 se elevó a un nivel alto de voltaje. Por lo cual se considera que debido a que la diferencia obtenida por el agua S1 fue positiva, se puede decir que resultó más transparente que la sustancia de referencia B1, entonces si se usara la sustancia S1 como referencia la diferencia con respecto a las demás sustancias sería mayor. Como se ha comentado en este proyecto se puede deducir que una sustancia es transparente o no por el signo que se muestre a la salida del sistema. Por lo cual las demás sustancias con excepción de la S1 fueron negativas, lo que quiere decir que las demás sustancias son más opacas con respecto a la sustancia de referencia B1. Los resultados logran identificar cada sustancia comparada sin repetir ningún resultado, aunque puedan ser cercanas las cifras solo se debe a que son aparentemente iguales por su transparencia.

REFERENCIAS.

- [1].-J. Watson, *Optoelectrónica*, Grupo Noriega Editores (México, D.F), 9-12, (1993).
- [2].-Hoja de datos FDS100, Thorlabs.
- [3].-Robert F. Coughlin y Frederick F. Driscoll, *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales*, Prentice-Hall (México, D.F), 58,70 y 72, (1999).
- [4].-Sergio Franco, *Diseño con Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrales Analógicos*, Editorial McGraw Hill (McGraw Hill, México D.F), 320-325, (2003)
- [5].-Stanley Wolf. Richard F. M. Smith. *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*, Prentice Hall (Naucalpan, Edo. De México), 440, 441, 442 y 443, (1999).
- [6].-Giovanni Cangelieri Umberto Ravaioli, *Measurements of Optical Fibers and Devices: Theory and Experiments*, (Artech House, United States of America), 176-193,(1984)
- [7].-Jerald G. Graeme, *Photodiode Amplifiers*, (Mc Graw-Hill, United States of America), 1-19, 21-20, 107-126, 197-219, (1995).

Control de Pasos para Marchistas.

Juan Manuel Salazar Morales, Severo Mata Baca, Jorge Vilchis Caballero, Roberto Cano Rojas, Mauro Sánchez Sánchez.

Instituto Tecnológico de Toluca.

juan_shps@hotmail.com, severo_mata3@hotmail.com, epersimouve2@hotmail.com, bob_cano25@gmail.com, msanchez@ittoluca.edu.mx.

Resumen.

Dispositivo de Control de pasos para marchistas, es un dispositivo que cuenta con un módulo evaluador de pasos compuesto por dos sensores de fuerza y 3 módulos de radio frecuencia para enviar información referente al estatus del caminar del marchista, con la finalidad de evaluar constantemente la regla básica de la marcha atlética que consiste en seguir una progresión de pasos sin despegar los dos pies del suelo.

ABSTRACT – Control device for racewalkers steps, is a device which has an evaluator module comprising steps, two force sensors and a radio frequency module, for sending digital data information regarding status of the walk of the racewalker, with the purpose of constantly evaluate the basic rule of walking, that is, follow a progression of steps, without take off the foot the ground.

1. INTRODUCCIÓN.

A lo largo de los años se han creado diferentes dispositivos como el podómetro, el acelerómetro y el GPS, éstas tecnologías implementadas en el mercado no son aplicables a la evaluación de las pisadas de los marchistas, no evalúan como tal, la regla básica de la marcha atlética la cual consiste en el seguimiento de la progresión de pasos sin despegar los pies del suelo.

El popular kit Nike Plus® permite mapear tu ruta con el GPS del iPhone®. Con esta aplicación de Nike y Apple se puede registrar la distancia y la velocidad usando solo el sensor del zapato tenis y un iPhone o iPod compatible [1], pero no permite contar ni evaluar secuencias de pasos. Nike+ iPod® es un dispositivo que mide la distancia y el ritmo de un paseo o cuando corres. El Nike+ iPod® se compone de un pequeño acelerómetro, que se comunica con el Nike+ Sportband® conectado a un iPod®, este dispositivo solo pondera la distancia recorrida a través de cálculos hechos en base a la medida de la zancada y cantidad de pasos, pero no permite contar ni evaluar secuencias de pasos.

Otro dispositivo que se inclina a ayudar a los atletas es el iPod nano® (5ª generación) que permite contar los pasos y calorías, así como grabar, ver y cargar los entrenamientos mediante la aplicación de iTunes®.

Los podómetros cuentan con un sensor interno que es capaz de detectar el balanceo producido por cada zancada y registrarlo. Mediante la personalización de la distancia media de la zancada deduce aproximadamente distancias, velocidades. La precisión de las mediciones depende mucho de la capacidad de mantener una zancada estable y determinar su longitud media [2].

La empresa MARCATE provee el chip y el hardware de medición de tiempo, haciendo que sea más fácil medir los registros, atándolo a los zapatos de los corredores. Este chip es ecológico y desechable y medirá con precisión los tiempos de cada corredor, evitando con ello que se presente algún error o suspicacia, y también servirá para establecer marcas mundiales que sean avaladas por la Federación Internacional de Atletismo (IAAF) [3].

En el presente trabajo se muestra el desarrollo del proyecto que lleva por nombre Control de Pasos para Marchistas que tiene por objetivo elaborar un dispositivo a través de un sistema electrónico que se conecta vía radiofrecuencia, que pueda evaluar en tiempo real la progresión de los pasos de los marchistas, siendo de ayuda para los jueces encargados de evaluar dicha regla, para conocer el estatus del marchista en cada instante de tiempo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el mercado no existe un mecanismo que detecte los movimientos de los pies de manera constante apegándose a la evaluación de la regla fundamental de la marcha atlética, la cual consiste en el seguimiento de la progresión de pasos sin despegar los pies del suelo. La historia del deporte señala que la frontera entre andar y correr es mínima [4], es por ello que las personas encargadas en evaluar dicha regla pueden llegar a equivocarse por la percepción, la velocidad y la complejidad del deporte.

3. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un dispositivo electrónico que permita evaluar constantemente la regla fundamental de la marcha atlética, la cual consiste en comprobar la progresión de pasos constantes sin perder contacto con el suelo.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Implementar sensores de fuerza resistivos para traducir los movimientos a pulsos eléctricos.
- Implementar microcontroladores para evaluar los pulsos eléctricos obtenidos del dispositivo de cada pie.
- Implementar microcontroladores de soldadura superficial para reducir tamaños.
- Implementar módulos de radiofrecuencia para realizar comunicación inalámbrica.
- Recolectar datos a través de la comunicación de radiofrecuencia.
- Implementar formas ergonómicas en los dispositivos.

4. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.

La implementación de microcontroladores que detecten los movimientos de un marchista a través de sensores de fuerza resistivos, traduciendo los movimientos de cada pie en señales digitales constantes, de esta manera se podrán comparar los patrones permitidos y no permitidos en la marcha, lo que ayudará a los jueces a tomar una decisión exacta en cuanto a la evaluación de la regla básica de la marcha atlética, evitando errores de percepción causados por la velocidad del deporte y ángulo de visión por parte de los jueces.

La tabla I, muestra las combinaciones importantes a evaluar con cada uno de los sensores y las asignaciones de ellos a cada pie, para realizar la evaluación del caminar del marchista.

Tabla I

Comunicación a PC	Pie izquierdo		Pie derecho		Casos
	sensor ia	sensor ib	sensor da	sensor db	
No manda señal	1	1	1	1	Persona parada
No manda señal	0	0	1	1	Persona avanza pie izquierdo
No manda señal	1	1	0	0	Persona avanza pie derecho
No manda señal	0	1	0	0	Persona propensa a realizar falta
No manda señal	1	1	1	0	Persona inicia a dar paso con el pie derecho
Manda señal	0	0	0	0	Persona con los dos pies en el aire

Tabla I. Combinaciones importantes a evaluar.

A través de sensores colocados en una plantilla, se traducen los movimientos de los pies en señales digitales, que son procesados por los microcontroladores que contienen un módulo transmisor de radio frecuencia, enviando estas combinaciones de manera inalámbrica, según

correspondan el pie que evalúan (Fig. 1), al módulo central que contienen un receptor conectado a un microcontrolador, encargado de evaluar la progresión de pasos (Fig. 2), de esta manera se puede evaluar la regla básica de la marcha atlética.

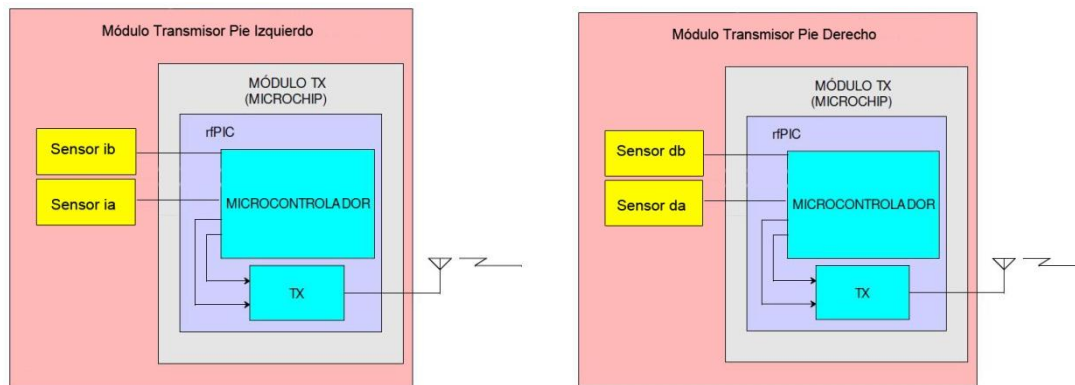


Figura 1. Diagrama de bloques del transmisor a) pie izquierdo. b) pie derecho.

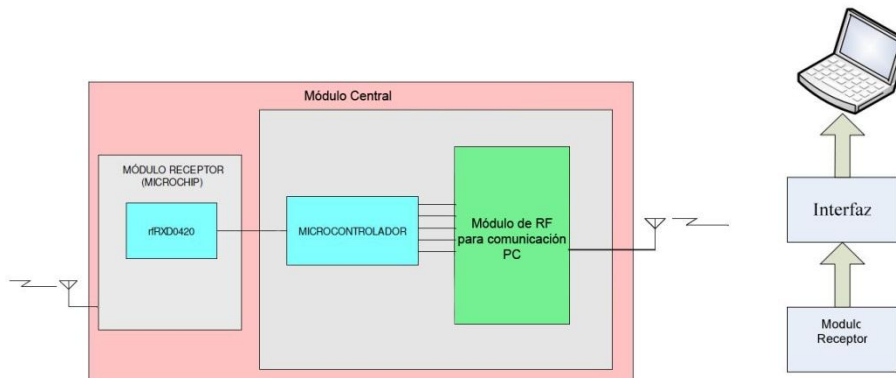


Figura 2. Diagrama de bloques del a) módulo central. b) módulo PC

La forma de funcionamiento de los diferentes módulos se presenta en base a las combinaciones importantes a evaluar, mostradas anteriormente en la tabla I, y la adquisición de datos por parte de los sensores mostrado en la figura 1 a) y b), para realizar dicha comparación se mandan un dato que identifica la posibilidad de realizar un fallo en cuanto a la progresión de pasos y así evaluar de una manera constante la regla básica de la marcha atlética, cuando se realiza la confirmación de la falta es enviado un dato a la interfaz de la PC (Fig. 2b), para que sea mostrado a los jueces que se encargan de evaluar dicha regla.

5. Diseño

En base a la alternativa de solución antes propuesta se presenta uno de los diseños del dispositivo de control de pasos para marchistas con la funcionalidad de evaluar electrónicamente la progresión de pasos.

La colocación de los módulos de transmisión de cada pie (Fig. 3), está dado para que el dispositivo no tenga mucha movilidad, para que no afecte el funcionamiento del dispositivo, la función de estos módulos es validar la información que se produce en los sensores, antes de ser enviada al módulo central, y este a la vez mandando la información validada a la interfaz de la computadora.



Figura 3. Envío de la información por vía radiofrecuencia al módulo central.

Los módulos antes descritos evalúan los valores de los sensores, y determinan si esta existe la posibilidad de realizar un fallo en cuanto a la progresión de pasos, lo cual es enviado al módulo central que se encarga de evaluar el dato del pie izquierdo y el dato del pie derecho, haciendo una confirmación de la progresión de los pasos, para informar al módulo receptor de la PC.

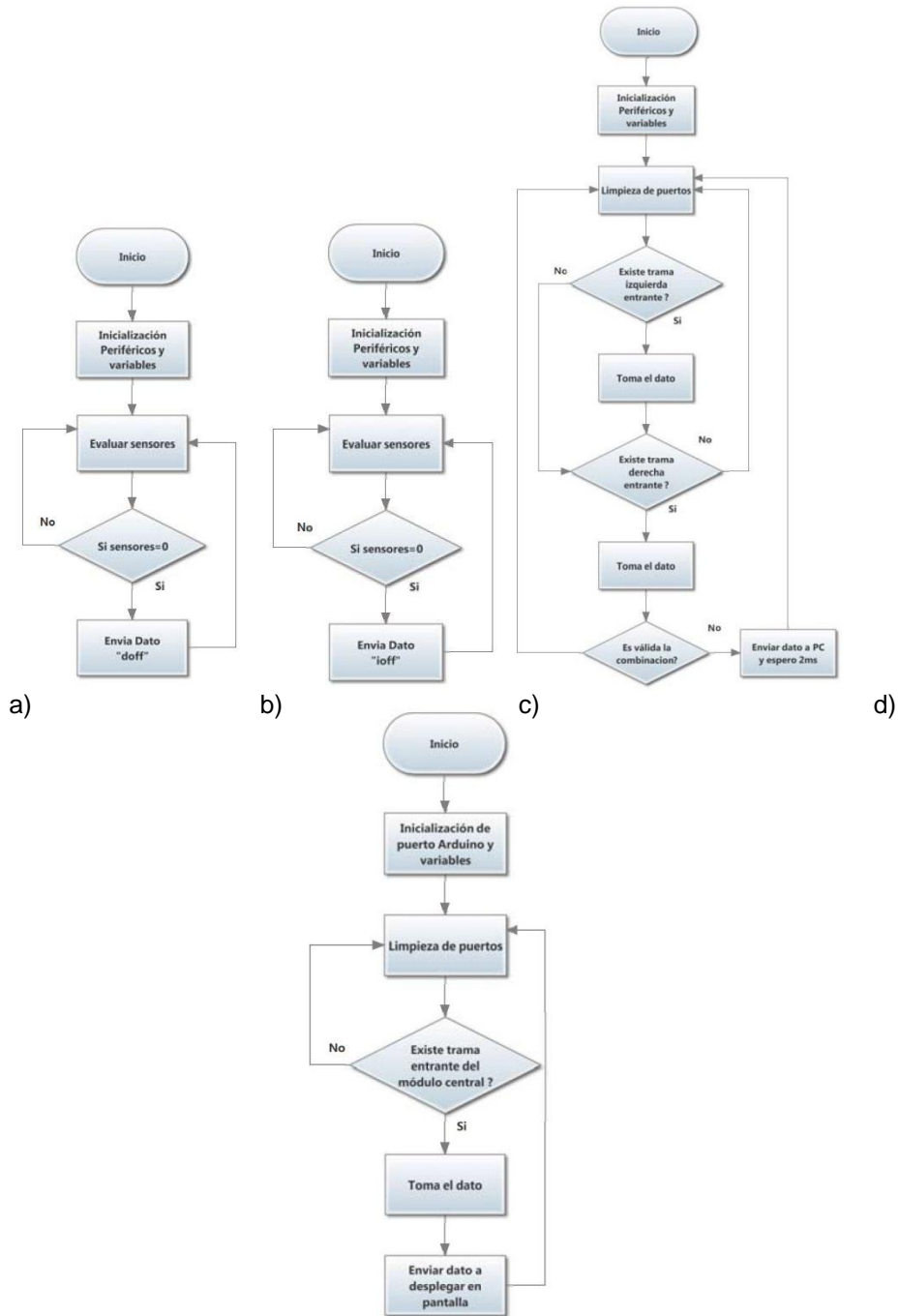


Figura 4. Diagrama de flujo del a) módulo transmisor pie izquierdo. b) módulo transmisor pie derecho. c) módulo central. d) módulo receptor de la PC.

En la siguiente figura se muestra el módulo receptor para la interfaz de la computadora utilizando la placa de prototipos ARDUINO, la cual decodifica la información proveniente del módulo central de manera inalámbrica y muestra en pantalla, auxiliando a los jueces a tomar decisiones, la forma de funcionamiento es la que se mostró anteriormente en la Fig. 4.

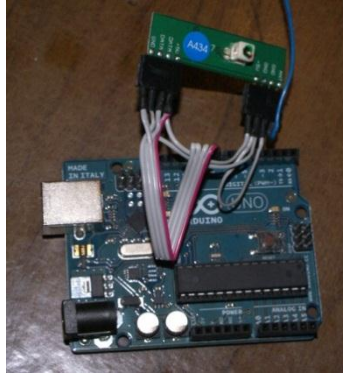


Figura 5. Modulo receptor de la PC.

CONCLUSIONES.

El desarrollo del dispositivo se hace relativamente más fácil al integrar tecnologías de programación con Arduino y al tener un equipo multidisciplinario encargado de todas las áreas básicas necesarias.

Con la realización del dispositivo de control para marchistas se busca evitar la toma de malas decisiones por la percepción del ojo humano, y con la ayuda de dispositivos electrónicos, proporcionar una competencia más justa.

Una de las ventajas del dispositivo es que, en el instante en que el competidor ha cometido la falta, se muestra en la interfaz de una computadora, esto como resultado del funcionamiento del dispositivo desarrollado. Dicha falta puede ser observada por los jueces, con la información, del competidor (ID y Falta que ha cometido). Por lo que puede convertirse en una herramienta comercial para que los jueces puedan marcar faltas con más certeza.

El dispositivo tiene escalabilidad ya que además de utilizarse en el deporte de la marcha, con algunas modificaciones menores, podrá ser utilizado en otros deportes como las pruebas de velocidad, y en tópicos como la rehabilitación dentro del área de la salud.

Processing es un lenguaje de programación dinámico que controla la placa de prototipo ARDUINO y tienen bastantes librerías para casi cualquier comunicación con las plataformas de programación php, mysql, Java; la cual es muy fácil de programar e implementarla en casi cualquier prototipo.

REFERENCIAS

1. Nike, Nike + iPod: diferencias entre el podómetro y Nike + iPod Sport Kit, http://support.apple.com/kb/HT3808?viewlocale=es_ES&locale=es_ES, 25 septiembre, 2009. [última visita 29Noviembre de 2011].
2. López Chicharo J. y Vaquero Fernández A., 2006, Fisiología Del Ejercicio, Editorial Médica Panamericana, Madrid España pag. 228-229.
3. SIPSE, Digitalizan el Maratón de Mérida con chip de control de tiempo, <http://www.sipse.com/noticias/83407-digitalizan-maraton-merida-chip-control-tiempo.html>, 8 de Enero de 2011, [última visita 29Noviembre de 2011].
4. Ruisant Joan, 2005, Metodología y técnicas de atletismo, Editorial Paidotribo, Barcelona España, pag. 56-59.

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FOTODETECTORES PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS RELACIONADOS A UN LÁSER RAMAN

Manuel May Alarcón, María Isabel Vila Bezares, Aarón Flores Gil, Víctor Golikov, Olga Lebedeva, Emmanuel Sósimo Díaz Méndez.

Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR)

mmay@pampano.unacar.mx

RESUMEN:

En este trabajo se presenta el diseño, construcción y caracterización de un sistema fotodetector con el propósito de determinar parámetros característicos de láseres para el estudio del efecto Raman. Cuando se adquiere un láser del tipo Raman, el fabricante no proporciona datos como la potencia emitida mínima o máxima, la región lineal o la de saturación, parámetros necesarios para la correcta generación de espectros Raman. Con el arreglo experimental para este trabajo y variando gradualmente la corriente del laser Raman, se presentan valores del umbral de laseo, región lineal y región de saturación de dicho láser.

ABSTRACT:

This paper presents the design, construction and characterization of a photodetector in order to determine characteristic parameters of lasers to study the Raman Effect. When purchasing a Raman-type laser, the manufacturer do not provides data such as minimum or maximum output power, the linear region or saturation parameters necessary for proper generation of Raman spectra. With the experimental setup for this work and gradually varying the Raman laser power, the threshold values, linear region and saturation region of the laser are shown.

1. INTRODUCCIÓN.

El efecto Raman es una técnica que data del año 1928 [1], cuando el físico hindú Chandrasekhara Raman descubre el fenómeno de radiación que después fue llamado "Dispersión Raman", para 1930 gana el premio nobel por su investigación sobre el fenómeno de la dispersión de la luz [2], esta técnica debe su importancia a la aplicación que tiene como herramienta de análisis de la composición de líquidos, sólidos y gases [3].

Esta técnica de análisis consiste en hacer incidir luz sobre la superficie de un material, una parte de esta luz es absorbida mientras que otra parte es reemitida, siendo esta última la de interés a tratar, ya que al pasar a través del material las alteraciones que sufre la luz se ven reflejadas en posibles cambios de longitud de onda, ya que la luz reemitida puede poseer igual o diferente longitud de onda que la luz incidente [3]. De manera más puntual el efecto Raman consiste en la dispersión inelástica del fotón [4] a través del material (molécula). Al atravesar la luz al material sucede alguno de los dos fenómenos, ya sea dispersión elástica, también conocido como dispersión Rayleigh, donde el fotón emitido posee la misma longitud de onda y energía que la del fotón incidente, a este fenómeno no se le considera Raman; o bien dispersión inelástica, conocida como dispersión/efecto Raman, esta se presenta al existir un cambio entre la longitud de onda y energía del fotón emitido y las del fotón incidente, a los cambios que ocurren entre el fotón incidente y el emitido se les conocen ya sea como dispersión Raman Stokes, la cual sucede cuando el fotón incidente cede energía al material por lo que la energía del fotón emitido es menor que la del incidente; o bien dispersión Raman anti-Stokes, que se presenta cuando el fotón incidente absorbe energía del material, resultando un fotón emitido de mayor energía que la del incidente. Estos comportamientos son el resultado de que la luz atraviese el material, y se deben al choque de los fotones con los electrones que conforman los enlaces de la molécula, de manera que el fotón incidente excita a la molécula yendo de su estado fundamental a un estado de energía virtual y se relaja en un estado vibracional excitado generando de esta forma la dispersión Raman Stokes, y si la molécula se encontraba ya en el estado vibracional excitado entonces se tiene la dispersión Raman anti-Stokes [3], figura 1.

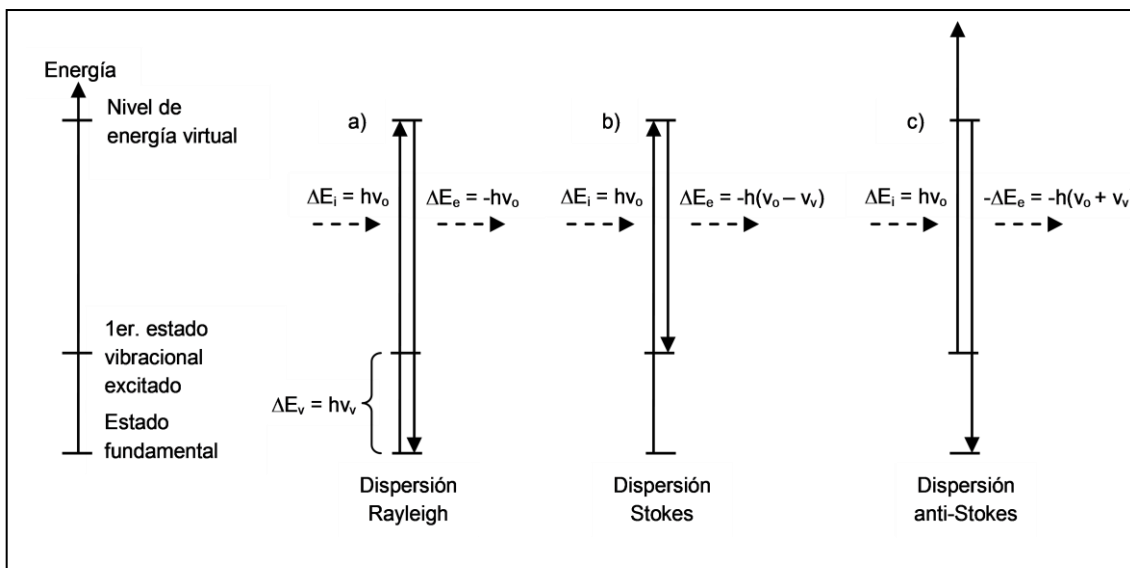


Figura 1. Comportamiento del fotón: a) dispersión Rayleigh, la energía del fotón incidente es la misma que la del emitido; b) dispersión Raman Stokes, la energía del fotón emitido es menor que la del incidente; c) dispersión Raman anti-Stokes, la energía del fotón emitido es mayor que la del fotón incidente.

Al ser la dispersión Raman una técnica para observar estos fenómenos depende de un sistema que recolecte la luz emitida de forma fiable para procesarla, analizarla y observar el fenómeno que se está generando, así como de sistemas emisores láser con los que puedan generarse la dispersión Raman, es por ello que trabaja de la mano con sistemas emisores y detectores de luz de alta tecnología. Sin embargo los fabricantes de sistemas láser propios para la generación del efecto Raman algunas veces no proporciona parámetros clave al momento de la detección de fenómenos Raman. Por otro lado el equipo y software empleado para la detección Raman no genera información que permita al usuario conocer estos parámetros y de esta forma controlar de manera correcta la generación de espectros Raman. Es bajo esta necesidad que en este trabajo se propone el diseño, construcción y caracterización de un sistema fotodetector para que puedan conocerse los parámetros fundamentales en la generación de espectros Raman.

El elemento más importante es este trabajo, es el fotodiodo, y funciona como un transductor de luz que entrega una señal eléctrica como respuesta a la radiación óptica incidente sobre su superficie sensora, al ser los fotodiodos fabricados con materiales semiconductores, generan un flujo de corriente al momento de captar un fotón, el grado de respuesta de estos dispositivos dependerá del material empleado en su fabricación y de la longitud de onda de trabajo [5]. Entre los parámetros más relevantes de un fotodiodo, en particular del modelo FDS100 construido a base de silicio (Si) del tipo PIN el cual tiene una respuesta espectral ($\Delta\lambda$) de 350 nm – 1100 nm de encapsulado metálico T05 con un área activa de 13 mm² [6], se encuentra la eficiencia cuántica (η), que señala la probabilidad de que un fotón incidente sobre la superficie sensora genere un par de portadores que contribuyan a la corriente del detector; por otro lado, está la sensibilidad (S/R), también conocido como señal a ruido, indica la relación entre la señal y el ruido que se puede esperar para cierto flujo de entrada, este parámetro es crucial para determinar la capacidad de detección de la señal por encima del ruido, su valor es de 1.2×10^{-14} W/Hz^{1/2}; de igual forma esta el tiempo de respuesta (t_r/t_f), importante cuando la señal que se detectará varía con el tiempo, con este parámetro se determina si el detector seguirá o no las variaciones de flujo en relación a la señal de entrada, su valor es de 10 ns; longitud de onda de corte (λ_c), es la longitud de onda máxima detectable por el sensor, los fotones con longitud de onda mayor a esta no serán absorbidos y por lo tanto no serán detectados, cuyo valor es de 1100 nm; por otro lado está la corriente de oscuridad con valor de 20 nA; umbral de daño en onda continua de 100 mW/cm²; otro parámetro de gran importancia es la responsividad espectral ($\mathcal{R}(\lambda)$), indica la relación entre la señal de salida por unidad de la señal de entrada, es

decir, es la corriente que circula por el dispositivo en función de la potencia óptica incidente, de esta forma se sabe el valor de la respuesta del detector mediante cálculo del flujo que recibe el sensor, es decir, determina los niveles de voltaje que existirán a la salida del detector, la $R(\lambda)$ crece con λ_i hasta alcanzar el valor de la λ_c , y puede degradarse cuando la potencia óptica incidente es muy elevada, ya que se produce la saturación del detector de forma que se pierde la relación lineal entre la potencia óptica recibida y la corriente generada, por lo que la $R(\lambda)$ dependerá de otros factores como la temperatura y el ángulo de incidencia de la radiación sobre el detector, el valor para el caso de este proyecto es de 0.5 A/W, figura 2.

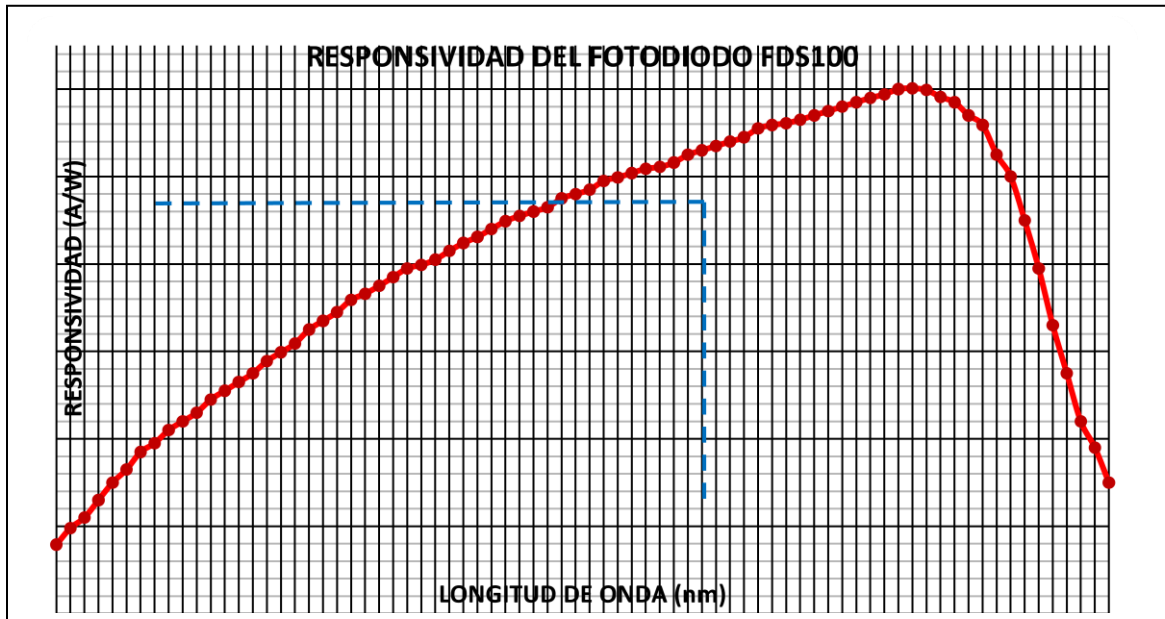


Figura 2. Gráfico que señala la responsividad espectral del fotodiodo FDS100 empleado en el arreglo experimental para el sistema fotodetector propuesto, además se muestra algunos parámetros importantes del fotodiodo como ancho espectral y longitud de onda de corte

2. ARREGLO EXPERIMENTAL.

Este proyecto se basa en el diseño, la construcción y la caracterización de un sistema fotodetector que permita conocer parámetros característicos en la búsqueda de espectros Raman, para ello se emplea el arreglo experimental que se muestra en la figura 3. Para realizar el sistema fotodetector propuesto se empleó una batería recargable de 9 V, un regulador de voltaje LM7805, capacitores, dos de 1 μ F y uno de 0.1 μ F, un interruptor, un diodo de protección, un fotodiodo FDS100, resistencias de 46.6 Ω , 99.8 Ω , 563 Ω , 1 k Ω , 5.56 k Ω , 9.76 k Ω , 56.6 k Ω , 99.6 k Ω , estos valores son propuestos para tener una amplia variedad en valores de resistencias según sea necesario.

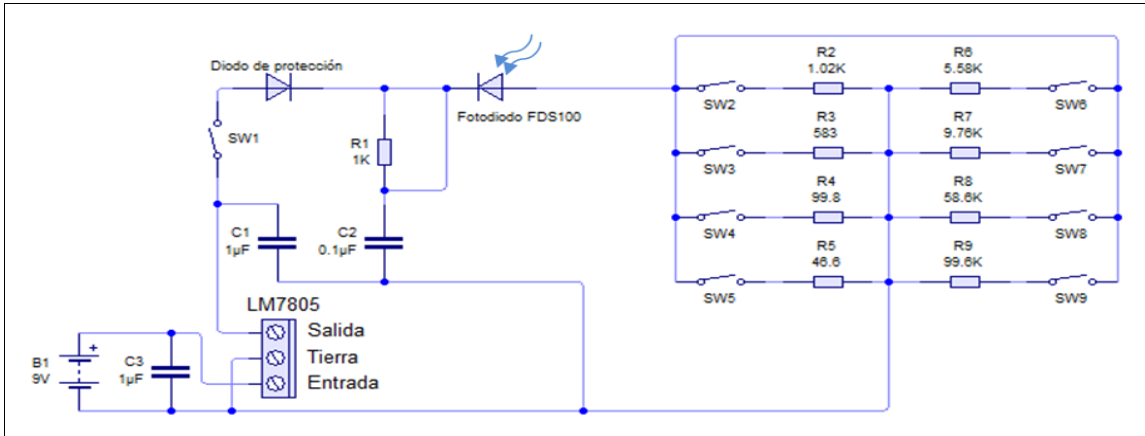


Figura 3. Arreglo experimental del sistema fotodetector propuesto empleado en la determinación de los parámetros del láser Raman.

Dentro del sistema fotodetector propuesto, la importancia reside en el detector de luz, el fotodiodo FDS100, de cuya hoja de referencias técnicas se toma la ecuación 1 de donde se despeja la potencia (P) resultando la ecuación 2 la cual convierte los niveles de voltaje tomados a la salida del sistema fotodetector propuesto en niveles de potencia.

$$V_{salida} = P * \mathfrak{R}(\lambda) * R_L, \quad \text{Ecu. (1)}$$

$$P = \frac{V_{salida}}{\mathfrak{R}(\lambda) * R_L}, \quad \text{Ecu. (2)}$$

Para obtener el valor de la $\mathfrak{R}(\lambda)$, en la gráfica de la figura 2, se localiza la longitud de onda de operación del láser Raman de 785 nm y se extienden líneas para localizar el valor de la $\mathfrak{R}(\lambda)$ correspondiente a la longitud de onda que se ubicó. La base para el diseño del sistema fotodetector propuesto se tomó del diagrama a bloques del circuito de un detector comercial, DET36A, cabe mencionar que se revisaron las hojas de especificaciones técnicas de más de un fotodetector comercial y para todos los casos el diagrama es el mismo, por ello con toda seguridad se pudo tomar esta como base. Como puede apreciarse en la figura 4, el detector debe ir acompañado de una resistencia de carga (R_L). Ante la problemática de utilizar dispositivos comerciales y a eso sumarle los elevados costos de ellos que alcanzan aproximadamente \$351.00 dólares (\$4450.68 pesos) incluyendo gastos de envío, es entonces que se planteó la idea de diseñar un sistema fotodetector que no sólo fuese el sistema de detección como tal sino también incluyera el arreglo de resistencias, esto con el objetivo de poder contar con los sistemas en uno solo para comodidad del usuario, así como para reducir costos, ya que con el sistema fotodetector propuesto los costos se reducen en gran medida. El precio de este diseño se encuentra en \$38.25 dólares (\$485.108 pesos), de igual manera permite que ahora este sistema sea de fácil alcance para el usuario. Es por ello que se presenta el modelo propuesto para este proyecto al cual se le agregó un regulador de voltaje LM7805 para controlar la alimentación del sistema proporcionado por la batería de 9 V recargable, en paralelo a este se agregó un arreglo de capacitores que funcionan como filtros para eliminar variaciones de voltaje ocasionados por la fuente o cables largos que pudiesen insertar ruido, con este arreglo se trata de mantener lo más constante posible la alimentación del sistema.

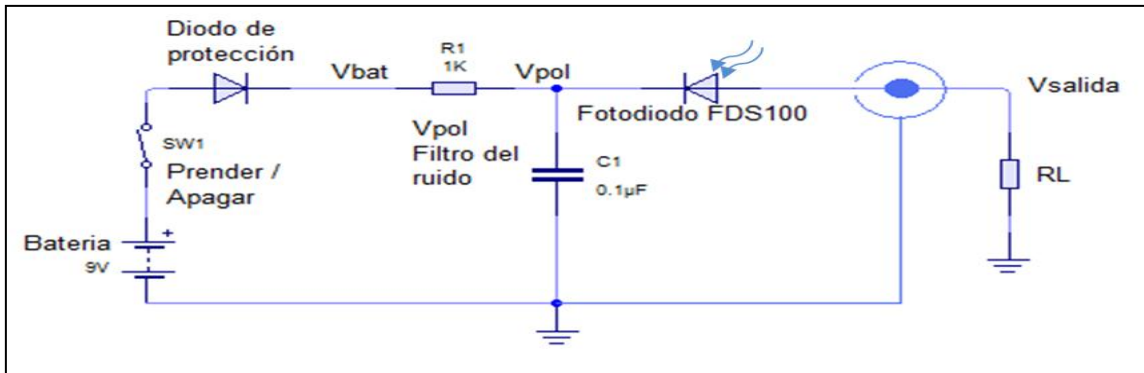


Figura 4. Diagrama a bloques del circuito fotodetector tomado de la hoja de referencias técnicas del detector comercial DET36A [7].

Un láser Raman trabaja en conjunto con el sistema emisor y un sistema detector propios, donde el detector que se encarga de procesar la luz reemitida del material a estudiar, de manera que a través de un cable de fibra óptica dúplex, un canal se encarga de inyectar la luz a la muestra a analizar, es decir al material, mientras que el otro canal recolecta la luz reemitida por la muestra para analizarla con ayuda del sistema detector propio a emplear. En este trabajo sólo se utilizará la luz emitida por el láser Raman y enfrente de este se pondrá el sistema detector propuesto para determinar los parámetros del propio láser. Por lo tanto la caracterización del sistema fotodetector propuesto consiste en alinear el cable de fibra óptica que inyecta la luz del láser, con el fotodiodo del sistema detector propuesto, la distancia entre ellos es de 1 mm, es decir, están lo mas cerca posible cuidando no rayar la superficie del fotodiodo ni de la fibra óptica que lleva la luz del láser Raman. Para este trabajo se colocó una lente entre el fotodiodo y la fibra de inyección esto con el propósito de atenuar la luz que llega del láser Raman. El circuito fotodetector propuesto posee un terminal block que permite conectar las entradas del osciloscopio de forma que a través de este instrumento se puedan monitorear las variaciones de luz convertidas a variaciones de voltaje. En la figura 5 se ejemplifica el montaje del experimento a través de bloques.

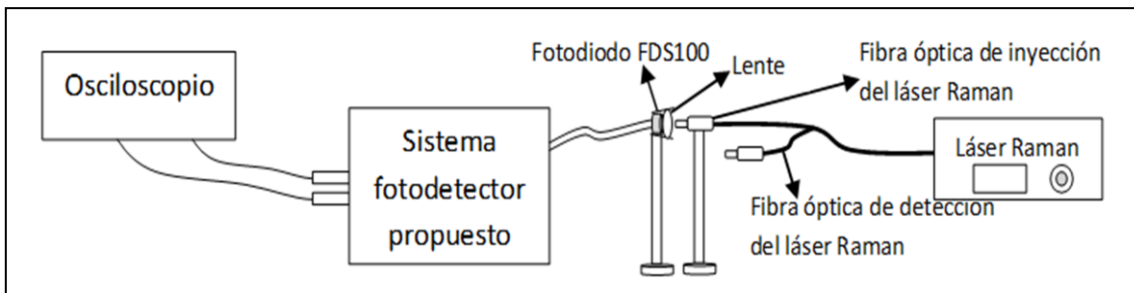


Figura 5. Diagrama a bloques del experimento de detección de parámetros del láser Raman.

Una vez montado el experimento se procede a ejecutarlo, en primera instancia es importante que el sistema fotodetector propuesto así como el resto del experimento se encuentren en completa oscuridad para que el fotodiodo no entregue resultados alterados por detectar otra luz ajena a la que inyecte la fibra procedente del láser Raman. Para continuar, se elige un valor para la R_L de los colocados en el circuito fotodetector propuesto, se propone el de 46.6Ω , que es el valor más pequeño del conjunto de resistencias, se propone este valor puesto que entre menor sea R_L menores serán los niveles de ruido que se tenga en la señal de salida generados por el sistema. La siguiente etapa es ir variando los niveles de corriente del láser Raman en pequeños pasos, se proponen pasos de 50 mA, para que puedan apreciarse los fenómenos que dan pie a la obtención de los parámetros para la generación de espectros Raman y finalmente con ayuda del osciloscopio se toman como datos los niveles de voltaje promedio que se muestran en la pantalla del osciloscopio para cada variación de corriente generada por el láser Raman. Con este procedimiento se logra obtener los parámetros que se necesitan para obtener espectros a través de la técnica Raman.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

En esta sección se presentan los principales resultados obtenidos tras el diseño, construcción y caracterización del sistema fotodetector propuesto. En la gráfica mostrada en la figura 2, se aprecia que el valor de la $R(\lambda)$ para 785 nm es de aproximadamente 0.5 A/W, y con este dato se tienen todos los datos necesarios para obtener la equivalencia en potencia del voltaje tomado a la salida del sistema fotodetector propuesto. Procesando los datos se obtiene la gráfica mostrada en la figura 6.

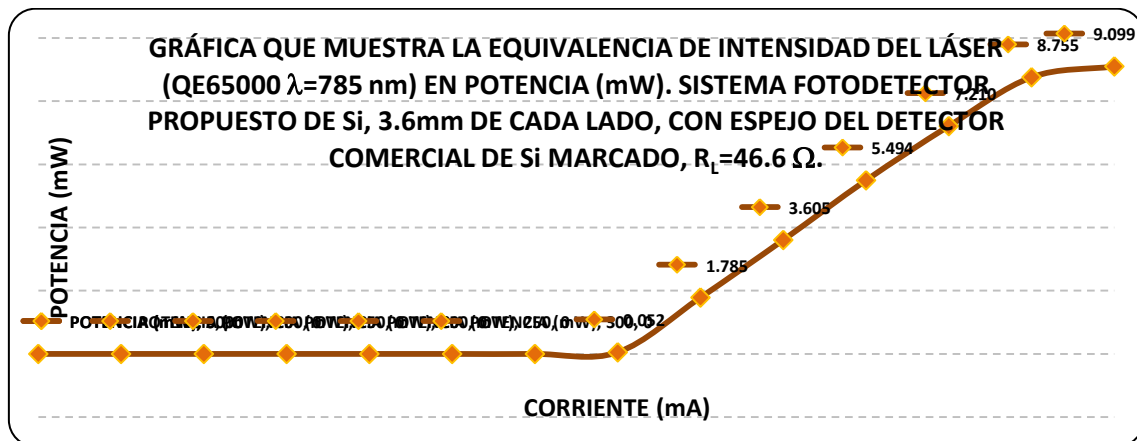


Figura 6. Gráfica que muestra los resultados del sistema propuesto, que señala la conversión de niveles de voltaje a potencia por cada variación de corriente del láser Raman. El eje x señala la corriente del láser Raman, este eje va en pasos de 50 mA, la razón de ser de los intervalos donde parece perderse el paso es porque en esos valores en específico se registraron datos relevantes.

Ahora tomando la gráfica de la figura 6, se procede a extender la linealidad y de esta forma obtener los parámetros fundamentales para la obtención de espectros Raman, figura 7. De las gráficas señaladas en las figuras 6 y 7, se aprecian los siguientes parámetros, umbral de láser: 0.052 mW, es dato se obtiene al observar el punto en que la recta se levanta, siendo este para el fotodetector el punto en que comienza a detectar la presencia de luz generada por el láser Raman; otro parámetro es la región lineal de trabajo: va de 0.52 mW hasta 21 mW, para obtener este dato se observa la gráfica y se ve que existe un comportamiento lineal, como puede apreciarse en la gráfica de la figura 6, solo indica llegar hasta 9.09 mW, sin embargo gracias al conocimiento del principio de linealidad se procedió a analizar el posible comportamiento del sistema fotodetector alcanzando una intensidad del láser Raman de 900 mA, figura 7. El valor de 900 mA de intensidad del láser Raman hasta el que se extendió la linealidad, se conoce tras haber hecho pruebas con el láser Raman y el analizador de espectros Raman, y por observación se concluyó que de 300 mA a 900 mA es el rango de corriente generado por el láser Raman en el que se generan espectros, los valores de corriente que se encuentren por abajo no generan espectros Raman y los que se encuentren por encima generarán espectros saturados; un parámetro más es la región de saturación: valores mayores a 21 mW, este dato se obtiene de la gráfica de la figura 7, y es donde el detector llega a un punto de saturación en el que sin importar la intensidad del láser Raman que se le inyecte, el fotodetector no responderá a esa potencia de luz enviada.

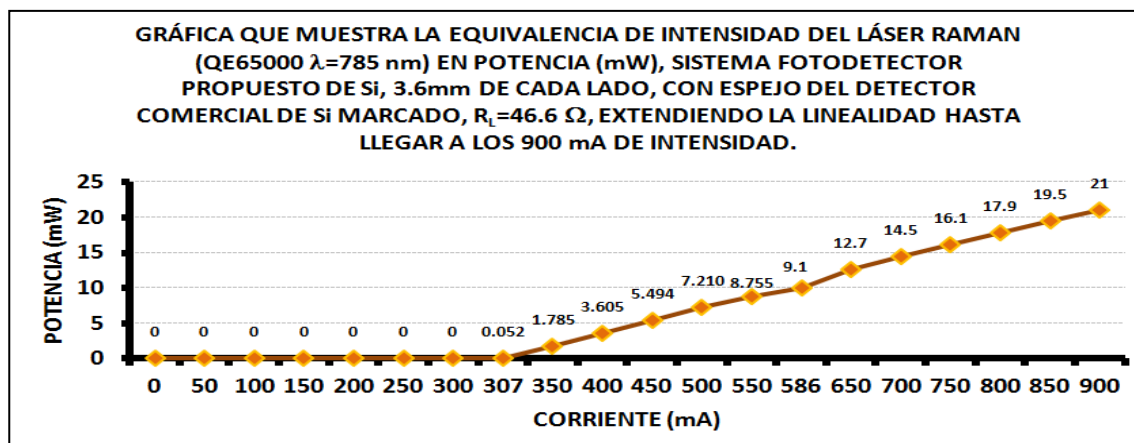


Figura 7. Gráfica que muestra la linealidad proyectada a 900 mA de intensidad en el láser Raman, en el sistema fotodetector propuesto para un fotodiodo de silicio.

4. CONCLUSIONES.

En este proyecto se diseñó, construyó y caracterizó un sistema fotodetector propuesta que logra satisfacer las necesidades existentes en la UNACAR, cubriendo áreas como la económica reduciendo su costo de adquisición, y por tanto facilita su alcance, ya que es un sistema de fácil construcción con dispositivos cercanos al usuario, y además satisface las demandas de sistemas fotodetectores dentro de la universidad para los proyectos presentes y futuros relacionados al área de la electrónica encargada de estudiar la luz y los fenómenos relacionados a ella.

Con el sistema propuesto se logró determinar los parámetros de umbral de laseo: 0.051 mW, región lineal de trabajo: de 0.51 mW hasta 21 mW y región de saturación: valores mayores a 21 mW, que ayudan a que el usuario tenga mayor control en la generación de espectros Raman, puesto que con ellos sabe que al realizar las pruebas no perderá tiempo buscando a qué intensidad del laser Raman se comienzan a generar espectros y en qué grado de intensidad dejan de generarse, con ello también ayuda al usuario a poder elegir la potencia del láser Raman con seguridad de que será funcional.

Agradecimientos: María Isabel Vila Bazares agradece la beca recibida de CONACYT a través de Fondos Mixtos por el proyecto 146354.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] C. V. Raman y K. S. Krishnan, *Nature*, **121**, 3048, 501, (1928).
- [2] T. Thompson, *Laser Focus World*, 2.
- [3] W. E. Smith y G. Dent, *Modern Raman Spectroscopy A practical Approach* (Ed. Wiley, Inglaterra), 1-6, (2005).
- [4] J. M. Costa, *Diccionario de Química Física*. (Ed. Díaz de Santos, España), 145 y 175, (2005).
- [5] G. D. Boreman, *Fundamentos de Electro-Óptica para Ingenieros*, (Ed. SPIE, Washington), 55-60, 70, 71, (1999).
- [6] <http://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=FDS100>
- [7] <http://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=DET36A>

EL USO DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN EN EL DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICO

Marcelo Bastida Tapia

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

mbttesci@gmail.com

RESUMEN.

En el diseño de prototipos se aprovechan los paquetes de simulación electrónica ya que con éstos se puede realizar el diagrama esquemático, la simulación y, en la mayoría de los casos, la placa de circuito impreso o PCB, permitiendo reducir el uso de dispositivos electrónicos en el desarrollo de prototipos y no ser necesaria su construcción física para la realización de las pruebas de todos los elementos que lo integran y poder corroborar su buen funcionamiento al obtener sus parámetros de voltaje, corrientes, temperatura, etc.

El prototipo se construye de forma virtual y se pueden hacer todas las pruebas necesarias antes de armar el dispositivo físico. Esto permite que el prototipo final se arme sólo con los elementos seleccionados, sin necesidad de comprar diversos elementos para la realización de las pruebas.

ABSTRACT.

In the prototype design takes advantage of the packages with electronic simulation as they can perform the schematic, simulation and, in most cases, the printed circuit board or PCB, thereby reducing the use of electronic devices in the prototype and not its physical construction needed to carry out testing of all the elements that compose it and to verify its proper operation to obtain the parameters like voltage, current, temperature, etc.

The prototype is built virtually and can make all the necessary tests before assembling the physical device. This allows the final prototype is armed only with the selected elements, without having to purchase various elements for carrying out the tests.

1. INTRODUCCIÓN.

Es un hecho que, a lo largo de la historia de la humanidad, ésta siempre se ha valido de su entorno para obtener los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades. Desafortunadamente esta necesidad ha ocasionado que muchos de los recursos sean explotados al grado que algunos se encuentren prácticamente agotados. Las actuales tendencias consumistas ocasionan que cada día se compren productos “nuevos” aún teniendo productos cuya vida útil aún no expira, ocasionando que muchos productos sean desechados y no se aprovechen al máximo.

“Hace unas décadas prevalecía la idea de un mundo lleno de recursos inagotables; en la actualidad esta visión positiva se ha venido abajo. H. Daly lo plantea con toda claridad cuando percibe que la economía humana ha pasado de una era en la que la acumulación del capital (capital hecho por el hombre) era el factor que limitaba el desarrollo económico, a otra en la que el factor limitante es lo que resta del capital natural. Según la lógica económica se debería de maximizar la productividad de este factor cada día más escaso y tratar de aumentar su disponibilidad. Por ende, la política económica debería de ser diseñada para incrementar el capital natural y su volumen” [1].

“En la mayoría de los países industrializados la noción del ingeniero es la de un individuo inteligente que inventa o diseña productos, procesos y obras públicas en su tablero de dibujo. No obstante, esta inventiva podría canalizarse demasiado hacia el desarrollo de tecnología

más inteligente y muy poco hacia las necesidades sociales. Los ingenieros con capacitación científica deben concentrarse en cuestiones de sostenibilidad y en el modo en que los problemas sociales y ambientales impactan en la tecnología. Una vez graduados, los estudiantes de ingeniería no viven en torres de marfil, pero se convierten en gerentes de diseño o jefes de grupos de investigación, líderes de compañías o institutos y, tal vez, también en futuros desarrolladores de políticas. Por lo tanto, los ingenieros deberían aprender a pensar estratégicamente sobre los desafíos que el cambio tecnológico plantea a la sostenibilidad. Por supuesto, esto no implica que cada ingeniero individual deba abocarse en forma constante y exclusiva al desarrollo sostenible. Sin embargo, debería, como mínimo, tomar conciencia de los desafíos que esta cuestión plantea a su profesión y estar dispuesto a acercarse a otras disciplinas para desarrollar soluciones” [2].

De acuerdo a lo visto anteriormente el ingeniero debe buscar alternativas para evitar el consumo excesivo de materias primas para el desarrollo de los diversos productos. Desde el punto de vista del Ingeniero Electrónico, éste tiene la obligación de desarrollar sistemas con el menor impacto ambiental posible.

Aunque debido a las características de los dispositivos electrónicos esto no es tarea fácil, pero se puede empezar con el uso de la menor cantidad de dispositivos electrónicos en el desarrollo de los sistemas.

2. ANÁLISIS.

Al desarrollar sistemas electrónicos es de suma importancia realizar el análisis del dispositivo o sistema que se quiere realizar para que el producto final cumpla con las características previamente establecidas. El desarrollo conlleva a seleccionar los dispositivos más adecuados para la implementación de dicho sistema; si estos elementos no son los adecuados, el sistema puede fallar en el peor de los casos; en contraparte, puede funcionar perfectamente pero el costo puede elevarse, puede gastar más energía de la que debería o utilizar un mayor número de elementos que los requeridos para un óptimo funcionamiento.

Es deber del ingeniero de diseño que el dispositivo ocupe el menor número de elementos posible, que gaste la menor cantidad de energía, que el desperdicio de elementos durante el desarrollo sea el mínimo y que el costo sea el menor posible de forma que el impacto al ambiente, durante el desarrollo del prototipo y la producción final, sea el menor posible.

Cuando se desea desarrollar un sistema digital se puede implementar mediante compuertas, dispositivos lógicos programables, microprocesadores, microcontroladores o controladores lógicos programables; el ingeniero de diseño es el responsable de decidir cuál o cuáles elementos son los adecuados para realizar el diseño. Una vez seleccionados los dispositivos el ingeniero debe realizar pruebas de funcionamiento.

Durante el desarrollo de estas pruebas se debe verificar si el dispositivo cumple con las características descritas en el proyecto. Si estas pruebas se realizan en el prototipo se corre el riesgo de realizar gastos por la compra de los dispositivos y, posiblemente, el proyecto no sea viable si los elementos seleccionados no son los adecuados, ya sea porque no cumplen con alguna de las especificaciones, o porque al realizar el diseño no se consideraron algunas características. Esto ocasiona que el dispositivo se deseché ocasionando basura electrónica y mayores gastos al tener que cambiar y comprar nuevos dispositivos.

Como es sabido es muy difícil reciclar la basura electrónica por los elementos que contiene; por ello, es de suma importancia que al realizar diseños se desperdicien la menor cantidad de elementos y, una forma de evitarlo, es realizando la simulación del sistema con un software adecuado antes de implementar el dispositivo.

El uso de un software de simulación electrónica permite que se analice el sistema desde varios puntos. Por ejemplo: si se realiza el diseño de un amplificador a transistor y se desea tener un

valor de ganancia en específico, al realizar el análisis matemático se obtienen los valores de los elementos que lo van a constituir, pero estos valores son ideales así como las características del transistor. El programa de simulación permite realizar análisis con diversos dispositivos y se puede seleccionar el más adecuado para la implementación física.

En la figura 1 se tiene un amplificador de potencia que requiere de varios transistores. El ingeniero de diseño tiene varios transistores que pueden usarse para dicho amplificador con características similares pero diferentes precios. Realizando la simulación del sistema puede decidir cuál transistor es el más adecuado para realizar el prototipo de acuerdo al desempeño del sistema y los costos que implica. En las figuras 2 y 3 se muestran las gráficas obtenidas para dos elementos diferentes.

Amplificador de Potencia

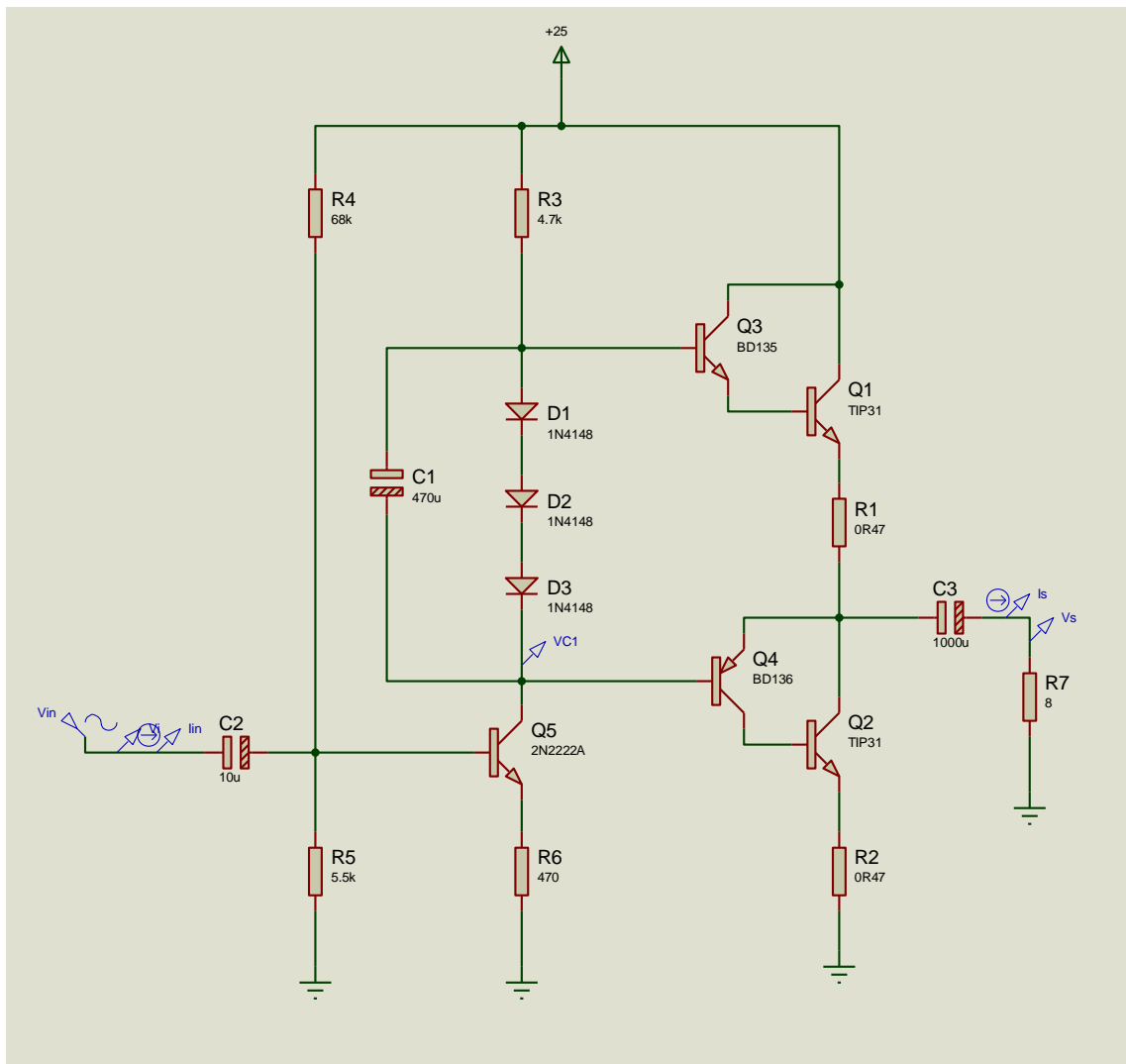


Figura 1. Circuito de un Amplificador de potencia Clase AB.

Como se aprecia en las figuras 2 y 4, y en las figuras 3 y 6, el comportamiento del amplificador es el mismo debido a las características de los transistores con los cuales se realizó la simulación, por lo cual el ingeniero puede entonces seleccionar el transistor que le reditue más en la parte económica.

Gráfica de voltaje del amplificador utilizando el Transistor 1.

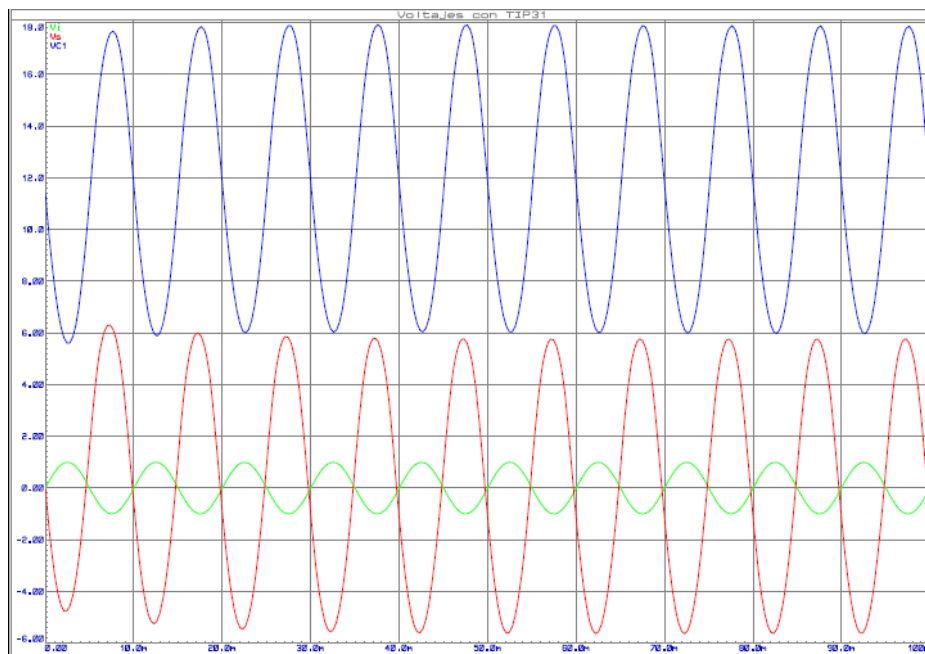


Figura 2. Voltajes obtenidos utilizando un transistor TIP31.

Gráfica de corriente del amplificador utilizando el Transistor 1.

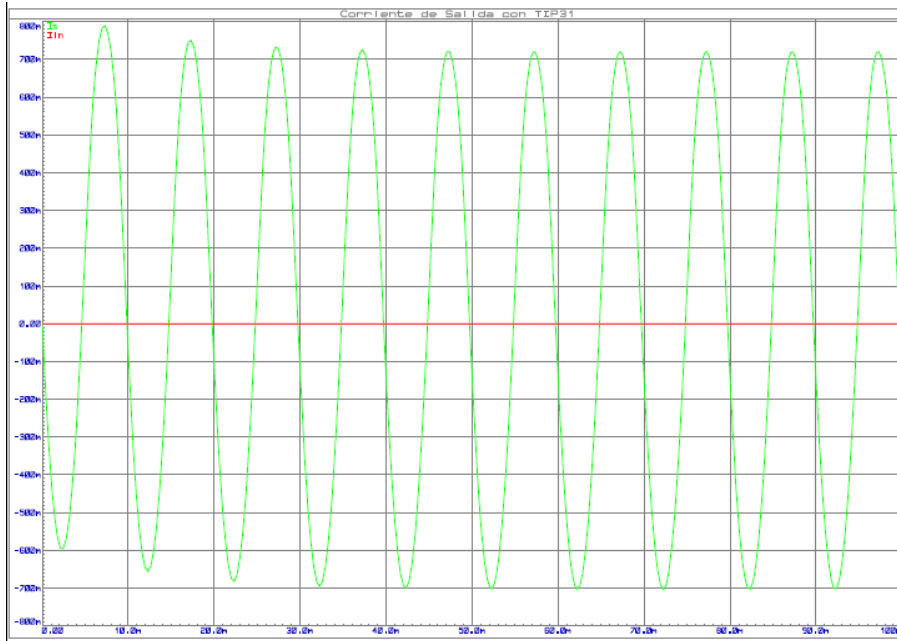


Figura 3. Corrientes obtenidos a la entrada y salida del amp,lificador utilizando un transistor TIP31.

Gráfica de voltaje del amplificador utilizando el Transistor 1.

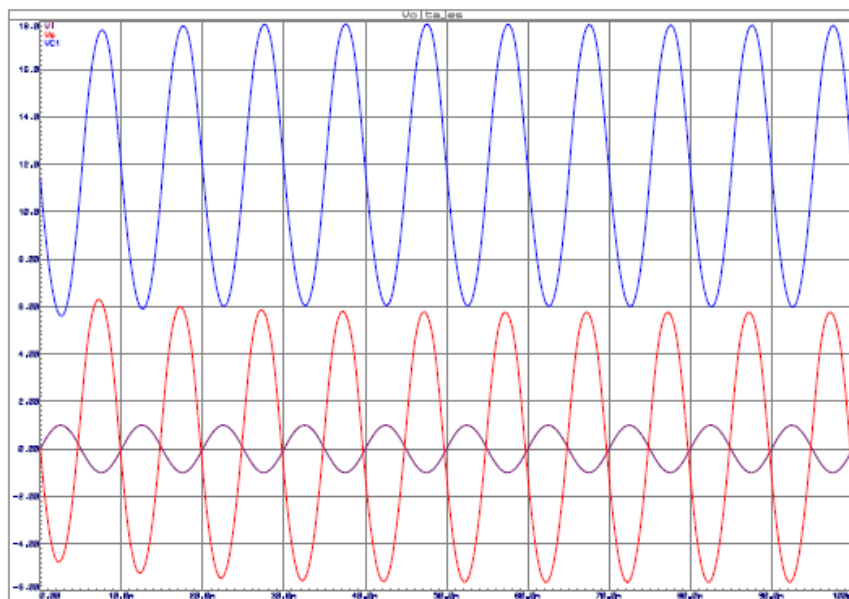


Figura 4. Voltajes obtenidos utilizando un transistor TIP41.

Gráfica de corriente del amplificador utilizando el Transistor 2.

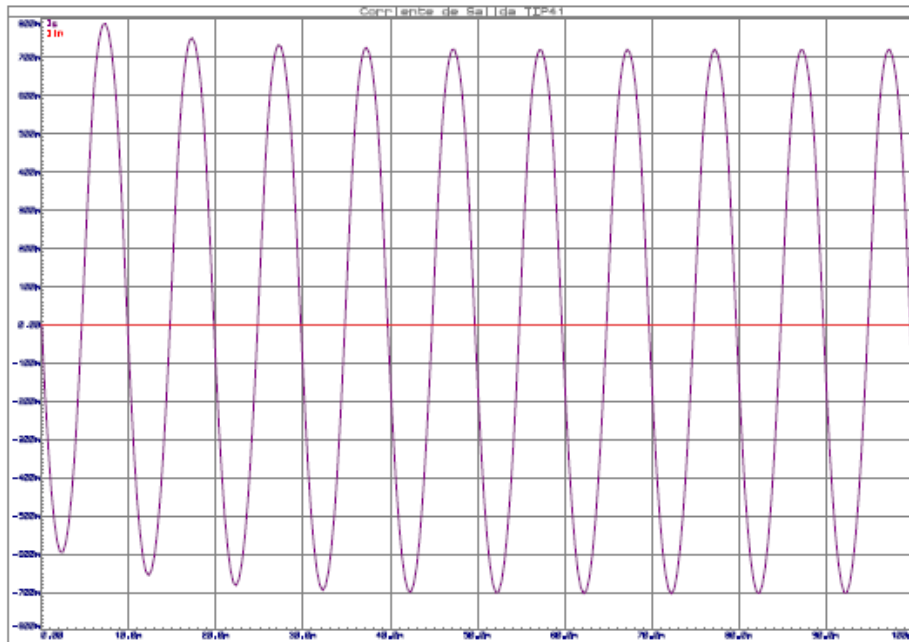


Figura 5. Corrientes obtenidos a la entrada y salida del amplificador utilizando un transistor TIP41.

Por otro lado, si se desea saber si con el cambio de algún elemento el dispositivo tiene una mejor respuesta en frecuencia, se realiza el diseño de un amplificador que tenga que trabajar en un rango amplio de frecuencias. Pero como esto depende del valor de un elemento, para no probar varios valores del elemento en el prototipo, el ingeniero puede realizar un análisis de la respuesta en frecuencia que presenta el amplificador con diferentes valores de dicho elemento realizando la simulación.

En la figura 6 se presenta un amplificador que contiene un capacitor de desvío en el emisor. El valor de este capacitor repercute un poco en la respuesta que presenta el amplificador a diversas frecuencias. Si el ingeniero realiza un análisis de respuesta en frecuencia haciendo la simulación, en sólo unos instantes puede seleccionar el dispositivo adecuado. Para el ejemplo se realizó un análisis paramétrico del circuito, variando el capacitor desde un valor de 100uF hasta 1000uF, con intervalos de 100uF, pudiéndose apreciar el resultado en la gráfica de la figura 7.

Amplificador.

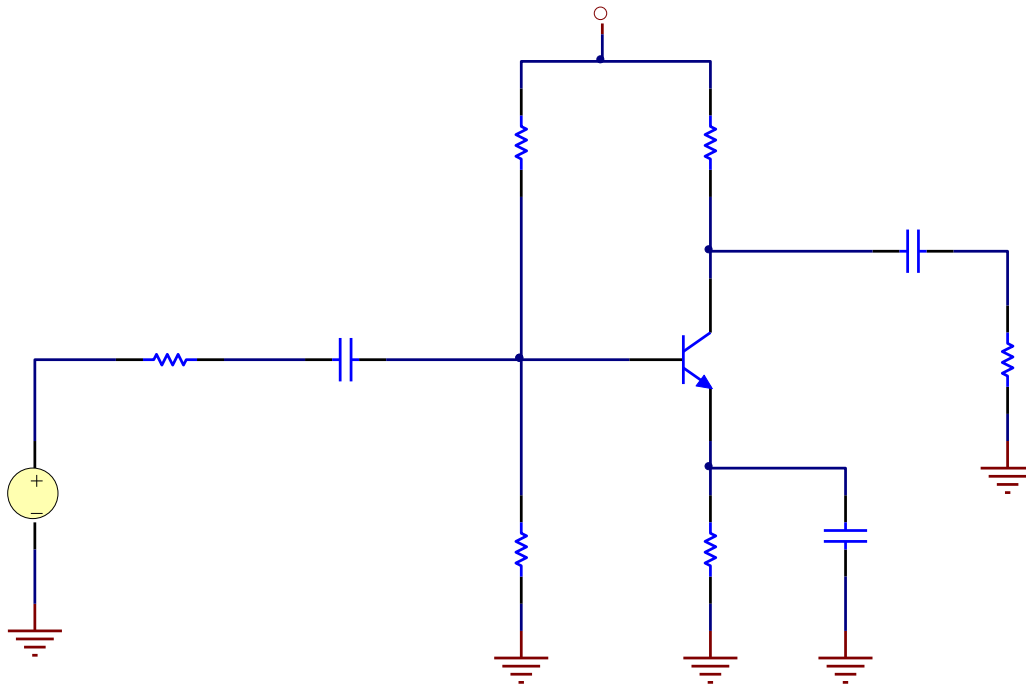


Figura 6. Circuito de un amplificador emisor común.

Respuesta del circuito.

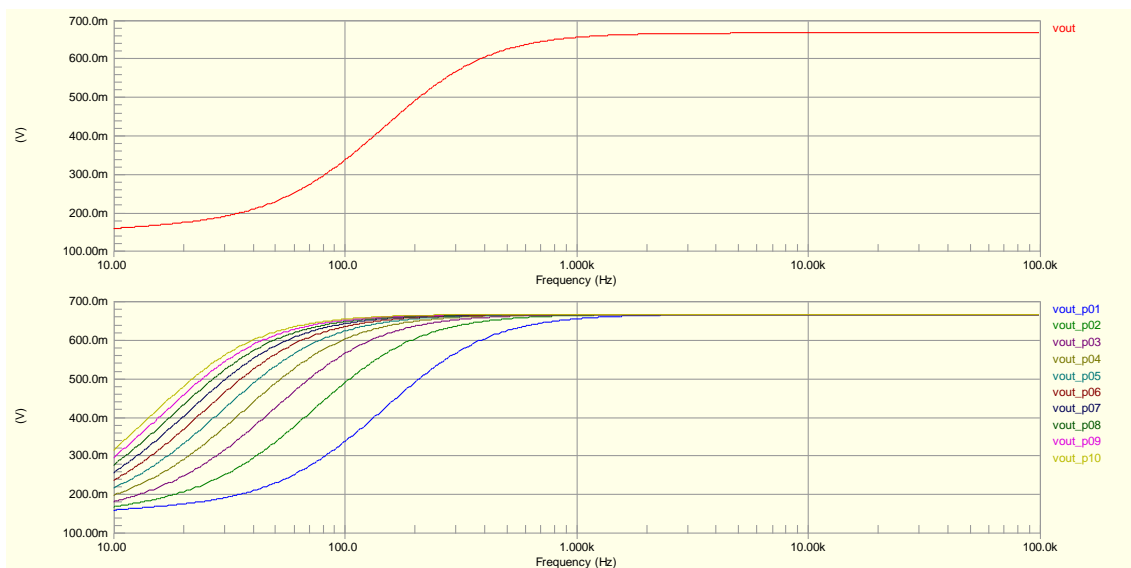


Figura 7. Respuesta del amplificador con diferentes valores de C3.

Como se puede apreciar en la gráfica, conforme se incrementa el valor del elemento el circuito tiene un mayor ancho de banda.

Realizar la simulación de un circuito le permite al ingeniero seleccionar el valor del elemento adecuado a sus necesidades desde antes de implementar físicamente el dispositivo.

Estos sencillos ejemplos permiten apreciar que, si se realiza el análisis y la simulación de los sistemas antes de implementarlos, permite ahorrar considerablemente el tiempo en el desarrollo de prototipos y minimizar el uso de elementos, ya que, como se ve en el segundo ejemplo sólo cambió un capacitor pero, para producciones a nivel industrial, los elementos se necesitan por miles y, si el elemento no es el adecuado, posiblemente se realizó una inversión de miles de pesos en elementos que no se requieren y que generalmente terminan en la basura.

Al aplicar estos procedimientos en el aula se le permite al alumno desarrollar competencias con las cuales puede realizar diseños y prototipos en los que sólo tenga que adquirir los elementos que realmente sean necesarios para el correcto funcionamiento, sin necesidad de generar gastos y desperdicios en componentes electrónicos.

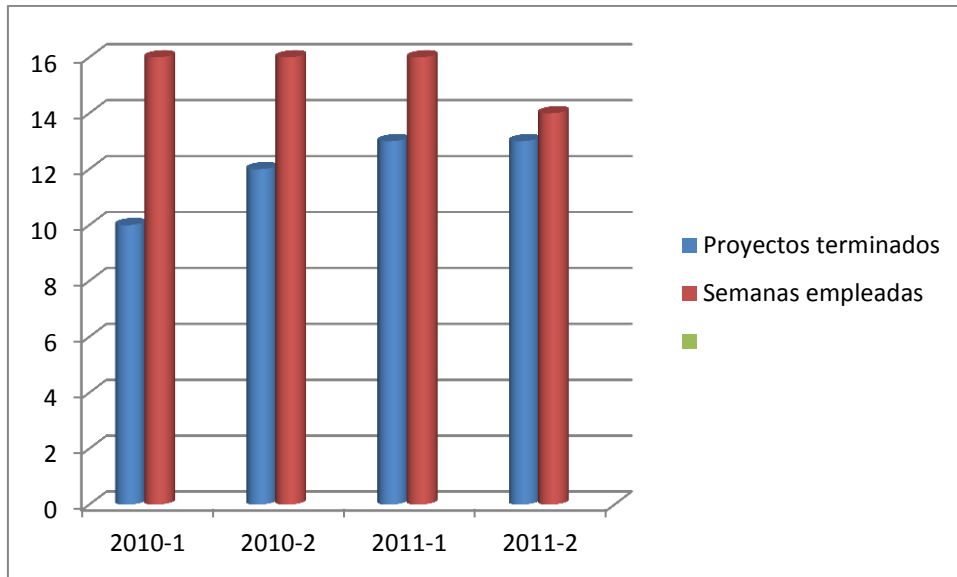
Desde hace algunos semestres se les pide a los alumnos que todos los diseños que piensan implementar primero los realicen de forma virtual para que verifiquen, mediante simulaciones, que el dispositivo cumpla con todas las especificaciones de voltajes, corrientes, potencia y/o carga para el que fueron diseñados; que comprueben que todos los elementos que se seleccionaron sean los de mejor calidad, al precio más asequible, para crear productos con buena relación calidad-precio.

Una ventaja más que ofrece el realizar la simulación del prototipo antes de implementarlo es el ahorro de tiempo en el desarrollo del mismo, ya que estas herramientas de simulación permiten realizar ajustes en el entorno virtual. Si con el dispositivo que se tenía planeado usar el sistema no trabaja de forma adecuada, en ese momento se sustituye por otro dispositivo sin necesidad de desperdiciar elementos y tiempo en el caso de que no se tenga el dispositivo a la mano y sea necesario ir a comprarlo. Cuando el prototipo se comporta de la forma esperada, entonces se compran todos los elementos para la implementación física.

En una de las asignaturas se les pide que realicen alrededor de 13 diseños a lo largo del semestre. Cada diseño se debe realizar primero en algún software de simulación y después de que funciona correctamente, se les indica que pueden comprar los elementos para realizar la prueba física, contemplándose para cada diseño una semana.

Conforme los alumnos se han actualizado y se les involucra con el uso de paquetes de simulación electrónica el consumo de dispositivos y el tiempo de desarrollo de los diseños se ha ido reduciendo de forma considerable como se puede visualizar en la gráfica 1.

Relación de proyectos terminados y número de semanas empleadas.



Gráfica 1. Del semestre 2010-1 al semestre 2011-2 se registró un avance en el desarrollo de los proyectos disminuyendo considerablemente el tiempo en cada uno.

3. CONCLUSIONES.

Cuando se desarrollan prototipos es muy común que el alumno se pregunte con qué lo tiene que hacer, cuando en realidad lo que se debe preguntar es ¿qué es lo que debe hacer? y en base a eso decidir cuál es la tecnología más adecuada para realizar dicho proyecto si en la clase el alumno puede realizar la simulación del prototipo con diferentes elementos y analizar los resultados, de forma que empiece a crear un hábito de análisis de cada uno de los problemas que se plantean para cada proyecto.

El uso de paquetes de simulación permite que se reduzcan los tiempos y el uso de dispositivos al desarrollar prototipos. Cuando se trabaja en la industria esta reducción se refleja en un gran ahorro; esto es, si se puede reducir el costo en un transistor de 1 peso y para el dispositivo se utilizan 6 transistores, tal vez el ahorro sea de sólo 6 pesos, pero si la producción implica la fabricación de 10000 piezas, el ahorro es considerable.

De acuerdo a la gráfica 1, conforme los alumnos se van familiarizando con las herramientas de desarrollo van incrementando su rendimiento y productividad, situación que es muy favorable para cuando se desarrollen en la industria.

4. BIBLIOGRAFÍA.

1. Delgadillo, J. L. (2007. Volumen 9 Numero 3). El desarrollo suatentable en México (1980-2007). *Revista Digital Universitaria*.
2. Mulder, K. (2007). *Desarrollo sostenible para ingenieros*. Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya.

IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE UN SECADOR DE CABELLO UTILIZANDO LAS ESTRUCTURAS ARX, ARMAX Y OE.

M. Eusebia Guerrero-Sánchez, A. Alejandro Alvarado-Pensamiento, V. Gabriel Facundo-Landa, Omar Hernández-González y M. Elizabeth Guerrero-Sánchez.

ITESCO

megs_airam@hotmail.com, a3pensamiento@hotmail.com, faclan@hotmail.com, hego_omarhg@hotmail.com, eli_guessa@hotmail.com.

Resumen- En este artículo se propone un modelo matemático para un proceso de secador de cabello utilizando la identificación de sistemas. Se consideran los modelos de referencia: ARX, ARMAX y OE. Se obtiene el valor de los errores de cada modelo para poder comparar la eficacia de cada uno de ellos en el proceso del secador de cabello.

Abstract- This article proposes a mathematical model for a hair dryer process using system identification. Are considered role models: ARX, ARMAX and OE. It gets the value of the errors of each model to compare the effectiveness of each process in the hair dryer.

1. INTRODUCCION

La identificación de sistemas trata el problema de obtener modelos de sistemas a partir de mediciones realizadas mediante experimentos prácticos [1]. Existen numerosos procesos y métodos de identificación tanto paramétricos como no paramétricos que ofrecen información variada sobre el sistema en estudio [2]. En la figura 1 se muestra los pasos para la identificación de un sistema.

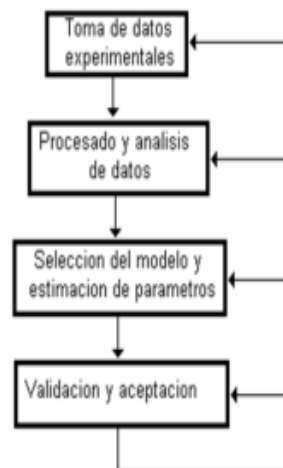


Figura 1. Pasos para la identificación de un sistema.

Los datos del proceso en estudio son una configuración de laboratorio que actúa como un secador de cabello. Puede ser descargada desde la base de datos de DAISY para datos de identificación de sistemas.

El proceso actúa de la siguiente manera:

Sistema que trabaja como un secador. El aire es soplado a través de un tubo y calentado en la entrada. La temperatura del aire es medido por un termopar en la salida. La entrada es el voltaje en el dispositivo de calentamiento.

- Número de muestras: 1000.
- Entrada U: voltaje del dispositivo de calentamiento.
- Salida Y: temperatura del aire de salida.
- Columna 1: entrada U
- Columna 2: salida Y

Las consideraciones que debemos tener en cuenta en este proceso son:

- No hay transferencia de calor con el ambiente.
- No es afectado por ruidos.
- Su lectura es ideal.
- Maneja voltaje en modo común.

2. MODELADO POR IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS

Los pasos que se llevaron a cabo para generar los datos en Matlab son los siguientes: Primero se descarga la base de datos, esta cuenta con 2 columnas la primera son las entradas, la segunda la salida, para el tiempo se creó una nueva columna y los valores se asignan de forma consecutiva.

Desde Matlab se importa la base de datos para generar los vectores. Se creó el vector con el nombre de data en el Workspace como se ve en la figura 2.

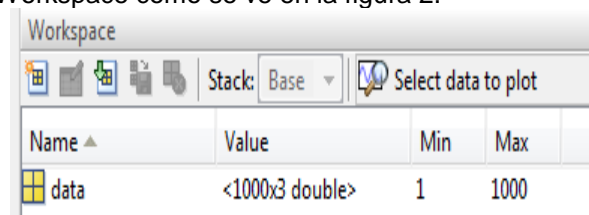


Figura 2. Pantalla de Workspace.

3. IDENTIFICACIÓN POR EL METODO ARX

El modelo ARX se expresa según la ecuación 1:

$$y(t) + a_1y(t-1) + \dots + a_nay(t-na) = b_1u(t-nk) + b_2u(t-nk-1) + \dots + b_{nb}u(t-nk-nb+1) \quad (1)$$

Esto da lugar a un sistema de ecuaciones donde las incógnitas a y b serán los coeficientes de la función de transferencia discreta y que se obtienen según [4]:

Mínimos cuadrados: minimiza la suma de los cuadrados de la parte de la derecha menos la parte de la izquierda con respecto a los coeficientes a y b . Para esto se usa la función ARX del Matlab.

Variable instrumental: se determinan a y b de manera tal que el error entre las partes derecha e izquierda no correlaciona con alguna combinación lineal de la entrada.

En la figura 3 se muestra la respuesta de la salida del sistema de los datos reales del proceso. Esta salida se identificara por os modelos de referencia ARX, ARMAX y OE.

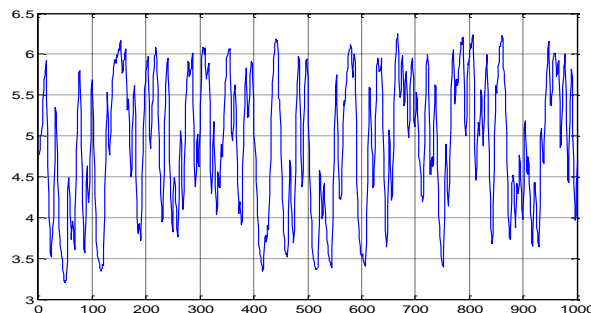


Figura 3. Respuesta del sistema real

Se desarrolló un programa de identificación ARX de Matlab, en el cual se consideraron los parámetros `>> ARX=arx(sec_cab, [3 3 1])`. En la figura 4 se muestra la grafica obtenida de la salida real del sistema contra la identificación utilizando la estructura ARX.

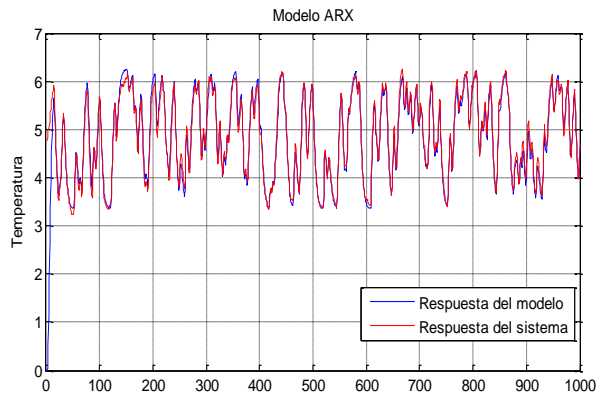


Figura 4. Grafica del modelo ARX

La respuesta del modelo es rápida ya que inicia desde cero y antes de los 50 segundos. Se aprecia que son muy similares la señal de los datos reales con la señal identificada, el error entre estas señales es de: 0.11336.

La función de transferencia obtenida es de 3er. orden y se muestra en la ecuación 2:

$$\frac{0.08596 s^2 - 0.18379s + 0.17663}{s^3 + 1.8015s^2 + 1.0837s + 0.18064} \quad (2)$$

4. IDENTIFICACIÓN POR EL METODO ARMAX

En la estructura ARMAX se introduce el polinomio $C(q)$ al modelo ARX expresada por la ecuación 3:

$$A(q)y(t) = B(q)u(t - nk) + C(q)e(t) \quad (3)$$

Donde $C(q)$ se puede expresar según la ecuación 4:

$$C(q) = 1 + c_1q^{-1} + c_{nc}q^{-nc} \quad (4)$$

Esto da lugar a un sistema de ecuaciones donde las incógnitas son los coeficientes del modelo discreto, cuyas soluciones (de este modelo y los posteriores) se obtienen por predicción del error con el método de máxima verosimilitud. Para esto se usa la función ARMAX.

Se modifica el algoritmo realizado para el modelo ARX y se desarrolla un programa de identificación ARMAX en Matlab, en el cual se consideran los siguientes parámetros: `>> ARMAX=armax(sec_cab, [3 3 1 1])`.

En la figura 5 se muestran las graficas obtenidas de la salida real del sistema contra la identificación utilizando la estructura ARMAX.

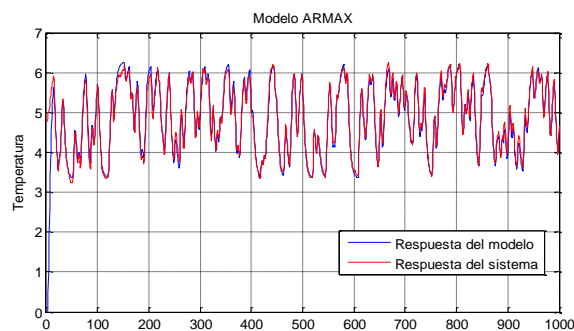


Figura 5. Grafica del modelo ARMAX.

La respuesta del modelo se asimila a la del sistema. En esta estructura se toma en cuenta el ruido y permite la reducción del error a: 0.11164. La función de transferencia obtenida es de 2do. orden y se muestra en la ecuación 5:

$$\frac{0.06694s^2 - 0.15277s + 0.14566}{s^3 + 1.456 s^2 + 0.90589s + 0.14887} \quad (5)$$

5. IDENTIFICACIÓN POR EL MODELO OE

La estructura Output-Error (OE) se presenta en la siguiente ecuación 6 y 7:

$$y(t) = \frac{B(q)}{F(q)}u(t - nk) + e(t) \quad (6)$$

$$F(q) = 1 + f_1q^{-1} + \dots + f_{nf}q^{-nf} \quad (7)$$

También se desarrolló un algoritmo de identificación OE en Matlab, en el cual se consideraron los siguientes parámetros: >> OE=oe (sec_cab, [3 3 1]). En la figura 6 se muestran las graficas obtenidas de la salida real del sistema contra la identificación utilizando la estructura OE.

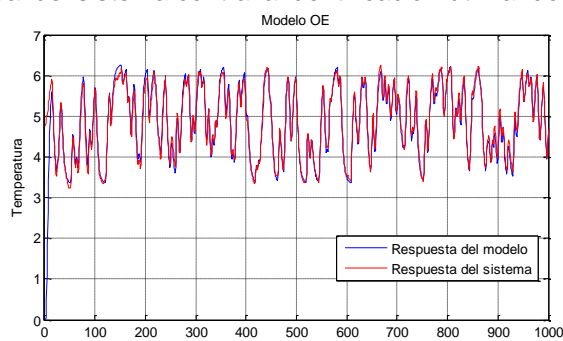


Figura 6. Grafica del modelo OE

Para este proceso el método más preciso es el OE, ya que reduce el error a: 0.11159. La función de transferencia obtenida es de 3er. orden mostrada en la ecuación 8.

$$\frac{0.066279s^2 - 0.14678s + 0.14121}{s^3 + 1.3888s^2 + 0.8779s + 0.1443} \quad (8)$$

En la tabla I se muestran los errores obtenidos al aplicar los tres modelos de identificación:

Tabla I

MODELO	PARAMETRO	ERROR
ARX	[3 3 1]	0.11336
ARMAX	[3 3 3 1]	0.1164
OE	[3 3 1]	0.1159

Tabla I. comparación de los errores en los 3 modelos de identificación

6. CONCLUSION

La utilización del proceso de identificación de sistemas, permite identificar modelos sencillos cuya implementación matemática es factible, permitiendo la simulación de los sistemas analizando, así como el trabajo en tiempo real.

En este documento se trabajó con la identificación de sistemas aplicado a una configuración de laboratorio que actúa como un secador de cabello. Se probaron tres métodos de identificación que fueron ARX (Auto Regressive with eXternal input), ARMAX (Auto Regressive Moving Average) y OE (Output Error). Se logró observar que en los tres diferentes métodos el error es muy bajo, aunque el método OE mostro mejores resultados al aproximarse más al sistema real.

7. REFERENCIAS

1. Ljung L., *System Identification – Theory for the user*, (Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs), (1987).
2. Ljung L., *System Identification – Toolbox for use with Matlab*, (The Mathworks Inc. Mass, USA), (1991).
3. Katsuhiko Ogata, *Ingeniería de control moderno*, (Ed. Prentice Hall), (2003).
4. Projection Techniques for classification and Identification.

ECOMAGIC, MOUSE INALÁMBRICO ECOLÓGICO

Irma Lisbeth Bautista Romero, Gabriela Lizeth Ortega Domínguez, María Fernanda Domínguez
Ramírez, Roberto Cano Rojas, Mauro Sánchez Sánchez.

Instituto Tecnológico de Toluca.

irmalizbeth_@hotmail.com, gabyliz.od@gmail.com, aazz.dor@gmail.com,

bob_cano25@hotmail.com, mss_ms2@hotmail.com.

RESUMEN - ECOMAGIC mouse inalámbrico ecológico, es un dispositivo que cuenta con un mecanismo que genera energía cinética convirtiéndola en eléctrica, tiene como objetivo minimizar el uso de pilas, y con esto reducir el impacto ambiental que provocan.

ABSTRACT - ECOMAGIC wireless mouse ecological is a device that has a mechanism that generates the kinetic energy converting it into electricity, aims to minimize the use of batteries, and thereby reduce the environmental impact they cause.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años después de la aparición de mouse se han ido innovando y desarrollado nuevas tecnologías, en cuanto a diseño, confort, portabilidad y dependencia de una computadora para su funcionamiento. Sin embargo la mayor preocupación es desarrollar productos capaces de ahorrar o reutilizar la energía que es utilizada por el mouse. En el presente trabajo se muestra el desarrollo del proyecto que lleva por nombre *ECOMAGIC, mouse inalámbrico ecológico* que tiene por objetivo modificar el mouse de la computadora, adaptándole un mecanismo capaz de generar energía cinética para posteriormente transformarla en energía eléctrica, la cuál será utilizada en el funcionamiento del mismo, disminuyendo así el uso de baterías en contribución al cuidado del medio ambiente.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, como consecuencia de la creciente utilización de productos tecnológicos, se tiene un consumo excesivo de energía eléctrica, lo cual provoca un fuerte impacto ambiental. La computadora, se ha convertido en unos de los aparatos tecnológicos de mayor uso en el mundo siendo así necesidad. Este producto, junto con sus componentes y dispositivos de entrada y salida, requieren de un suministro de energía eléctrica constante, por lo cual, el consumo de energía ha aumentado gradualmente con el paso del tiempo.

El dispositivo de mayor utilidad en una computadora, es el mouse, para su funcionamiento requiere igualmente de un suministro de energía, que puede ser proporcionado por la computadora (en el caso del mouse alámbrico) o por medio de baterías (en caso de los inalámbricos).

Dichas baterías, representan ecológicamente, un contaminante altamente peligroso, debido a que su funcionamiento se basa en reacciones químicas, las cuales producen sustancias tóxicas que al presentarse el desgaste de sus carcasas, son derramadas causando la degradación del suelo y de toda forma de vida.

3. OBJETIVOS

Desarrollar un mecanismo que sea capaz de generar energía cinética que posteriormente sea transformada en la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de un mouse inalámbrico.

4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Implementación de un dinamo: generador eléctrico destinado a la transformación de energía mecánica en eléctrica mediante el fenómeno de la inducción electromagnética, generando una corriente continua. [1]. Al hacer girar un anillo de alambre dentro del espacio libre entre dos imanes muy próximos, se crea en este una corriente eléctrica. Esta energía es generada por el movimiento del alambre al atravesar las líneas de fuerza del campo magnético que se forma entre los dos imanes. La cantidad de energía eléctrica generada depende de la velocidad de giro del anillo y de la potencia del campo magnético producido por los imanes. El movimiento del anillo debe de ser continuo para que el flujo de energía sea constante, y los imanes deben estar dispuestos de modo que aporten un campo magnético.



Fig.1 Dinamo

Actualmente se está utilizando la tecnología de los minidinamos, que son generadores eléctricos reducidos en tamaño y que son utilizados en nuevos dispositivos con la finalidad de eliminar la necesidad de las baterías. En el caso del mouse, se le adaptó una palanca que al accionarla genera la fuerza necesaria para el funcionamiento del dinamo.

La energía eléctrica generada será almacenada en una batería recargable, para su posterior uso por el mouse.

5. DISEÑO ECOLÓGICO

En base a la alternativa de solución antes propuesta, se presenta el diseño del mecanismo interno de *ECOMAGIC mouse ecológico*, en el que se implementó un mecanismo integrado por un dinamo, un engrane y una palanca que al accionarse es capaz de activar el funcionamiento del dinamo con la finalidad de producir energía necesaria para su funcionamiento.



Fig.2 Mecanismo de palanca con dinamo.

Requiere de una batería recargable, en la que se almacenará la energía eléctrica generada, por dicho mecanismo para su posterior y constante uso.

6. CONCLUSIONES

Se implementó un mecanismo que genera energía cinética y la transforma en eléctrica con la finalidad de que sea transmitida al circuito interno del mouse y permita su funcionamiento.

Para aprovechar la energía generada es indispensable almacenarla en una batería recargable la cual abastecerá al mouse.

REFERENCIAS

Artículos periodísticos:

[10] Mihaela, Ioana (2009, Aug.). Alternador, dinamo, y motor eléctrico. Disponible en: <http://iesgoya4adiver.blogspot.com/2009/11/alternador-dinamo-y-motor-electrico.html>

INSTRUMENTO VIRTUAL PARA ESTIMAR LA CORROSION MEDIANTE LA TÉCNICA DE RUIDO ELECTROQUÍMICO

José Alfredo Domínguez Cruz^c, Víctor Manuel Moo Yam^a, José Rubén Lagunas Jiménez^b,
Eduardo Pérez Cruz^c

^aCentro de Investigaciones de Corrosión, ^bFacultad de Ingeniería de la U.A.C.,

^cInstituto Tecnológico de Lerma

alfredo_sheva_7@hotmail.com, mookak69@hotmail.com, lagunas26@yahoo.com,
eduperea69@gmail.com.

RESUMEN

En este artículo se presenta el desarrollo de un instrumento virtual para la estimación de la corrosión mediante la técnica de ruido electroquímico. Esta es una técnica no destructiva basada en la medición de las fluctuaciones de señales de corriente y voltaje. Se realiza a través de dos circuitos electrónicos y tres electrodos (dos de trabajo y una de referencia), uno de los circuitos se dedica a la medición de la corriente y el otro circuito para la medición de potencial. Las señales son adquiridas, almacenadas y procesadas por el sistema de adquisición de datos y el software de DASyLab. Con esta instrumentación es posible determinar el tipo de corrosión que hay en este momento y conocer la velocidad de corrosión del medio ambiente al que está expuesto. Las primeras evaluaciones del sistema de medición muestran que las muestras expuestas a soluciones distintas con diferente agresividad tiene una identificación precisa de esta agresividad. Por lo tanto, la resistencia al ruido calculada como una evaluación electroquímica, indica una correspondencia con la condición de exposición.

ABSTRACT

This article presents the development of a Virtual Instrument for estimating the corrosion by electrochemical noise technique. This is a nondestructive technique based on the measurement of the fluctuations of current and voltage. It's realized through two electronic circuits and three electrodes (two of work and one of reference), one of the circuits is dedicated to the measurement of the current and the other circuit to the measurement of potential. The signals are acquired, stored and processed by the data acquisition system and DASyLab software. With this instrumentation is possible to determine the type of corrosion that there are at this time and to know the speed of corrosion the environment to which it is exposed. Preliminary evaluations of the measurement system show that the samples exposed to different solutions with different aggressiveness have an precise identification of this aggressiveness. Therefore, the noise resistance calculated as an electrochemical evaluation, indicate a correspondence with exposure condition.

INTRODUCCIÓN

La corrosión se presenta solamente en metales, por la tendencia que tienen a volver al estado combinado, que en términos termodinámicos es el estado más estable. Los metales y sus aleaciones están presentes en nuestro entorno y si bien no es posible vigilar y analizar como sucede este proceso en todas las estructuras existentes, si podemos identificar como sucede la corrosión de tipo atmosférica en objetos de valor industrial o cultural con el objeto de prevenir daños mayores o la total destrucción en dichos metales y sus aleaciones.

La corrosión es una de las causas de paros en la producción industrial [1] y del deterioro de obras consideradas como patrimonio cultural expuestas en museos. Por lo que valorar diferentes técnicas para realizar estudios de corrosión nos permite conocer el fenómeno y poder identificar los parámetros que intervienen y poder ofrecer soluciones para disminuir el deterioro por corrosión.

Dentro las técnicas conocidas para estudiar la corrosión, algunas necesitan perturbar el sistema a estudiar [2]. No es el caso para la técnica de Ruido Electroquímico.

TÉCNICA DE RUIDO ELECTROQUIMICO

En los años sesenta se estableció que los sistemas de corrosión electroquímica se podían estudiar a través de las pequeñas variaciones en corriente y en potencial, sin la necesidad de la excitación o perturbación de otras técnicas. Las variaciones de corriente y voltaje proporcionan información sobre lo que sucede en las superficies metálicas, este fenómeno se le denominó "ruido electroquímico" [3-5]. Esta técnica permite estimar la velocidad y los

mecanismos de corrosión mediante la medida y análisis de dichas fluctuaciones de corriente y potencial, y así determinar el tipo de corrosión que se desarrolla sobre la superficie del metal [3,4]. Este proceso de medida no perturba externamente el sistema corrosivo, porque el sistema se mantiene en el potencial natural de corrosión y solo requiere de la medida de corriente (I) entre dos electrodos de trabajos exactamente iguales y de la medida de potencial (E) entre los electrodos de trabajo y un electrodo de referencia.

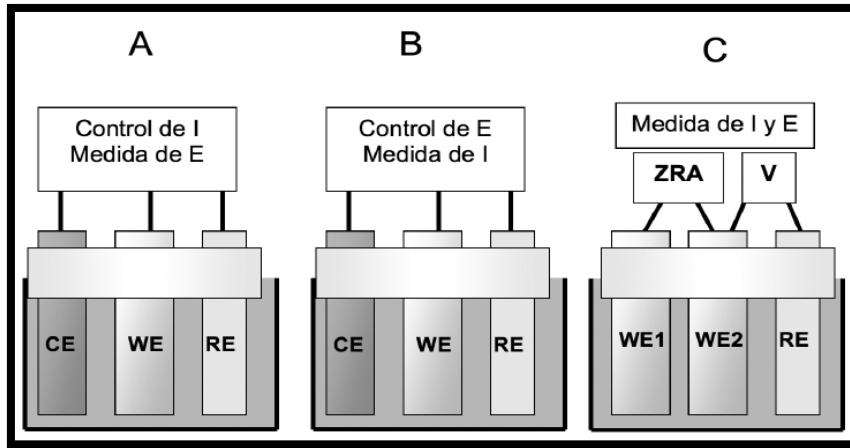


Figura 1.- Configuraciones experimentales para la técnica de ruido electroquímico.

INSTRUMENTACION VIRTUAL PARA LA MEDICIÓN DE RUIDO ELECTROQUÍMICO

En la siguiente figura se observa el diagrama de bloques del sistema de instrumentación virtual para la medición de ruido electroquímico desarrollado.

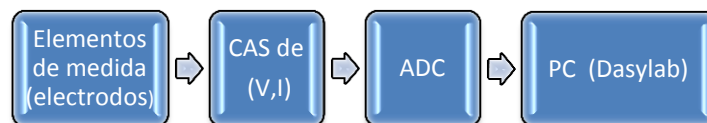


Figura 2.- Diagrama de bloques del Sistema de Instrumentación Virtual

Los elementos de medida consisten en probetas de tres electrodos interdigitados de cobre; un circuito de acondicionamiento de señales (CAS) consistente del amperímetro de cero resistencia (ZRA) y el amplificador de instrumentación para medir las fluctuaciones de corriente y voltaje, respectivamente.

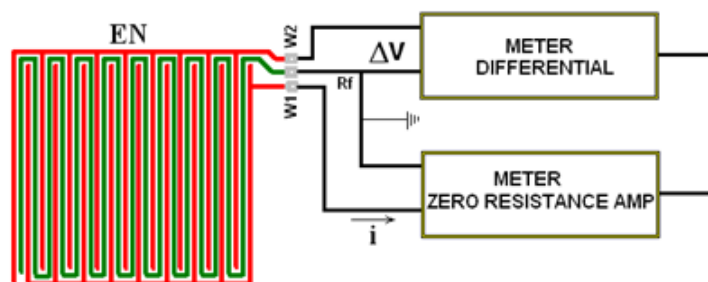


Figura 3.- Técnica de ruido electroquímico con sensores interdigitados

Para el análisis de las señales de ruido electroquímico se requieren medidores que se encuentran en intervalos de mV a μV para el potencial, y de nA a μA para la corriente.

Amplificador de instrumentación con ganancia programable (AD620) el cual amplifica las fluctuaciones de potencial para su análisis.

La resistencia RG determina la ganancia que es calculada por la siguiente fórmula:

$$G = \frac{49.4k\Omega}{R_G} + 1$$

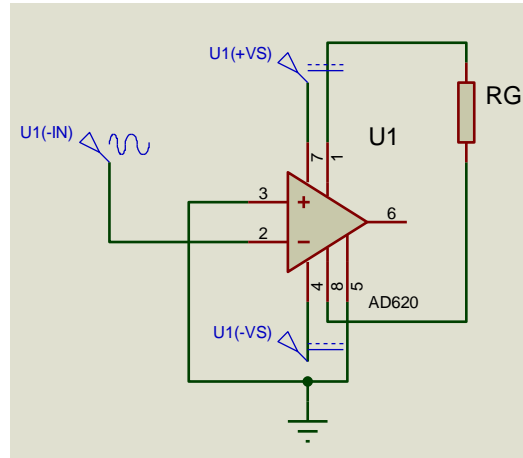


Figura 4.- Amplificador de instrumentación

Para la medición de corriente, se hace uso de un amplificador operacional (OP07) de muy alta impedancia de entrada para poder percibir las pequeñas fluctuaciones. Este instrumento es armado a partir de un amplificador inversor donde se convertirá la corriente en potencial, para luego ser procesada por la PC. La resolución de este instrumento está dado por la resistencia de retroalimentación calculada a partir de la siguiente fórmula:

$$I = -\frac{V_o}{R_f}$$

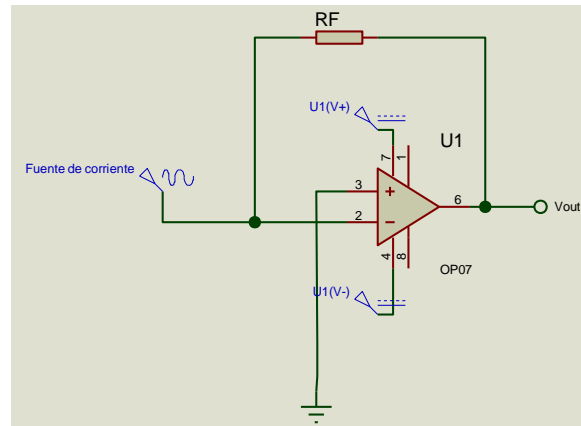


Figura 5.- Circuito de medición de corriente electroquímica

Para la adquisición de datos se emplea el DaqBook/200 y el procesamiento se realiza en una computadora con el programa de control de media y procesamiento desarrollado en DASYLAB.

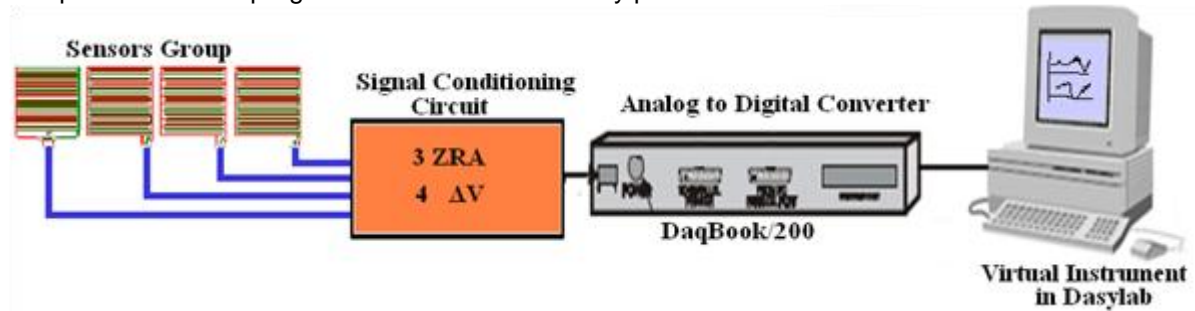


Figura 6.-Instrumento Virtual y Procesamiento de Información

En ruido electroquímico la información se obtiene de las oscilaciones en bajas frecuencias (menores de 10Hz) [4] y la información se procesa por bloques de datos registrados.

La resistencia de corrosión (Rp) se determina mediante la división de la desviación estándar del voltaje entre la desviación estándar de la corriente.

$$R_p = \frac{\sigma_V}{\sigma_I}$$

Para la obtención de un dato de Rp se toman bloques de 1024 datos.

Este algoritmo se implanta dentro del instrumento virtual y los resultados se muestran en las siguientes figuras

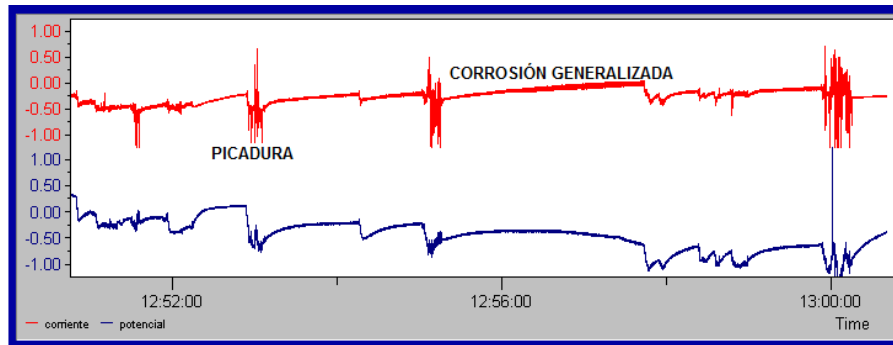


Figura 6.- Respuesta de corriente y voltaje ruido electroquímico.

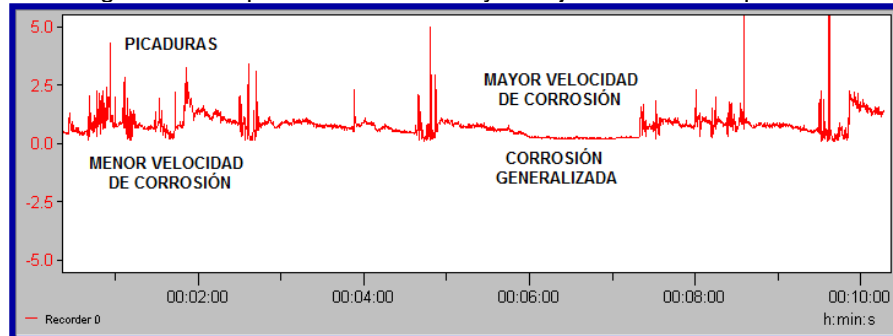


Fig. 6.- Gráfica de Resistencia de Corrosión.

CONCLUSIONES

El sistema realizado tiene la capacidad de detectar el ruido electroquímico en un proceso de corrosión, al obtener las fluctuaciones de corriente y potencial el instrumento virtual nos indica la resistencia de corrosión y la velocidad de corrosión.

El sistema de medición es capaz de detectar nA de corriente y μV de potencial en instantes de tiempo muy pequeños. Las mediciones se van registrando en la base de datos del instrumento virtual (DASYLAB), al igual que se puede observar en la pantalla de la PC. La base de datos es empleada para hacer el análisis de la velocidad de corrosión de los materiales puestos a prueba.

La R_p es una forma de establecer la velocidad de corrosión, ya que a menor resistencia mayor velocidad de corrosión.

La implementación del sistema es sencilla y económica para replicarlo y establecer mediciones en diversos puntos para establecer patrones de agresividad como pueden ser industrias o museos.

Este sistema desarrollado se puede utilizar para realizar mediciones de velocidad de corrosión en de tiempo real, sin supervisión y así establecer la agresividad del medio de acuerdo con los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- 1.-J. Avila, J. Genézca, "Mas allá de la herrumbre" Segunda impresión 1996. Fondo de cultura económica, México, D. F.
- 2.- A. Trapanotto; S. Gwirc; D. Brengi. "Medidor de corrosión inteligente", Instituto Nacional de Tecnología Industrial Centro de Investigación en Tecnología Electrónica e Informática. p. 2.
- 3.- J. M. Malo Tamayo y J. Uruchurtu Chavarín. "La técnica de ruido electroquímico para el estudio de la corrosión", Instituto de Investigaciones Eléctricas, p. 1.
- 4.- Hellmut Sarmiento Klapper, Joachim Goellner, Andreas Heyn, "Utilización de la técnica de ruido electroquímico para la investigación y monitoreo de la corrosión", Ingeniería y Desarrollo, Universidad del Norte. 21: 56-72, 2007, p. 58.
- 5.-D. Rangel, M. Estevez, E. Méndez, S. Vargas, R. Zanella y R. Rodriguez." Determinación del ruido electroquímico para pruebas de corrosión en cámara salina", centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada.

- 6.- José María Drake Moyano, "INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES", (5º Curso Ingeniería de Telecomunicación). Dpto. de Electrónica y Computadores Santander, 2005, p. 1.
- 7.- A. María Montoya, P. Ramírez Nieto, M. C. Álvarez, C. Natale, N. Barón, M. Carulla, Conservación de colecciones de arte e historia y arqueología. MANUAL BÁSICO DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA, Bogotá, Septiembre de 2002
- 8.- C. Echeverría, S. Cuello, L. Arango, B. Cantillo, Estudio y control del deterioro en el museo provincial "Palacio de Junco". REVISTA AVANZADA CIENTÍFICA VOL. 5 NO. 3 AÑO 2002.
- 9.- F. Corvo, A. D. Torrens, Y. Martín, E. González, J. Pérez, C. Valdés, A. Castañeda y C. Portilla., Corrosión atmosférica del acero en interiores. Sus particularidades en el clima tropical de Cuba. REVISTA DE METALURGIA, 44 (2) MARZO-ABRIL, 129-137, 2008.
- 10.- F. Chandía C., S. Hernández H., Corrosión del hierro en distintos tipos de aguas: una propuesta experimental. CIENCIA AHORA, Nº 24, AÑO 12, JULIO A DICIEMBRE 2009 52.
- 11.- M.A. Escobar, X. Hernández G., A. Ramírez, A. Zehe, Ensayo de un sensor electroquímico usando el principio FET como transductor. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA DE LA BUAP, PROYECTO ESTUDIANTIL INSTITUCIONAL 'JÓVENES CREATIVOS', FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA BUAP, BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA, 72000 PUEBLA, MÉXICO, 2002.
- 12.- M.T. Cortés, T.F. Otero, M.A. Méndez, M. F. Suárez, M. Díaz, E. Vera, Desarrollo de sensores electroquímicos. REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA, VOL. 38, No. 4, 2006

“SOLUCIÓN APLICANDO CÁLCULO FRACCIONARIO DE LA ECUACIÓN DEL OSCILADOR MECANICO Y SU DUAL ELÉCTRICO”

F. Gómez-Aguilar^{1,*}, J. Rosales-García², J. Bernal-Alvarado¹, M. Guía-Calderón², R. Guzmán-Cabrera².

¹Departamento de Ingeniería Física, DCI, Universidad de Guanajuato, campus León. Loma del Bosque No. 103 Col. Lomas del Campestre, 37150. León, Guanajuato. México. Tel: +52 (477) 788-5100 Fax: +52 (477) 788-5107 y +52 (477) 788-5100 ext. 8449.

²Departamento de Ingeniería Eléctrica, DICIS, Universidad de Guanajuato, campus Irapuato-Salamanca. Carretera Salamanca-Valle de Santiago Km 3.5+1.8 Km Comunidad de Palo Blanco, 36885. Salamanca, Gto. Tel. (464) 647 99 40. Fax 2311.

Correos electronicos: ^{1,*}jfga@fisica.ugto.mx, ²rosales@salamanca.ugto.mx, ¹bernal@fisica.ugto.mx, ²guia@salamanca.ugto.mx, ²guzmanc81@hotmail.com.

Resumen: En esta contribución se propone una nueva ecuación diferencial fraccionaria que describe las oscilaciones mecánicas de un sistema simple y su dual eléctrico. En particular, se analiza el comportamiento de los sistemas masa-resorte, resorte-amortiguador y los duales LC y RC. El orden de las derivadas es $0 < \gamma \leq 1$. Manteniendo la consistencia con la ecuación física un nuevo parámetro σ es introducido. Este parámetro caracteriza la existencia de componentes fraccionarias en el sistema y depende del sistema bajo consideración. La relación entre el orden de la derivada fraccionaria γ y el nuevo parámetro σ es mostrada. Debido a esta relación, la solución analítica esta dada en términos de la función de Mittag-Leffler la cual depende solo del orden fraccionario γ de la ecuación diferencial fraccionaria, sin perder la dimensionalidad de los parámetros físicos del sistema. Los casos clásicos son recuperados en el limite cuando $\gamma=1$.

Abstract: In this contribution, we propose a new fractional differential equation to describe the mechanical oscillations of a simple system and electrical dual. In particular, we analyze the systems behavior of a mass-spring, spring-damped and dual LC and RC. The order of the derivatives is $0 < \gamma \leq 1$. In order to be consistent with the physical equation the new parameter σ is introduced. This parameter characterizes the existence of fractional components in the system and depends on the system under consideration. A relation between the fractional order time derivative γ and the new parameter σ is found. Due to this relation, the analytical solutions are given in terms of the Mittag-Leffler function depending only on the fractional order γ of the fractional differential equations, without losing the dimensionality of the physical parameters of the systems. The classical cases are recovered by taking the limit when $\gamma=1$.

PALABRAS CLAVE: Cálculo Fraccionario, Teoría de circuitos, Oscilador Mecánico, Circuito LC y RC.

1. INTRODUCCIÓN

El cálculo fraccionario es tan antiguo como el cálculo ordinario, sin embargo no es tan popular en la ciencia ni en la ingeniería como el ordinario. La peculiaridad del cálculo fraccionario radica en que las derivadas e integrales fraccionarias tienen propiedades no locales, por lo que considera la historia y los efectos no locales distribuidos de cualquier sistema físico. Por ésta propiedad tan peculiar, se espera que el cálculo fraccionario pueda proporcionar información más exacta de la naturaleza.

Las aplicaciones del cálculo fraccionario al desarrollo científico y problemas de ingeniería han crecido considerablemente en los últimos años [1]-[2]. El reciente interés por el cálculo fraccionario y en particular por las ecuaciones diferenciales fraccionarias, se ve estimulado por las aplicaciones en varias áreas de la física, química, biología e ingeniería, [3]-[10]. Sin embargo, la derivación de estas ecuaciones de algunas leyes fundamentales no es una tarea fácil. El operador fraccionario refleja procesos disipativos intrínsecos de la naturaleza, los cuales son complicados de interpretar. Su relación teórica con el cálculo fraccionario aún no es del todo comprendida.

Para analizar el comportamiento dinámico de un sistema fraccionario se necesita relacionar una definición adecuada de la derivada fraccionaria asociada a una representación en el dominio del tiempo o de la frecuencia.

En este trabajo se va a usar la definición de derivada fraccionaria de Caputo [11], dada por:

$${}_0^C D_t^\gamma f(t) = \frac{1}{\Gamma(n-\gamma)} \int_0^t \frac{f^{(n)}(\tau)}{(t-\tau)^{\gamma+1-n}} d\tau, \quad (1)$$

donde $n=1,2,\dots \in \mathbb{N}$ y $n-1 < \gamma \leq n$. Una de las principales ventajas de la derivada de Caputo es que las condiciones iniciales para las ecuaciones diferenciales fraccionarias están dadas de la misma manera que en el cálculo ordinario con una interpretación física conocida. Este hecho es importante desde el punto de vista práctico. Para ser consistente con la notación de operador derivada fraccionaria, se debe escribir $\frac{d^\gamma}{dt^\gamma} \equiv {}_0^C D_t^\gamma$ en (1).

La transformada de Laplace de la derivada fraccionaria de Caputo (1) está dada por

$$L\left\{{}_0^C D_t^\gamma f(t)\right\} = s^\gamma F(s) - \sum_{k=0}^{m-1} s^{\gamma-k-1} f^{(k)}(0). \quad (2)$$

Esta es una generalización de la correspondiente fórmula para la transformada de Laplace de la derivada de orden n $f^{(n)}(t)$ y puede ser usada para resolver ecuaciones diferenciales fraccionarias con condiciones iniciales [11].

La transformada inversa para $0 < \gamma \leq 1$ requiere la introducción de una función especial. La función de Mittag-Leffler, la cual está definida como

$$E_{a,b}(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{t^m}{\Gamma(am+b)}, \quad (a,b > 0) \quad (3)$$

si $a=1, b=1$, sustituyendo en (3), se obtiene la expresión

$$E_{1,1}(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{t^m}{\Gamma(m+1)} = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{t^m}{m!} = e^t. \quad (4)$$

Por lo tanto, la función de Mittag-Leffler incluye la función exponencial como un caso especial.

2. METODOLOGÍA

Los osciladores fraccionarios han sido estudiados en [12]-[14]. La aportación de este trabajo radica en el detalle con el cual se construyen las derivadas de orden fraccionario y la consistencia física en las unidades, para ello, primero se cambiara el operador de derivada de orden entero a uno de orden fraccionario, tal y como sigue

$$\frac{d}{dt} \rightarrow \frac{d^\gamma}{dt^\gamma}, \quad n-1 < \gamma \leq n \quad (5)$$

donde γ es un parámetro arbitrario que representa la derivada temporal fraccionaria, y en el caso $\gamma=1$ se transforma en derivada ordinaria. Sin embargo, el operador derivada ordinaria tiene dimensiones de segundo inverso s^{-1} , entonces de (5), la expresión

$$\left[\frac{d^\gamma}{dt^\gamma} \right] = \frac{1}{s^\gamma}, \quad (6)$$

no es una derivada temporal (entera), debido a que las dimensiones son, $s^{-\gamma}$. Para ser consistentes con la dimensionalidad, se introduce un parámetro, σ , de la siguiente manera

$$\left[\frac{1}{\sigma^{1-\gamma}} \frac{d^\gamma}{dt^\gamma} \right] = \frac{1}{s}, \quad n-1 < \gamma \leq n \quad (7)$$

tal que cuando $\gamma=1$ la expresión (7) se transforme en derivada ordinaria. Esto se cumple si el parámetro, σ , tiene dimensiones de segundos, $[\sigma]=s$. Por consiguiente, se puede cambiar el operador derivada ordinaria por el operador derivada fraccionaria de la siguiente manera

$$\frac{d}{dt} \rightarrow \frac{1}{\sigma^{1-\gamma}} \frac{d^\gamma}{dt^\gamma}, \quad n-1 < \gamma \leq n \quad (8)$$

donde n es entero. Estas dos expresiones representan derivadas temporales, ya que sus dimensiones son segundos inversos. El parámetro, σ , caracteriza las componentes fraccionarias del operador fraccionario.

En la siguiente sección se realiza la descripción del oscilador mecánico fraccionario y se aplicaran las fórmulas fraccionarias obtenidas a la generalización de este circuito.

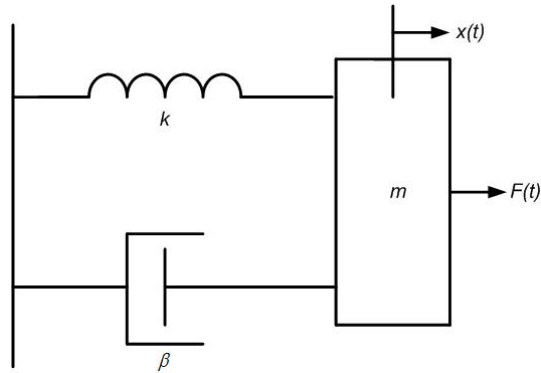


Figura 1. Oscilador Universal.

Ahora, se escribe la ecuación diferencial fraccionaria correspondiente al sistema mecánico de la Figura 1 de la siguiente forma

$$\frac{m}{\sigma^{2(1-\gamma)}} \frac{d^{2\gamma} x(t)}{dt^{2\gamma}} + \frac{\beta}{\sigma^{(1-\gamma)}} \frac{d^\gamma x(t)}{dt^\gamma} + kx(t) = 0, \quad 0 < \gamma \leq 1 \quad (9)$$

donde m es la masa, medida en Kg, β es el coeficiente de amortiguamiento medido en $\frac{N \cdot seg}{m}$

y k es la constante del resorte, medida en $\frac{N}{m}$. De la ecuación (9) se obtienen los casos

particulares:
Cuando $\beta=0$

$$\frac{m}{\sigma^{2(1-\gamma)}} \frac{d^{2\gamma} x(t)}{dt^{2\gamma}} + kx(t) = 0, \quad 0 < \gamma \leq 1 \quad (10)$$

y cuando $m=0$

$$\frac{\beta}{\sigma^{(1-\gamma)}} \frac{d^\gamma x(t)}{dt^\gamma} + kx(t) = 0, \quad 0 < \gamma \leq 1 \quad (11)$$

la ecuación (6) puede ser escrita como

$$\frac{d^{2\gamma} x(t)}{dt^{2\gamma}} + \omega^2 x(t) = 0, \quad 0 < \gamma \leq 1 \quad (12)$$

donde

$$\omega^2 = \frac{k\sigma^{2(1-\gamma)}}{m} = \omega_0^2 \sigma^{2(1-\gamma)}, \quad (13)$$

es la frecuencia angular para diferentes valores de γ y $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ es la frecuencia fundamental del sistema (cuando $\gamma=1$). La solución para la ecuación (12) esta dada por

$$x(t) = x_0 E_{2\gamma} \{-\omega^2 t^{2\gamma}\}, \quad (14)$$

donde

$$E_{2\gamma} \{-\omega^2 t^{2\gamma}\} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\omega^2 t^{2\gamma})^n}{\Gamma(2\gamma n + 1)}, \quad (15)$$

es la función de Mittag-Leffler y $x(0)=x_0$.

En el caso $\gamma=1$, de (13), se tiene que $\omega^2 = \omega_0^2 = \frac{k}{m}$, y (14) se transforma en un coseno hiperbólico

$$E_{2\gamma} \left\{ -\frac{k}{m} t^2 \right\} = ch \left(\sqrt{-\frac{k}{m}} t \right) = ch \left(i \sqrt{\frac{k}{m}} t \right) = ch(i\omega_0 t) = \cos(\omega_0 t). \quad (16)$$

El parámetro γ , caracteriza la derivada de orden fraccionaria y esta relacionada con el parámetro σ , el cual caracteriza la existencia, el sistema, de excitaciones fractales. Por ejemplo, para el sistema descrito por la ecuación fraccionaria (10), se puede escribir la relación

$$\gamma = \frac{\sigma}{\sqrt{\frac{m}{k}}} = \sigma \omega_0, \quad 0 < \sigma \leq \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (17)$$

Entonces, la magnitud $\delta = 1 - \gamma$ caracteriza la presencia de estructuras fractales en el sistema. Si $\gamma = 1$, entonces se tiene $\sigma^2 = 1/\omega_0$ y por consiguiente $\delta = 0$, lo cual quiere decir que en el sistema no existen estructuras fractales. Sin embargo, en el intervalo $0 < \gamma < 1$, δ tiende a la unidad, debido a que en el sistema se presentan excitaciones fractales. Tomando en cuenta la expresión (17), la solución (14) de la ecuación (10) puede ser escrita en términos de γ como

$$x(\tilde{t}) = x_0 E_{2\gamma} \left\{ -\gamma^{2(1-\gamma)} \tilde{t}^{2\gamma} \right\}, \quad (18)$$

donde $\tilde{t} = t\omega_0$ es un parámetro sin dimensiones. Las graficas para diferentes valores de γ son mostradas en las Figuras 2 y 3.

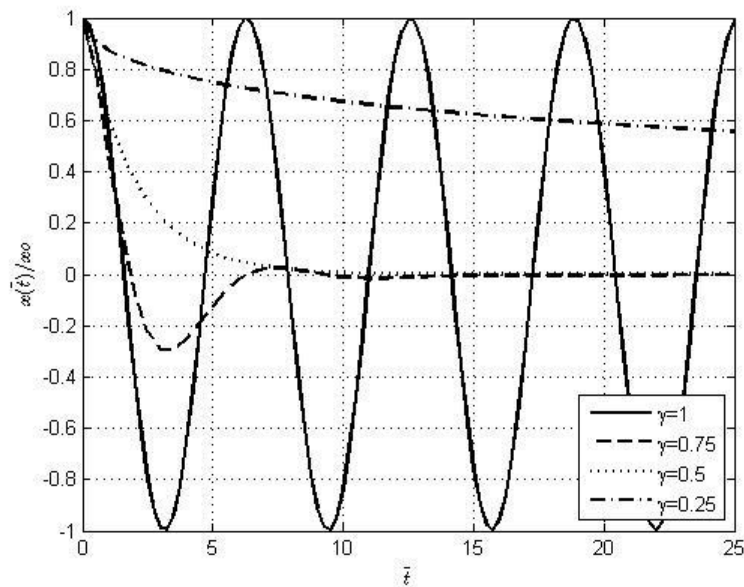


Figura 2. Sistema Masa-Resorte, $\gamma=1$, $\gamma=0.75$, $\gamma=0.5$ y $\gamma=0.25$.

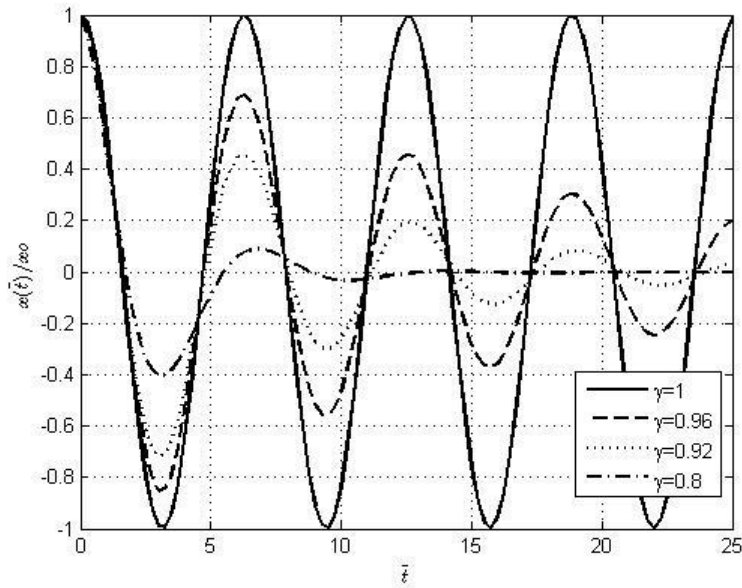


Figura 3. Sistema Masa-Resorte, $\gamma=1$, $\gamma=0.96$, $\gamma=0.92$ y $\gamma=0.8$.

La solución de la ecuación (11) esta dada por

$$\tilde{x}(t) = \tilde{x}_0 E_\gamma \left\{ -\frac{k\sigma^{(1-\gamma)}}{\beta} t^\gamma \right\}, \quad (19)$$

para el caso $\gamma=1$, la expresión (19) se convierte en

$$\tilde{x}(t) = \tilde{x}_0 e^{-\frac{k}{\beta}t}, \quad (20)$$

la cual es la solución conocida para la ecuación diferencial de orden entero (11). En este caso la relación entre γ y σ esta dada por

$$\gamma = \frac{k}{\beta} \sigma, \quad 0 < \sigma \leq \frac{k}{\beta}. \quad (21)$$

La solución (19) de la ecuación fraccionaria (11), relacionando (21) puede ser escrita como

$$\tilde{x}(\tilde{t}) = \tilde{x}_0 E_\gamma \left\{ -\gamma^{(1-\gamma)} \tilde{t}^\gamma \right\}, \quad (22)$$

donde $\tilde{t} = \frac{k}{\beta}t$, es un parámetro sin dimensiones. Las Figuras 4 y 5 muestran la solución de (22) para diferentes valores de γ .

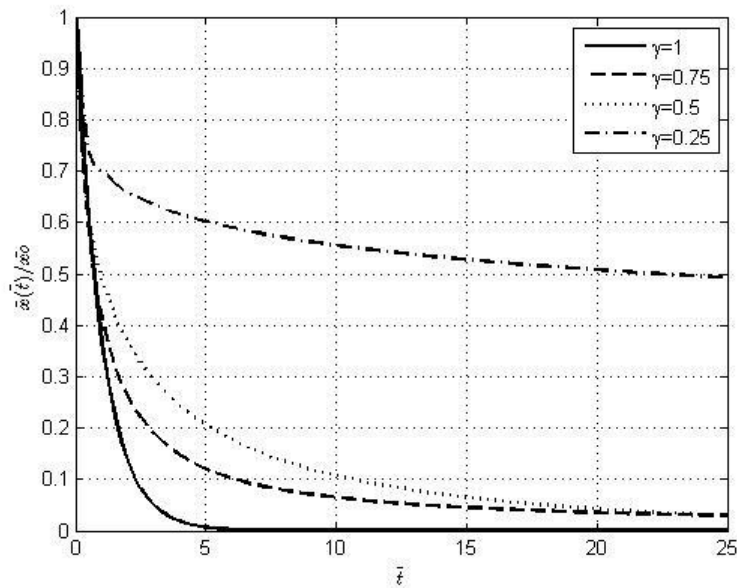


Figura 4. Sistema Amortiguador-Resorte, $\gamma=1$, $\gamma=0.75$, $\gamma=0.5$ y $\gamma=0.25$.

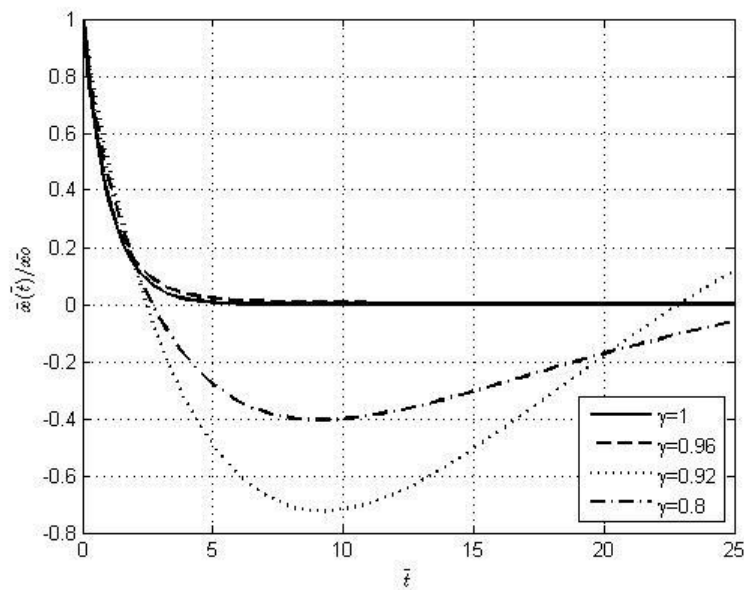


Figura 5. Sistema Amortiguador-Resorte, $\gamma=1$, $\gamma=0.96$, $\gamma=0.92$ y $\gamma=0.8$.

De las Figuras 2, 3, 4 y 5 se puede observar que el parámetro γ cambia las propiedades físicas del sistema.

En cuanto al dual eléctrico correspondiente, Figura 6, se tiene que la ecuación resultante es

$$\frac{L}{\sigma^{2(1-\gamma)}} \frac{d^{2\gamma} q(t)}{dt^{2\gamma}} + \frac{R}{\sigma^{(1-\gamma)}} \frac{d^\gamma q(t)}{dt^\gamma} + \frac{q(t)}{C} = 0, \quad 0 < \gamma \leq 1 \quad (23)$$

donde L es la inductancia, medida en Henrys, R es la resistencia medida en Ohms y C es la capacitancia, medida en Faradios. De la ecuación (23) se obtienen los casos particulares:

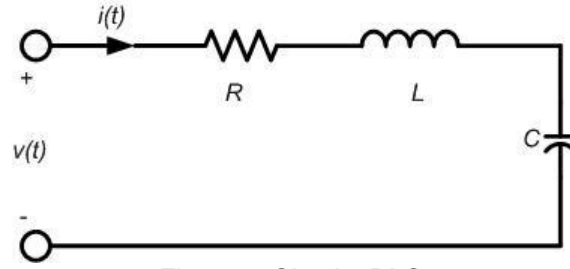


Figura 6. Circuito RLC.

Cuando $R=0$, se obtiene la ecuación fraccionaria del circuito LC.

$$\frac{d^{2\gamma} q(t)}{dt^{2\gamma}} + \frac{\sigma^{2(1-\gamma)}}{LC} q(t) = 0, \quad 0 < \gamma \leq 1 \quad (24)$$

En este caso la relación entre γ y σ (que determina la estructura fractal) esta dada por

$$\gamma = \frac{\sigma}{\sqrt{LC}}, \quad 0 < \sigma \leq \sqrt{LC}. \quad (25)$$

cuya solución

$$q(\tilde{t}) = q_0 E_{2\gamma} \left\{ -\gamma^{2(1-\gamma)} \tilde{t}^{2\gamma} \right\}, \quad (26)$$

donde $\tilde{t} = \frac{t}{(LC)^{1/2}}$ es un parámetro sin dimensiones, es la misma solución que (18),

obteniendo un comportamiento igual al de las Figuras 2 y 3.

En el caso cuando $L=0$, se obtiene la ecuación fraccionaria del circuito RC.

$$\frac{d^\gamma q(t)}{dt^\gamma} + \frac{\sigma^{(1-\gamma)}}{RC} q(t) = 0, \quad 0 < \gamma \leq 1 \quad (27)$$

En este caso la relación entre γ y σ (que determina la estructura fractal) esta dada por

$$\gamma = \frac{\sigma}{RC}, \quad 0 < \sigma \leq RC. \quad (28)$$

cuya solución

$$\tilde{q}(\tilde{t}) = \tilde{q}_0 E_\gamma \left\{ -\gamma^{(1-\gamma)} \tilde{t}^\gamma \right\}, \quad (29)$$

donde $\tilde{t} = \frac{t}{RC}$ es un parámetro sin dimensiones, es la misma solución que (22), obteniendo

un comportamiento igual al de las Figuras 4 y 5.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se estudió el comportamiento del oscilador mecánico y su dual eléctrico desde el punto de vista del cálculo fraccionario. Para tener una relación física consistente, se introdujo un parámetro arbitrario σ que representa la fractalidad del tiempo. Se introdujo la noción de constante de tiempo fraccionaria, la cual tiene una estrecha relación con el orden de la derivada. Además, se encontró una relación entre el parámetro γ , que representa el orden de la derivada temporal fraccionaria con el parámetro σ , el cual caracteriza la presencia de componentes fraccionarias temporales (fluctuaciones temporales) en el sistema. Las ecuaciones propuestas describen un comportamiento universal de los sistemas oscilantes (18), (22), (26) y (29), caracterizando la existencia de estructuras fractales en el sistema.

4. CONCLUSIÓN

El estudio de circuitos mecánicos y eléctricos de orden fraccionario y sus implicaciones tecnológicas es, definitivamente, un área emergente de la investigación interdisciplinaria. Cabe

hacer notar que el conocimiento del cálculo fraccionario y sus diversas técnicas está muy difundido entre los bioquímicos, la teoría de control y el procesamiento de señales, mientras que en la teoría de circuitos y aplicaciones de circuitos los avances son pocos. El modelado de elementos de circuitos mecánicos y eléctricos, mediante diferenciales de orden fraccionario, y su inclusión en el análisis de circuitos permitirá comprender mejor el comportamiento de estos elementos los cuales, hasta ahora, se han venido modelando mediante ecuaciones diferenciales de orden entero. Es cierto que los resultados son aceptables pero existen varios fenómenos que no es posible comprender del todo bien. Una vez comprendido el funcionamiento de los elementos de orden fraccionario, lo que sigue es el diseño, empleando nuevos materiales y geometrías, su simulación y la fabricación de tales elementos con un orden fraccionario específico. Todo esto permitirá diseñar circuitos eléctricos con características dinámicas más precisas y más adecuadas a la aplicación particular de que se trate.

Por otro lado, es posible tener un mejor estudio sobre el comportamiento transitorio y abre las puertas a la creación de mecanismos que permitan la predicción de fallas en equipo eléctrico y al estudio de la forma en que evolucionan las probabilidades de falla en equipo eléctrico.

Esperamos que esta forma de tratar con ecuaciones diferenciales de orden fraccionario ayude a una mejor comprensión del comportamiento de los sistemas de orden fraccionario.

5. RECONOCIMIENTOS

José Francisco Gómez Aguilar agradece el apoyo brindado por el CONACYT mediante la beca doctoral asignada y al PROMEP bajo el Grant: UGTO-CA-27.

6. REFERENCIAS

- [1] D. Cafagna, Past and present—fractional calculus: a mathematical tool from the past for present engineers, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 1, no. 2, pp. 35–40, 2007.
- [2] J. A. T. Machado, A probabilistic interpretation of the fractional-order differentiation. *Fractional Calculus and applied Analysis*, vol. 6, no. 1, pp. 73–80, 2003.
- [3] Bisquert J. (2003). *Phys. Rev. Lett.* 91, 010602.
- [4] Boldyrev S., Gwinn C.R., (2003). *Phys. Rev. Lett.* 91(131101).
- [5] Chechkin A.V., Gonchar V.Y., Szydlowsky M. (2002). *Phys. Plasma* 9(78).
- [6] Lacasta A.M., Sancho J.M., Romero A.H., Sokolov I.M., Lindenberg K., (2004). *Phys. Rev. E* 70(051104).
- [7] Mainardi F. (1997), in *Fractals and Fractional Calculus in Continuum Mechanics*, Edited by A. Carpinteri, F. Mainardi (Springer-Verlag, New York), 291-348.
- [8] Seredynska M., Hanyga A., (2000). *J. Math. Phys.* 41(2135).
- [9] Stanislavsky A.A., (2004). *JETP* 98(705).
- [10] Tarasov V.E., Zaslavsky G.M., (2005). *Physica A* 354(249).
- [11] Podlubny I., (1994). *The Laplace transform method for linear differential equations of the fractional order*. Tech. Rep., Slovak Academy of Sciences, Institute of Experimental Physics.
- [12] B.N. Narahari Achar, J.W. Hanneken, T. Enck, T. Clarke, Dynamics of the Fractional Oscillator. *Physica A* 279, pag. 361-367, (2001).
- [13] A.A. Stanislavsky, Fractional Oscillator, *Physical Review E*, Vol. 70, pag. 051103-1, 051103-6, (2004).
- [14] Ya. E. Ryabov and A. Puzenko, Damped oscillations in view of the fractional oscillator equation, *Phys. Rev. B* 66, pag. 184201-1, 184201-8, (2002).

DETECTOR DE PRESENCIA DE VEHÍCULOS CON MAGNETORRESISTENCIAS

Ernesto Sifuentes de la Hoya, Lidia H. Rascón Madrigal, Juan de Dios Cota Ruiz,
Arnulfo Castro Vásquez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación
Av. del Charro 450 nte. Cd. Juárez, Chihuahua.
(656)-688-48-41
esifuent@uaci.mx

RESUMEN

Un detector de vehículos en un sistema inteligente de control de tráfico debe funcionar libre de mantenimiento durante varios años, ser compacto, fácil de instalar, de bajo costo, bajo consumo de energía y robusto a factores climáticos. Los detectores actuales basados en la espira inductiva, sensores de ultrasonidos e infrarrojos no cumplen con esos requisitos, sobre todo en aplicaciones a gran escala al aire libre. Por lo tanto, es necesaria la implementación de alternativas que tengan mejores prestaciones que un detector actual. Este artículo presenta la metodología para implementar un detector de vehículos estáticos compacto, de fácil instalación, bajo costo y bajo consumo de energía, con mayor robustez a factores ambientales, autonomía y fiabilidad que las soluciones actuales. El detector se implementó con sensores magnetorresistivos, un circuito de interfaz digital directa (puente sensor resistivo-microcontrolador), la aplicación de estrategias de gestión de energía y la implementación de algoritmos de detección simples.

ABSTRACT

A vehicle detector intended for an Intelligent Traffic Systems should be small, sturdy, low power, cost-effective, and easy to install and maintain. Currently available vehicle detector systems based on inductive loops, ultrasound, infrared or magnetic sensors do not fulfill the requirements above, which has led to the search for alternative systems. This paper presents a magnetic vehicle detector that include a magnetic sensor based on magnetoresistors, a direct interface circuit and low power strategies which results in a simple, compact and very low power vehicle detector.

1. INTRODUCCIÓN

Debido al gran incremento de automóviles durante las pasadas décadas y al insuficiente número de plazas de estacionamiento, la búsqueda de estacionamiento se ha vuelto grave un problema. Esto depende en gran parte por la falta de información al usuario sobre la disponibilidad y correcta ubicación de plazas de estacionamiento. Motivo por el cual se han creado los denominados sistemas inteligentes de gestión de estacionamientos SPMS (Smart Parking Management Systems) o control de tráfico ITS (Intelligent Transportation System) cuya función principal es informar a los conductores la disponibilidad de plazas de estacionamiento en tiempo real [2-4].

El detector de vehículos es el elemento más importante de cualquier sistema ITS o SPMS. Su función es detectar la presencia o el paso de vehículos y convertirla en parámetros de tráfico (presencia, clasificación, dirección, conteo, velocidad de vehículos, etc.) en tiempo real [1].

Típicamente, la información recopilada por el detector se envía a la unidad de control para informar al conductor por medio de señales de tránsito, pantallas LCD, Internet o dispositivos de comunicación personal [1,2], el estado actual de tráfico y el número de plazas disponibles en un determinado estacionamiento.

El detector más utilizado desde hace más de 4 décadas es la espira inductiva. Algunas alternativas a éste utilizan sensores magnéticos, ultrasonidos, radar, infrarrojos, cable piezoeléctrico, tubo neumático e imágenes de video [1,6]. Sin embargo, su diseño se ha enfocado principalmente a detectar vehículos en movimiento. Para detectar estáticos se utilizan sensores magnéticos, ultrasonidos o infrarrojos. En general, se considera que los detectores actuales tienen un costo de instalación, consumo de energía y gastos de mantenimiento excesivos para implementar una red cableada o inalámbrica de detectores de vehículos, sobre todo en aplicaciones a gran escala al aire libre. Un detector de vehículos debe funcionar libre de mantenimiento durante varios años y, entre otras características, debe ser compacto, fácil de instalar, de bajo coste, bajo consumo de energía, y robusto a factores climáticos. Por tanto, es necesaria la implementación de alternativas que tengan mejores prestaciones que un detector actual.

Recientemente, los sensores magnetorresistivos se han utilizado para detectar vehículos en movimiento [7, 8] porque son compactos, tienen alta sensibilidad para medir variaciones en el campo magnético terrestre, pueden ir encima del pavimento, no necesitan lentes (como los sensores ópticos o las cámaras de video) y son más robustos a factores climáticos como lluvia, niebla, polvo y viento que los sensores basados en cámaras de video, ultrasonidos e infrarrojos. A la fecha, no existe un análisis experimental sobre la implementación de estos sistemas en la detección de vehículos estáticos. Además, en esas soluciones se emplean interfaces de acondicionamiento de señal basadas en amplitud de voltaje o corriente y, por tanto, son de mayor consumo de energía que la interfaz directa sensor magnetorresistivo-microcontrolador [9-11].

Este artículo presenta el diseño y la implementación de un detector de presencia de vehículos estáticos. El objetivo es demostrar que mediante magnetorresistencias, el uso y la caracterización de circuitos simples de interfaz de acondicionamiento de señal [10,11] y el diseño de algoritmos de detección muy simples, es posible implementar un detector de vehículos compacto, de fácil instalación, bajo costo y bajo consumo de energía y, por tanto, con mayor robustez a factores ambientales, autonomía y fiabilidad que las soluciones actuales. El sistema propuesto sirve para implementar una red cableada o inalámbrica de detectores como parte integral en la infraestructura de un sistema de control inteligente de tráfico o un sistema inteligente de gestión de estacionamientos.

2. METODOLOGIA PARA DETECTAR UN VEHICULO

El campo magnético de la Tierra induce en cualquier objeto ferromagnético un dipolo magnético cuya intensidad va en relación directa con las dimensiones y características magnéticas (susceptibilidad y permeabilidad) del objeto. Esta magnetización inducida resulta de la intersección del objeto con las líneas de flujo del campo magnético terrestre “concentrándolas” y, además, se considera que esta magnetización es paralela al campo magnético terrestre.

2.1 Modelado con el método de elementos finitos

Un vehículo crea una perturbación local (respuesta magnética) que puede ser detectable en un área cercana al vehículo y modelada por composición de uno o varios dipolos magnéticos. Sin embargo, en una situación práctica, ciertos detalles físicos que no se consideren en los modelos pueden influir en la respuesta magnética esperada. Algunos detalles son: tamaño, forma y material de cada una de las partes magnéticas del vehículo (consideradas como dipolos puntuales), los cuales pueden diferir mucho de un vehículo a otro. El comportamiento magnético de un objeto con forma geométrica compleja no puede ser descrito de una forma analítica simple. Sin embargo, su comportamiento puede ser analizado utilizando el método de elementos finitos. Este método consiste en dividir al volumen de interés en pequeños elementos llamados “elemento finito”. Por ejemplo, la superficie a evaluar se divide en triángulos, los puntos que definen cada triángulo son nodos y el triángulo es el elemento, la agrupación de esos elementos forma lo que se conoce como el mallado. Dentro de cada elemento, las ecuaciones diferenciales que gobiernan el comportamiento son aproximadas por ecuaciones algebraicas con solución numérica [12].

El problema que se debe resolver aquí es del tipo magneto-estático y por tanto las ecuaciones que lo describen son las ecuaciones de Maxwell en magneto-estática. En [12] se propone un método de solución de estas ecuaciones mediante el método de elementos finitos. El análisis magneto-estático que aquí se presenta se realizó con el software COMSOL Multiphysics (FEMLAB). Se consideró un volumen de $10 \times 6 \times 7$ m que representa el espacio libre que rodea al vehículo. Las partes ferromagnéticas se modelaron como objetos geométricos simples. La tabla I resume los valores utilizados en la simulación.

Tabla I. Valores utilizados para predecir la respuesta magnética de un vehículo con el método de elementos finitos.

Geometría	Dimensiones (m)	Posición (x' , y' , z') (m)	Representa
Esfera y cilindro horizontal	$R = 0.5$	$(-2.5, 0, 0.5)$, $(-2.5, 0, 0.7)$	Eje delantero y motor
Esferoide	$(2.1, 0.5)$	$(0.3, 0, 0.5)$	Centro
Cilindro horizontal	$R = 0.3$	$(2.5, 0, 0.5)$	Eje trasero

2.2 Resultados de la simulación

La figura 1a muestra las líneas de inducción magnética B_z ; se observa la anomalía magnética causada por el vehículo (deformación de las líneas del campo uniforme). La figura 1b muestra un corte transversal del volumen a una distancia de 0.3 m debajo del vehículo (piso donde se colocará el sensor). Se observa la distribución de la respuesta magnética del vehículo a lo largo del eje x. El color rojo (posición superior barra de colores) representa la mayor intensidad de B_z y el color azul intenso (posición inferior barra de colores) representa el valor mínimo que corresponde al valor del campo magnético terrestre. La mayor intensidad se observa en los puntos cercanos a las partes ferromagnéticas: ejes delantero, trasero y la parte central del vehículo. La figura 2 muestra el valor de B_z para 200 puntos de observación en el eje x en un margen de $[-5, 5]$ m y a una distancia en z de 0.3 y 0.5 m (línea transversal de la figura 1a). La forma de onda es similar a la de una línea de dipolos. En ambos casos se obtienen tres picos bien definidos con distinta amplitud, que representan las partes magnéticas consideradas.

Se concluye que es posible detectar la presencia de un vehículo midiendo, a nivel del suelo, debajo de un vehículo variación del campo magnético terrestre. Cuando un vehículo se aproxime al sensor, el valor de inducción magnética medido B_m , se incrementará y cuando el

vehículo se aleje B_m disminuirá de acuerdo al inverso del cubo de la distancia. Conforme el vehículo se aleje se verá como un dipolo, pero cuando el vehículo se aproxime la componente (motor, ejes trasero y delantero) que esté más cercana al sensor, será la que se detecte. Por tanto, cabe esperar que cada vehículo entregue una firma magnética distinta con múltiples picos.

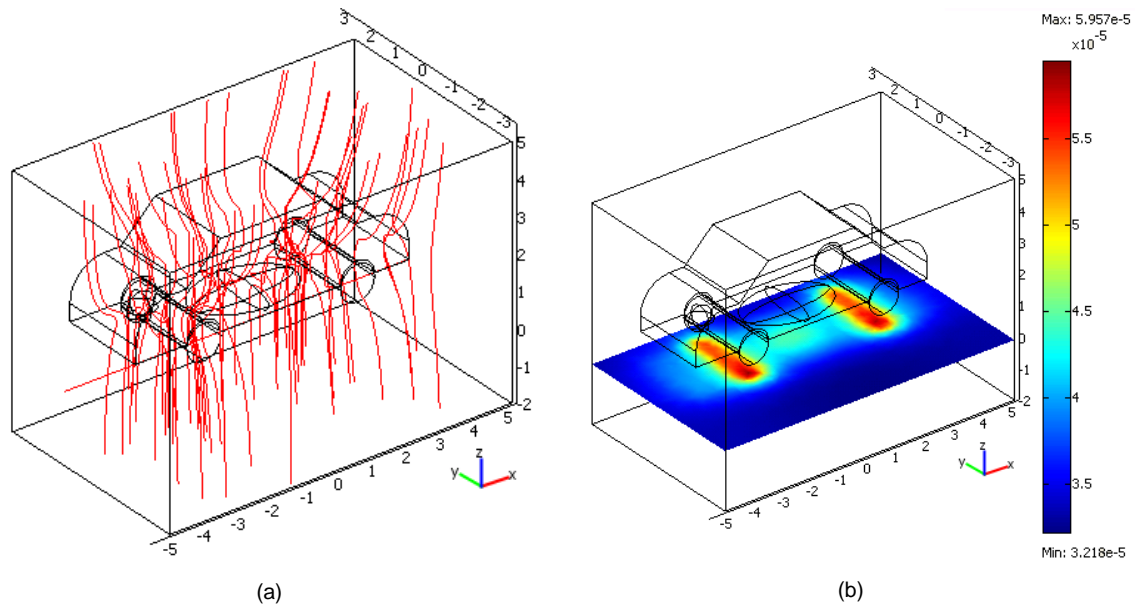


Figura 1. Anomalía magnética en el campo magnético terrestre por la presencia de un vehículo. El vehículo se modela con objetos de hierro.

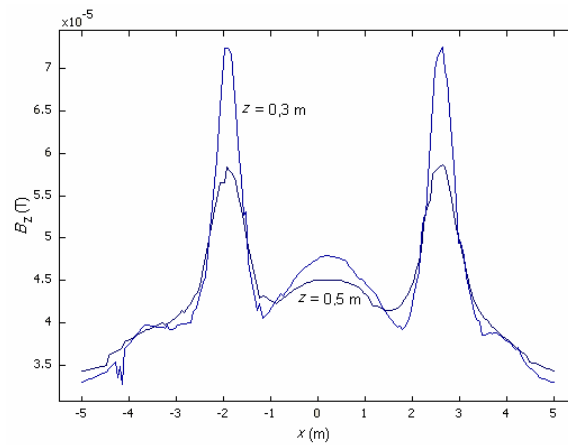


Figura 2. Respuesta magnética de un vehículo, B_z representa el valor de inducción magnética que se obtendría con un magnetómetro (en dirección vertical). El valor del campo magnético Terrestre es $40 \mu\text{T}$ en dirección vertical.

Un vehículo, debido a su contenido de material magnético (hierro, níquel, acero, etc.) en su chasis inferior tiene una permeabilidad magnética mayor al aire que lo rodea. Esto concentra o distorsiona las líneas de flujo del campo magnético terrestre e incrementa la magnitud de \mathbf{B} (densidad de flujo magnética o inducción) dentro y cerca del vehículo. Un sensor magnético debajo de un vehículo puede detectar ese cambio en el campo magnético terrestre debido a la presencia del vehículo. Por tanto, sólo se requiere detectar un cambio en alguna de las componentes del campo magnético terrestre sobre su valor base en el punto de observación. La magnitud de ese cambio permitirá establecer un umbral de comparación mínimo que determine si un vehículo está presente o no. Así, el sistema de medida debe tener suficiente resolución para detectar ese cambio, mas no necesariamente una elevada exactitud.

El campo magnético de la Tierra es uniforme en un área de varios kilómetros, pero su vector de dirección cambia de horizontal en el ecuador a casi vertical en los polos magnéticos. En Ciudad Juárez, Chihuahua, según [13] la componente vertical, $F_V = 40 \mu\text{T}$, es mayor que la horizontal $F_H = 25 \mu\text{T}$ y la intensidad total es $F_T = 47 \mu\text{T}$ para una inclinación de 60° . Así, la componente vertical es la predomina y, por tanto, un magnetómetro con su eje de sensibilidad en dirección vertical (z) puede medir el valor de la componente vertical y detectar un cambio debido a la presencia de un vehículo. La figura 3 muestra una representación gráfica de la metodología propuesta para detectar un vehículo midiendo la componente vertical del campo magnético terrestre B_z .

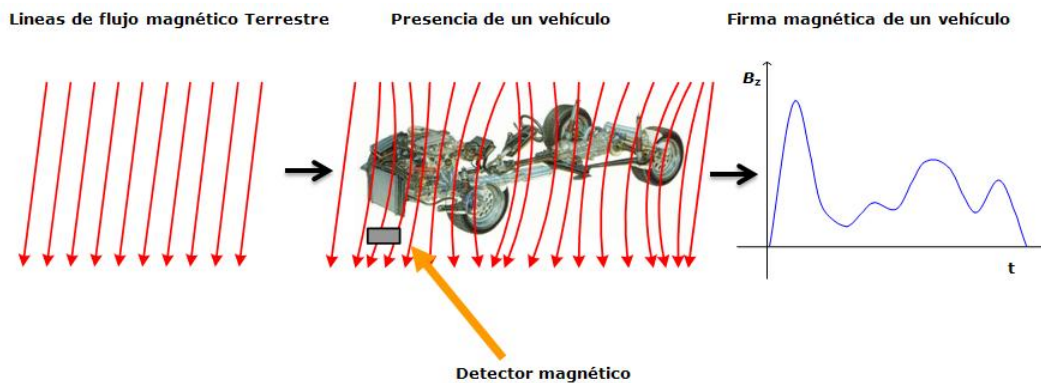


Figura 3. Metodología para detectar la presencia de un vehículo.

3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL DETECTOR DE VEHICULOS

3.1 Arquitectura del detector de vehículos

Un detector de vehículos se compone de cuatro elementos [6]: el sensor para sensar las señales magnéticas generadas por la presencia de un vehículo, la etapa de acondicionamiento de señal, la etapa de procesamiento de señal y la interfaz de comunicación. La figura 4 muestra un diagrama a bloques del detector de vehículos propuesto. Incluye un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía MSP430F123, que tiene 5 modos de bajo consumo, un tiempo de establecimiento menor a $6 \mu\text{s}$ y un sistema de reloj programable. El sensor magnetorresistivo AAH002 (NVE) es compacto, de bajo costo y tecnología GMR (Giant Magnetoresistive), tiene una configuración $\frac{1}{2}$ puente de Wheatstone con valor nominal $R_0 = 2 \text{ k}\Omega (\pm 20\%)$, una sensibilidad de $11 \text{ mV} / \text{V} / \text{G}$ y un amplio rango de temperatura de -50°C a 150°C . Para reducir el consumo de energía, el detector se alimenta a 3 V con una batería de litio TL-5135 que proporciona $20 \mu\text{A}$ a 3.6 V por 10 años (según el fabricante) y un regulador de voltaje TS9011. El consumo del regulador en estado activo es de sólo $1 \mu\text{A}$.

Como interfaz de acondicionamiento de señal se utiliza la conexión directa del puente resistivo a un microcontrolador, tal como se propone en [10,11]. Esto permite en primera instancia, a diferencia de las interfaces basadas en amplitud de voltaje o corriente, obtener un sistema de medida compacto, simple y de bajo costo ya que sólo se requiere el sensor y el microcontrolador. Como interfaz de comunicación se utiliza la RS-232, aunque ésta puede ser fácilmente remplazada por un transceptor RF.

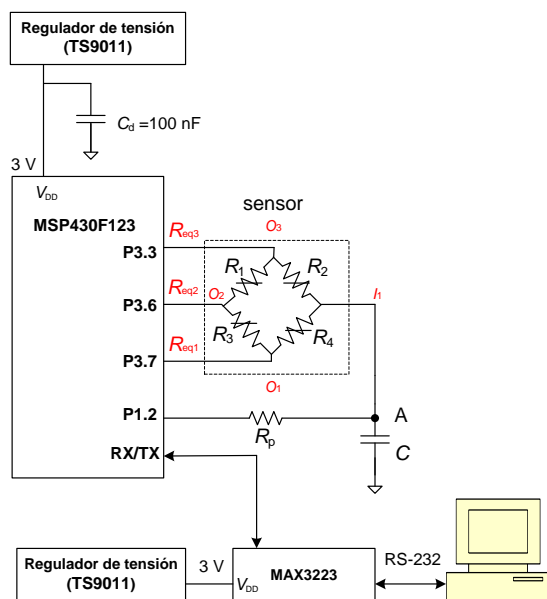


Figura 4. Hardware del detector de vehículos propuesto.

3.2 Método de medida

La inducción magnética se mide aplicando el método de interfaz directa sensor-microcontrolador, propuesto y caracterizado en [11] para puentes de sensores resistivos en distintas configuraciones. Con ese método, a partir del sensor se obtiene una señal modulada en el dominio temporal que se digitaliza directamente con el microcontrolador. El puente se considera como una red con una entrada y tres salidas (texto en rojo figura 4), en lugar de una red de dos puertos como en las interfaces basadas en amplitud de voltaje. El principio de medida consiste en medir el tiempo de descarga de un circuito $R_{eq_i}C$, con el temporizador del microcontrolador. R_{eq_i} es la resistencia equivalente vista desde cada uno de los pines hacia el nodo A. De acuerdo con la figura 4 R_{eq1} , R_{eq2} , y R_{eq3} , respectivamente, son

$$R_{eq1} = \frac{R_4(R_1 + R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \quad (1a)$$

$$R_{eq2} = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \quad (1b)$$

$$R_{eq3} = \frac{R_2(R_1 + R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \quad (1c)$$

Cada medida se realiza en dos etapas: (a) etapa de carga y (b) etapa de descarga y medida de tiempo. En la etapa de carga, P1.2 se configura como salida en estado lógico "1", mientras que P3.3, P3.6 y P3.7 se configuran como entrada ofreciendo un estado de alta impedancia "HZ". Con esta configuración de puertos, el condensador C se carga hacia V_{DD} (tensión de alimentación del microcontrolador) durante un tiempo aproximadamente igual a kR_pC , donde k es el factor necesario de acuerdo con la resolución deseada. R_p forma un filtro pasa-bajo con C, lo cual mejora el rechazo de las interferencias de la fuente de alimentación [14].

En la segunda etapa, P1.2 se configura como entrada que ofrece un estado de alta impedancia "HZ", P3.7 se configura como salida en estado lógico "0", mientras que los puertos P3.3 y P3.6

permanecen en su estado anterior. En ese instante se inicia la descarga de C hacia V_{SS} a través de la resistencia equivalente, R_{eq1} , entre el nodo A y P3.7; éste es el punto de inicio del temporizador del microcontrolador para la medida de tiempo. Cuando la tensión en bornes de C es inferior a V_{TL} (tensión de umbral inferior del disparador Schmitt, ST, de P1.2 del microcontrolador), se genera una interrupción que detiene el temporizador; el valor del temporizador es el equivalente digital del tiempo de descarga. El proceso de medida se realiza una vez más para medir el tiempo de descarga a través de R_{eq2} y R_{eq3} , respectivamente. Para un ciclo completo se realizan tres medidas, tal como se muestra en la figura 5.

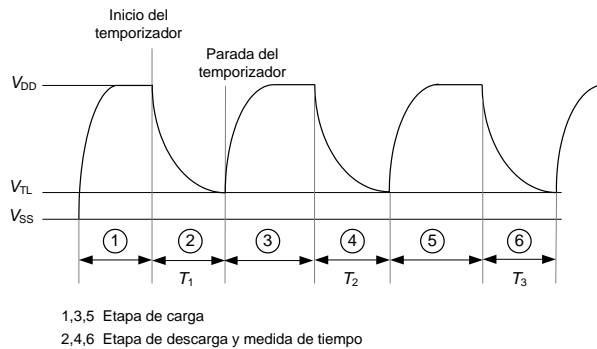


Figura 5. Tensión en bornes de C durante las fases de carga, descarga y medida de tiempo para un ciclo de medida completo.

En condiciones ideales, la tensión en bornes de C durante la fase de descarga es

$$V_c = V_{SS} + (V_{DD} - V_{SS})e^{-t/\tau} \quad (2)$$

donde $\tau = R_{eq}C$. A partir de (2) el tiempo de descarga de C de V_{DD} a V_{TL} es

$$t_i = R_{eq_i} C \ln \frac{V_{DD} - V_{SS}}{V_{TL} - V_{SS}} \quad (3)$$

Si V_{DD} , V_{SS} , C y V_{TL} permanecen constantes en cada medida, entonces t_i es proporcional a R_{eq_i} . El temporizador del microcontrolador convierte el tiempo de descarga t_i en un valor digital T_i , así (3) se puede expresar como

$$T_i = R_{eq_i} C \ln \frac{V_{DD} - V_{SS}}{V_{TL} - V_{SS}} = R_{eq_i} k \quad (4)$$

El objetivo es estimar el valor de x (cambio proporcional de resistencia del puente $x = \Delta R_0/R$). Puesto que ninguno de los tiempos T_i es proporcional a x , se propone un algoritmo que combina los tres tiempos de descarga medidos (T_1 , T_2 y T_3), y que además, es lo suficientemente simple para ser implementado en un microcontrolador. Se propone calcular el cociente (para compensar errores multiplicativos) de una diferencia (para compensar errores aditivos). Por lo tanto, la ecuación basada en tiempo para estimar el valor de x para una configuración de medio puente (sensor AAH002), de acuerdo a [11] es

$$x^* = \frac{2(T_1 - T_3)}{T_2 + T_3 - T_1} \quad (5)$$

Una vez estimado el valor de x se calcula el valor de la inducción magnética B , según la topología (medio puente) del sensor AAH002 a partir de

$$B = \frac{x^*}{(x^* - 2)S} \quad (6)$$

S es la sensibilidad del sensor GMR AAH002.

Para detectar la presencia de vehículos, el detector mide un cambio en B_z sobre el valor de línea base cuando no hay vehículo presente en la zona de detección. En la fase de descarga y medida de tiempo P1.2 (pin de interrupción con modulo captura y Schmitt Trigger embebido) se configura en modo captura con atención en flanco descendente. Se elige $R_p = 120 \Omega$ para tener un tiempo de carga de aproximadamente 1 ms. La constante de tiempo óptima, en términos de tiempo de medida-resolución, se determinó de forma experimental de acuerdo con el procedimiento descrito en [15], este caso es 2-3 ms. Se elige $C = 1 \mu\text{F}$ ($\pm 5\%$) con un coeficiente de temperatura de 100 ppm. Para cada valor de B_z se mide T_1 , T_2 , T_3 que corresponden, respectivamente a R_{eq1} , R_{eq2} , y R_{eq3} . Después, se calcula x^* con (5) y B_z con (6) y su valor se envía a una PC vía RS-232 a una interfaz de usuario desarrollada en LabVIEW®. La interfaz de comunicación serie se implementó con un MAX3223 a 3 V con un regulador independiente para evitar que posibles transitorios en la fuente de alimentación afecten al proceso de medida [15].

2.3 Algoritmo de detección propuesto.

La figura 6 presenta el algoritmo propuesto, para detectar la presencia de un vehículo, el cual fue implementado en el microcontrolador. La idea básica es poner al detector en modo *sleep* y despertarlo en un intervalo de tiempo fijo (2 s en este caso) a través de una interrupción del *watchdog timer* (WDT). Esto es: microcontrolador en LMP4 y el MAX2323 en shutdown. Para determinar la presencia o ausencia de un vehículo, el nodo sensor mide el valor actual de inducción magnética (B_{act}) cada 2 s, según el procedimiento descrito y lo compara con el valor base (B_{ant}), el cual fue previamente establecido durante la instalación del detector en el sitio de interés. Si la diferencia absoluta de B anterior y B actual es mayor que $5 \mu\text{T}$ (valor de umbral obtenido experimentalmente con un magnetómetro comercial: Bartington Mag-01H), entonces existe la posibilidad de un vehículo presente, se activa el MAX2323 y se envía la información al PC; de lo contrario, el detector regresa al modo *sleep* a esperar otro periodo (2 s) de inactividad. Después de detectar un vehículo presente, cuando la diferencia absoluta de B anterior y B actual es menor que $5 \mu\text{T}$, envía la información al PC indicando que el vehículo ya se ha ido, se desactiva el MAX2323 y el detector regresa al modo *sleep*. Este proceso se repite indefinidamente.

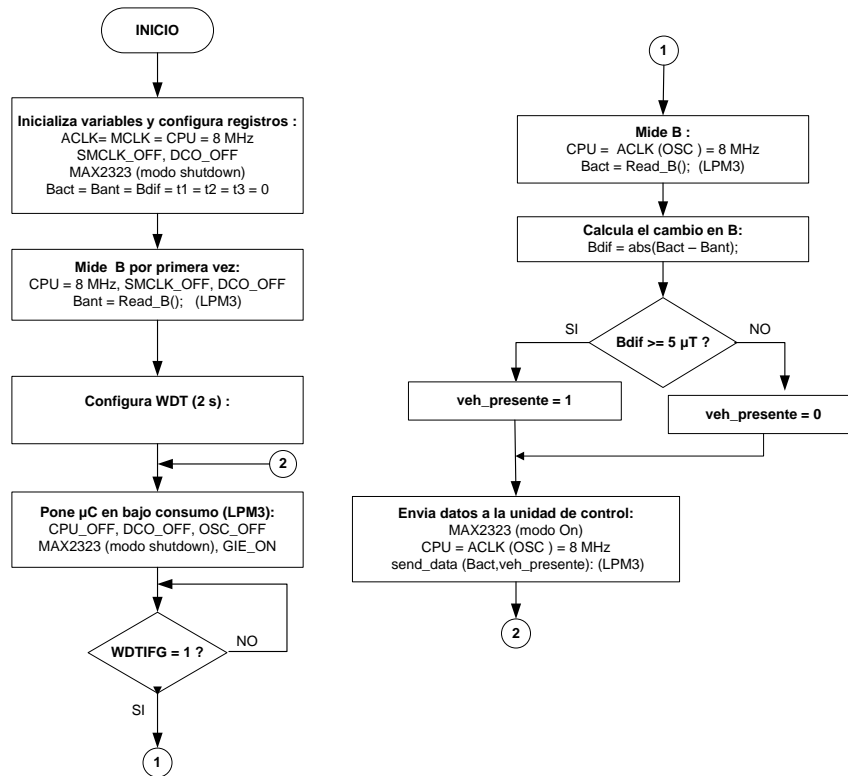


Figura 6. Diagrama de flujo del algoritmo para detectar vehículos.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION

Para validar el funcionamiento del sistema propuesto se realizaron medidas en un estacionamiento al aire libre y con distintos vehículos. El trabajo experimental se dividió en dos fases: (a) una medida de B_z cada 100 ms, y (b) una medida de B_z cada 2 s. En la fase (a) el WDT se configuró para que despertara al microcontrolador cada 70 ms, realizara una lectura de B la enviara a la interfaz gráfica, esto con el fin de estimar la firma magnética del vehículo. En la fase (b) se implementó el algoritmo propuesto (figura 6). En ambos casos el detector se colocó en el centro de un estacionamiento a nivel del piso $z = 0$. El valor de B_z se obtuvo a partir de la lectura de x^* ecuación (5) y posteriormente (6). El vehículo entró y salió de la plaza de aparcamiento tal y como se haría de forma habitual al aparcar un vehículo, la figura 7 muestra una representación gráfica.

La figura 8 muestra los resultados experimentales de la medida de B_z que corresponde a la respuesta magnética de un vehículo entrando y saliendo del aparcamiento. Se realizaron medidas en 4 vehículos: dos compactos (Ford Fiesta y VW Jetta TDI) y dos grandes (Ford Explorer 4x4 y Mercury Villager). Las medidas del Jetta y la Villager se realizaron en la misma plaza de estacionamiento, las del Fiesta y la Explorer en plazas de estacionamiento diferente. La respuesta magnética obtenida se corresponde con las previsiones teóricas (figura 2).

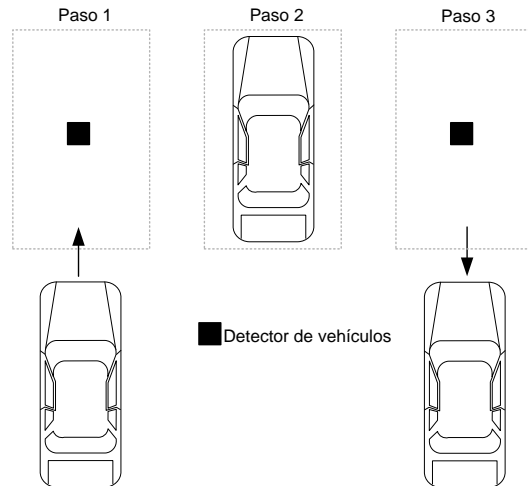


Figura 7. Medidas de B_z de un vehículo entrando y saliendo de un estacionamiento. El sistema de medida se coloca en la parte central del estacionamiento.

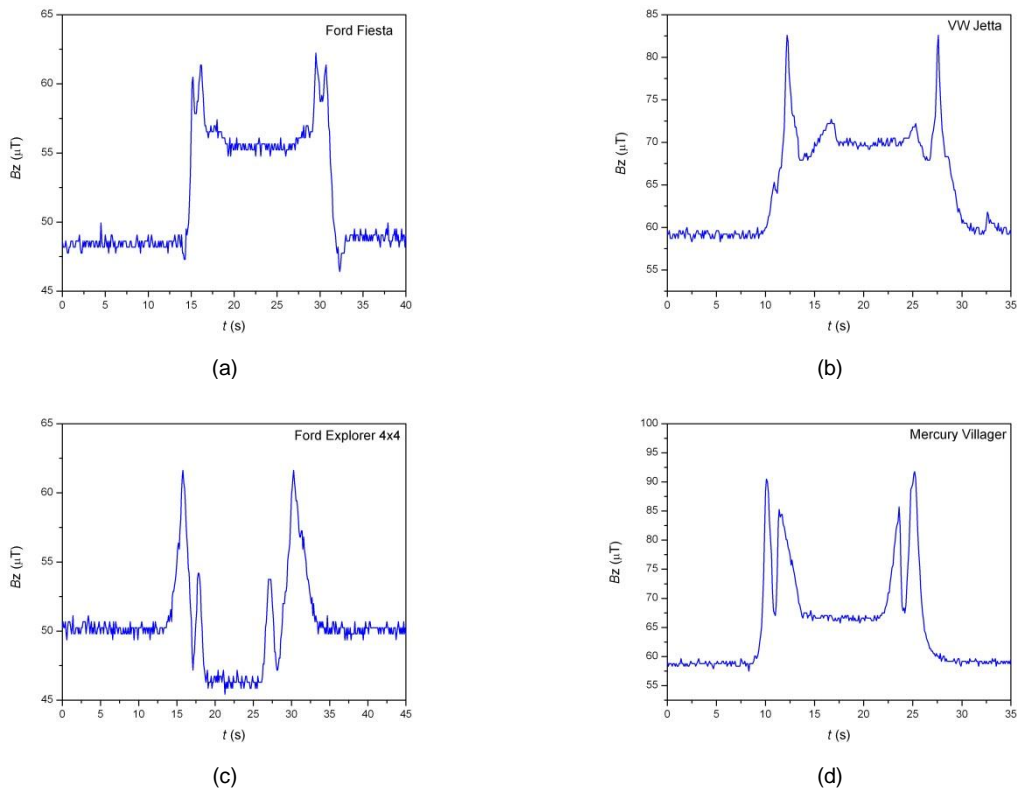


Figura 8. Resultados experimentales de B_z de un vehículo entrando y saliendo de un estacionamiento. (a) Respuesta magnética de (a) Ford Fiesta, (b) VW Jetta, (c) Ford Explorer 4x4 y (d) Mercury Villager.

En todos los vehículos, la forma de onda obtenida contiene picos con diferente amplitud que, en este caso, corresponden al eje delantero, motor y parte central. La asimetría en la forma de onda cuando el vehículo entra y cuando sale se podría utilizar para determinar la dirección en la que viaja un vehículo. En general, se puede detectar la presencia de un vehículo mediante un algoritmo simple que compare el valor anterior de B_z (que se puede ir actualizando a intervalos fijos de tiempo) con el valor actual de B_z , y establecer un nivel de comparación superior a $5 \mu\text{T}$ con una cierta histéresis. Una vez que el valor medido sobrepase el nivel de

comparación, se indicaría la presencia de un vehículo. A primera vista, según los resultados obtenidos se podría pensar en un nivel de comparación de 5 μ T, pero se puede dar el caso de que un vehículo mal estacionado (desplazado un poco hacia la derecha o hacia la izquierda) tenga un valor inferior al nivel de comparación y no se detecte su presencia (falso negativo).

3. CONCLUSIONES

Es posible implementar un detector de presencia de vehículos compacto, de fácil instalación, bajo costo, bajo consumo de energía y mayor autonomía que las soluciones actuales. Esto es posible gracias a la conexión directa de un puente de sensores magnetorresistivos a un microcontrolador, sin componentes analógicos intermedios, lo cual es un método de solución simple, compacto, de bajo costo y bajo consumo de energía. El sistema propuesto sirve para implementar una red cableada o inalámbrica de detectores como parte integral en la infraestructura de un sistema de control inteligente de tráfico o un sistema inteligente de gestión de estacionamientos para monitorizar lugares de estacionamiento, en parquímetros automatizados, en sistemas de control de acceso, semáforos inteligentes, casetas de peaje, cruces de trenes, puentes, túneles y sistemas de control y monitorización de tráfico. En general, la metodología propuesta sirve para diseñar sensores autónomos o inteligentes en distintas áreas de aplicación. Por ejemplo: automatización industrial, medidores remotos (agua, luz, gas), domótica, automoción, sistemas de vigilancia, etc.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. A. Klein, "**Sensors Technologies and Data Requirements for ITS**," Artech House, (2001).
- [2] S. A. Shaheen, C. J. Rodier, A. M. Eaken, "**Smart Parking Management Field Test: A Bay Area Rapid Transit (BART) District Parking Demonstration**," Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, (2005).
http://pubs.its.ucdavis.edu/publication_detail.php?id=44
- [3] L. Smith, H. Roth, "**Parking Systems Technologies**," Institute of Transportation Studies, Partners Advanced Transit and Highways, University of California at Berkeley, (2003).
http://www.calccit.org/itsdecision/serv_and_tech/Parking_Systems_Technologies/parking_systems_tech_summary.html
- [4] J. F. Paniati, "**Advanced Parking Management Systems**," U.S Federal Highway Administration, FHWA-JPO-07-011, Intelligent Transportation System, (2007).
http://www.its.dot.gov/jpodocs/repts_te/14318.htm
- [5] J. H. Kell, I. J. Fullerton, M. K. Mills, "**Traffic Detector Handbook**," 2a ed., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, pp. 1-39, (1990).
- [6] L. E. Mimbela, L. A. Klein, "**A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies Used in Intelligent Transportation Systems**," Handbook, U.S Federal Highway Administration, Intelligent Transportation System, (2007).
<http://www.nmsu.edu/~traffic/Publications/VC/vdst.pdf>
- [7] M. H. Kang, B. W. Choi, K. C. Koh, J. H. Lee, G. Park, "**Experimental study of a vehicle detector with an AMR sensor**," *Sensors and Actuators A*, 118, pp. 278 – 284, (2005).

- [8] J. Pelegrí, J. Alberola, J. R. Lajara, **“Signal conditioning for GMR magnetic sensors applied to traffic speed monitoring GMR sensors,”** Sensors and Actuators A, 137, pp. 230 – 235, (2007).
- [9] E. Sifuentes, O. Casas, F. Reverter, R. Pallàs - Areny, **“Improved direct interface circuit for resistive full- and half-bridge sensors,”** International Conference on Electrical and Electronics Engineering, ICEEE 2007, Mexico, DF.,(2007).
- [10] E. sifuentes, O. Casas, Ramón Pallàs Areny, **“Direct Interface for Magnetoresistive Sensors”**, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, IMTC 2007, Warsaw, Poland, (2007).
- [11] E. Sifuentes, O. Casas, F. Reverter, R. Pallàs - Areny, **“Direct interface circuit to linearise resistive sensor bridges,”** Sensors and Actuators A, 147, pp. 210- 215, (2008).
- [12] J. P. A. Bastos, N. Sadowski, **“Electromagnetic Modeling by Finite Element Methods,”** Marcel Dekker, New York, (2003).
- [13] NGDC, <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/?id=igrfwmmFormId#igrfwmm>, National Geophysical Data Center, Mayo (2011).
- [14] F. Reverter, M. Gasulla, R. Pallàs Areny, **“Analysis of power-supply interference effects on direct sensor-to-microcontroller interfaces,”** IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 56, pp. 171-177, (2007).
- [15] F. Reverter and R. Pallàs-Areny, **“Direct Sensor-to-Microcontroller Interface Circuits: Design and Characterisation,”** Marcombo, Barcelona (España), (2005).

MEDICIÓN DE LA IMPEDANCIA CD DE UN VOLTÍMETRO DIGITAL POR MEDIO DE UN AMPLIFICADOR DIFERENCIAL

Raymundo Barrales Guadarrama¹, Roberto A. Alcántara Ramírez², Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez¹, Ernesto Rodrigo Vázquez Cerón¹, Víctor Rogelio Barrales Guadarrama¹, José Vázquez Martínez¹

¹Grupo de Sensores y Señales, ²Grupo de Control de Procesos
Universidad Autónoma Metropolitana—Azcapotzalco

rbg@correo.azc.uam.mx, raar@correo.azc.uam.mx, err@correo.azc.uam.mx,
Eric@correo.azc.uam.mx, vrbg@correo.azc.uam.mx

RESUMEN. *La medición cuidadosa de un voltaje, una corriente o una resistencia mediante el uso de instrumentos orientados a la medición de estas variables o mediante un poli-instrumento, requiere, forzosamente, del conocimiento de la clase de los aparatos o de sus características. De otra manera, se indetermina la especificación del mesurando y el proceso metrológico se degrada. La impedancia interna CD de algunos voltímetros digitales ha dejado de especificarse, con lo cual se indeterminan las mediciones cuidadosas de voltaje. Se propone un método para el estudio del comportamiento de esta impedancia y evitar la indeterminación en la medición de diferencias de potencial. Este estudio es importante porque los voltímetros de bajo costo, y cuya impedancia CD no es indicada por el fabricante, son los instrumentos más utilizados en laboratorios didácticos y la práctica de las mediciones cuidadosas se podría ver impedida.*

Palabras clave—Impedancia CD de un voltímetro, medición de voltaje diferencial, error sistemático, incertidumbre absoluta.

ABSTRACT. Exact measurement of a voltage, a current or a resistance using a specific instrument to achieve each one of these measurements or using a multimeter for the same operations, demands a clear knowledge of the instrument class or his characteristics. Otherwise, a risk of leaving the measurand without a determined uncertainty arises and the metrological process loses quality. Output DC impedance in some digital voltmeters is not specified and therefore exact voltage measurements are undetermined. A method is proposed to study the behaviour of this parameter and to avoid irresolution of a voltage measurement uncertainty. This study is important because low cost digital voltmeters, where output CD impedance is not specified by the manufacturer, are the most used voltage measurement instruments in didactic laboratories and the teaching of well conducted voltage measurements could be prevented from being completed.

1. INTRODUCCIÓN

La especificación cuidadosa de la medición de un mesurando tiene en cuenta tanto el error sistemático, introducido por la clase o características de los aparatos de medición, como la incertidumbre del proceso metrológico. Esta especificación es necesaria para interpretar, de una manera más exacta, los conceptos cuantitativos que permiten la comprensión de alguna fenomenología [1]. Evidentemente, los métodos de medición influirán en la determinación de la especificación de la medición. Uno de los métodos de medición que ilustran esta circunstancia lo constituye el Método Voltamperimétrico (MVA). Este método ha probado ser útil para medir la resistencia de un resistor con incertidumbres menores al 1% y aplicarse a una amplia gama de valores ($10 \Omega < R < 10^7 \Omega$) [2]. Además es un método didáctico muy apreciado por los docentes de la Electrónica y los ingenieros instrumentistas para introducir a técnicos e ingenieros del ramo en la medición cuidadosa de un mesurando [3], [4], [5], [6], [7]. Sin embargo, las bondades del método (sencillez, exactitud, rango amplio de medición, accesible) y su potencial

como disciplina de enseñanza (clara identificación del error sistemático, especificación completa de la incertidumbre), serían inexplotables ante la insuficiencia de la información técnica de los instrumentos utilizados en este método [1]. En este u otros métodos de medición, la falta de información técnica no permite utilizar estos instrumentos para mediciones cuidadosas. La insuficiencia de la información técnica de un aparato de medición puede compensarse, por ejemplo, estudiando una metodología que subsane la falta de información [8]. Sin embargo, se ha detectado, en mayor medida, la omisión de características de los multímetros de variables eléctricas indispensables para determinar una medición exacta y se vislumbra un uso aumentado de metodologías para obtener las características buscadas.

En este artículo, se presenta un método para estudiar el comportamiento de la impedancia interna CD de un voltímetro cuando ésta no se especifica en el manual de usuario correspondiente. La importancia de contar con este método y los resultados del estudio, se describen en las siguientes secciones.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La especificación general de una medición está dada por la siguiente ecuación:

$$X_{ESTIMADA} = X_{MEDIDA} \pm e_s \pm \frac{\Delta X}{X} \quad (1)$$

Donde X_{MEDIDA} es el mesurando medido, e_s es el error sistemático introducido por el método de medición y $\Delta X / X$ es la incertidumbre relativa que define los límites del intervalo de confianza al que pertenece el valor real de X . El valor de e_s se calcula a partir del modelo eléctrico del montaje para medir X . Su magnitud dependerá de la clase del aparato y de la aproximación del modelo eléctrico del instrumento en CD. Sin embargo, si las características del aparato se omiten en la información técnica del mismo, la exactitud de la medición de X no podrá estimarse.

En algunos amperímetros electrónicos, se ha omitido el valor de la resistencia “shunt” [9], [10], lo que obliga a recurrir a la especificación del voltaje de carga (“burden voltaje”) para conocer el error sistemático, en la medición de corriente, para el peor caso, con los inconvenientes discutidos en [8]. Sin embargo, en [10] ni la especificación del voltaje de carga ni la especificación de la impedancia interna CD del voltímetro, están disponibles. Por lo tanto, resulta que, para algunos voltímetros digitales, la estimación del error sistemático e_s , en esas condiciones, es imposible. El problema es inadmisibles cuando se trata de utilizar este tipo de aparatos para especificar mediciones exactas. Una solución consiste en utilizar multímetros de banco, más orientados al trabajo de medición cuidadosa. Sin embargo, los laboratorios de mediciones eléctricas didácticos no pueden permitirse el lujo de utilizar aparatos finos debido al costo de adquisición y mantenimiento.

Un estudio del comportamiento de la impedancia interna DC de un voltímetro de bajo costo, cuya especificación no se incluye en el manual de usuario, ayudaría al experimentador a obtener un modelo en CD de este aparato y calcular así el error sistemático en la medición de voltajes. Se propone entonces un método para la medición exacta de la impedancia interna CD de un voltímetro.

3. MATERIALES Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

Un primer método para la medición de la impedancia CD de un voltímetro, se muestra en la Fig. 1.

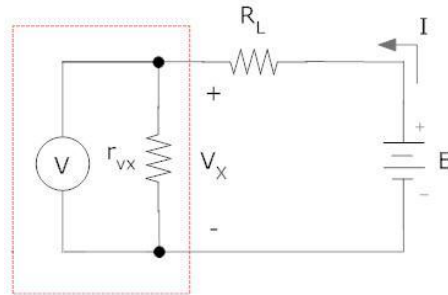


Fig. 1. Esquema que muestra el diagrama eléctrico del montaje de medición básico de la impedancia CD de un voltímetro.

En el montaje de la Fig. 1, se puede realizar una medición indirecta de la corriente I , ya que:

$$I = \frac{E - V_X}{R_L} \quad (2)$$

Esta medición es posible siempre y cuando se conozca, con exactitud, el valor de la resistencia R_L . El valor de la impedancia CD del voltímetro bajo prueba se conocerá indirectamente utilizando la siguiente relación:

$$r_{vx} = \frac{E}{I} - R_L \quad (3)$$

Se ha sugerido utilizar, en este método, una pila de 9 V como fuente de alimentación [11] y medir previamente el valor de la pila. Sin embargo, es evidente que la pila se cargará al momento de conectarla al circuito de la Fig. 1. Además, es menester registrar el valor de la fuente E durante el experimento. En este sentido, es posible utilizar, en lugar de la pila, una fuente de alimentación. La Fig. 2 muestra el montaje de medición modificado, donde se han tenido en cuenta modelos realistas en CD de la fuente y de su medidor.

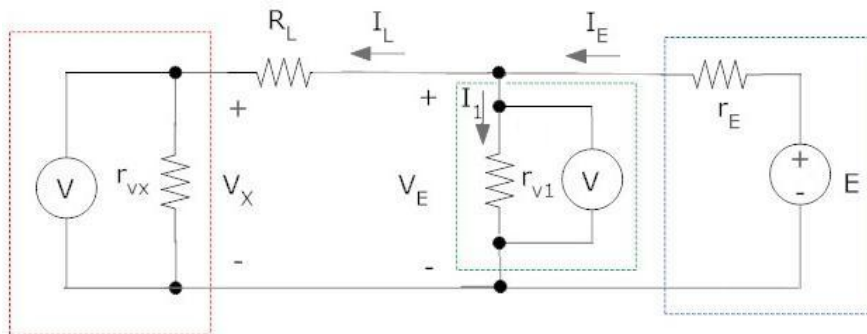


Fig. 2. Esquema que muestra el diagrama eléctrico del montaje de medición de la impedancia DC de un voltímetro modificado para el registro del voltaje de la fuente.

En el método de la Fig. 2, la corriente I_L se puede medir indirectamente como:

$$I_L = \frac{V_E - V_X}{R_L} \quad (4)$$

La impedancia CD del voltímetro bajo prueba también se mide indirectamente:

$$r_{vx} = \frac{V_E}{I_L} - R_L \quad (5)$$

El método prácticamente no se modifica, pero es forzoso realizar la medición de V_E con un voltímetro cuya impedancia interna CD sea conocida o especificada por el fabricante y de alto valor para minimizar la influencia de la corriente I_L en esa medición, lo que implicaría utilizar un voltímetro de altas prestaciones. Además, la resistencia R_L ha de conocerse con exactitud. Nótese que no hace falta conocer, en este método, el valor de la impedancia interna CD de la fuente de alimentación E . A fin de evitar el uso de un voltímetro de altas prestaciones (caro y escaso en un laboratorio de mediciones eléctricas de docencia), será posible realizar la medición con un amplificador de instrumentación (AI) AD620, programado para tener $G = 1$ y cuya elevada impedancia de entrada sólo permite una corriente de polarización de entrada máxima de 1 nA [12], con lo cual las perturbaciones del sistema para medir V_E son despreciables. El montaje final de prueba se muestra en la Fig. 3.

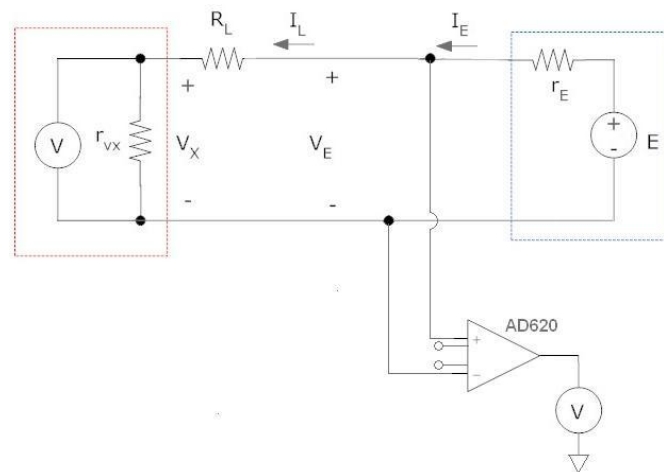


Fig. 3. Esquema que muestra el diagrama eléctrico del montaje final de medición de la impedancia DC de un voltímetro digital.

Para realizar una medición exacta de la impedancia r_{vx} , Fig. 3, es necesario calcular el error límite absoluto cometido sobre su medición. Puesto que se cumple $r_{vx} = f(I_L)$, es menester calcular primero el error límite absoluto sobre la medición de I_L . El error límite absoluto sobre la medición de un mesurando Y , se calcula como [1]:

$$|\Delta Y| = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right| = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 \right| + \dots \quad (6)$$

Aplicando (6) a (4), se tiene:

$$|\Delta I_L| = \frac{1}{R_L} |\Delta V_E + \Delta V_X| + \frac{1}{R_L^2} |(V_E + V_X) \Delta R_L| \quad (7)$$

Luego, aplicando (6) a (5):

$$|\Delta r_{vx}| = \left| \frac{1}{I_L} \Delta V_E \right| + \left| \frac{V_E}{I_L^2} \Delta I_L \right| + |\Delta R_L| \quad (8)$$

La ecuación (8) nos permitirá especificar una medición exacta de la impedancia interna CD del voltímetro bajo prueba. El cálculo de las incertidumbres se explica a continuación.

El multímetro elegido para la medición del voltaje V_E de la fuente es el 87 V de la compañía Fluke. La impedancia interna CD del voltímetro viene especificada en el manual de usuario

correspondiente [15, p. 51]. En este caso, $r_{v10} = 10 \text{ M}\Omega$. La incertidumbre absoluta sobre la medición del voltaje es, de acuerdo al fabricante:

$$\Delta V_E = \pm(0.05\% \text{ de la lectura} + 1) \quad (9)$$

Donde “1” es la resolución del aparato en cualquiera de sus gamas de medición. El Fluke 87 V es un multímetro de gamas automáticas.

El multímetro digital DMM912 de la compañía Tektronix, en el modo voltímetro, ha sido el instrumento bajo prueba. Se trata de un voltímetro de 4 $\frac{3}{4}$ dígitos, con un máximo de 40 000 cuentas en el alcance. Posee 4 rangos para medición del orden de Volts (4V, 40V, 400V y 1000V) y un rango para medición del orden de mV (400mV). Este es el instrumento que mide el voltaje V_X . De acuerdo al fabricante, la incertidumbre absoluta para todos los rangos CD del voltímetro se calcula como ($\% + 10 \text{ cuentas}$) cuando se ha configurado el voltímetro para 40 000 cuentas. Es necesario interpretar convenientemente esta indicación del fabricante. “1 cuenta” corresponde a la resolución del aparato. La resolución dependerá del rango en que se encuentre éste. La resolución se obtiene dividiendo el rango de medición entre el número de cuentas que tiene que hacer el aparato para llegar al valor de la máxima escala en ese rango. Por lo tanto:

$$“1 \text{ cuenta}” = \text{resolución} = \text{rango} / 40 \text{ 000 cuentas}$$

“%” es el porcentaje de la lectura el cual, en el caso del DMM912, es $\pm 0.2\%$ [10, p. 4-37]. Finalmente, el cálculo de la incertidumbre absoluta, para el DMM912, se calcula como:

$$\Delta V_X = \pm(0.2\% \text{ de la lectura} + \text{resolución}) \quad (10)$$

El método propuesto exige una especificación de la medición exacta de la resistencia R_L . Esto exige al resistor R_L de poseer una composición especial. La ecuación (5) indica que el valor de R_L ha de ser del orden de r_{vX} . Se ha elegido un resistor de carbón de valor nominal $5.6 \text{ M}\Omega$ a $\frac{1}{2}$ W. Puesto que $5.6 \times 10^6 \Omega \in [10^5 \Omega, 10^7 \Omega]$, se ha utilizado el circuito No. 1 del MVA [2] para determinar su valor experimental.

La fuente utilizada en el experimentos es el modelo GPS-3303 de la compañía Instek, con una salida de voltaje hasta de 30 V.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.1 Medición de la resistencia R_L

El valor promedio experimental de R_L , sobre 20 mediciones de la resistencia realizadas con el circuito No. 1 del MVA y las condiciones de medición, se muestran en la Tabla I.

Tabla I

$R_L \text{ MEDIDA } (\Omega)$	$\Delta R_L (\Omega)$	
5412516.61	14318.816	
CONDICIONES CIRCUITO #1 MVA		
	VOLTÍMETRO FLUKE 179	AMPERÍMETRO FLUKE 87 V
RANGOS DE MEDICIÓN	6 V 60 V	600 μA
RESOLUCIONES	0.001 0.01	0.01 μA
IMPEDANCIA CD	10 $\text{M}\Omega$	N. A.

4.2 Medición de V_E y V_X

Debido a que el máximo voltaje de polarización aplicado al AI AD620 es ± 15 V, solamente se han podido explorar los rangos 400 mV, 4V y 40V del voltímetro DMM912. Se realizaron 37 mediciones en el rango 400 mV, 59 en el rango 4V y 36 mediciones en el rango 40V, al igual que para la medición de V_E , pero con el multímetro 87 V, configurado como voltímetro.

4.3 Variación de r_{vx} y Δr_{vx}

La Fig. 4 muestra la variación de la impedancia CD del voltímetro DMM912 para el rango de voltajes V_X explorado.

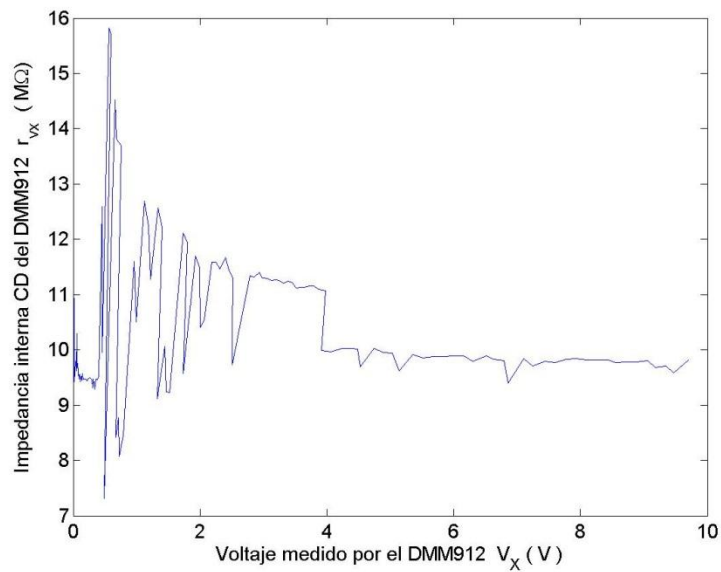


Fig. 4. Gráfica de la variación $r_{vx} = f(V_X)$.

La Fig. 5 muestra la variación de la incertidumbre absoluta sobre la medición de r_{vx} para el rango de voltajes V_X explorado.

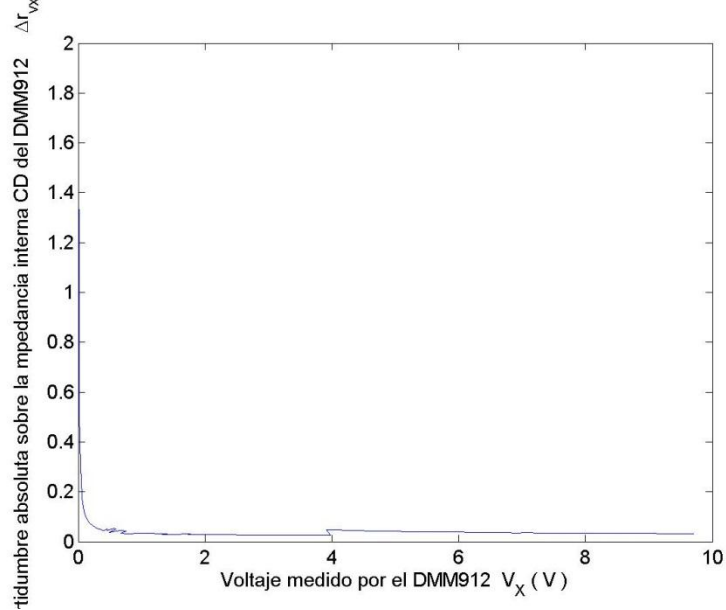


Fig. 5. Gráfica de la variación $\Delta r_{vx} = f(V_X)$.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cuando la especificación de la impedancia interna CD de un voltímetro está indicada por el fabricante [9], [13], [14], se asume que es la misma para todos los rangos del aparato. Empíricamente, se sabe que esta suposición no puede cumplirse, ya que el escalador de voltajes del aparato selecciona diferentes resistores para atenuar los voltajes de entrada medidos, con lo cual se modifica la impedancia de entrada CD en cada rango del aparato. Esta operación se ha podido corroborar al analizar la Fig. 4. Cuando el DMM912 mide voltajes por debajo del rango 4V, la impedancia CD varía aleatoriamente en el intervalo [7.3 M Ω , 15.8 M Ω] con un promedio probable en $r_{vx} = 11$ M Ω . En la gama 40V, el promedio es $r_{vx} = 10$ M Ω . Desafortunadamente, no se ha podido realizar las mediciones para el rango 400V del DMM912.

Puesto que $\Delta r_{vx} = f(\Delta V_E, \Delta I_L = g(\Delta V_E))$, la incertidumbre absoluta sobre r_{vx} dependerá de las gamas automáticas del voltímetro Fluke 87 V para medir la variación de V_E . Esta fuerte dependencia de ΔV_E en el cálculo de Δr_{vx} se advierte en la Fig. 5. La incertidumbre absoluta disminuye, en cada rango del Fluke 87 V, conforme aumenta el voltaje V_E medido. Esta variación de la incertidumbre absoluta en función del rango del aparato ha sido discutida anteriormente [2]. En la Fig. 4, es notable la variación irregular de r_{vx} , muy diferente a lo observado en voltímetros donde esta variación es casi regular. Por lo tanto, las mediciones con el DMM912 de voltajes menores a 4 V deben tener en cuenta la estimación de la impedancia de CD mostrada en esa figura. Una incertidumbre relativa promedio del 0.5% sobre el valor de la impedancia CD para mediciones mayores a 4 V, según la Fig. 5, significa obtener mediciones de voltaje más exactas del voltaje cuando $V_E > 4$ V.

En las mediciones cuidadosas de voltaje o en el uso de un voltímetro para llevar a cabo el MVA, es importante conocer la estimación de la impedancia interna CD del voltímetro, a fin de no cometer un error sistemático en la especificación de la medición.

Se buscará realizar, en lo posible, mediciones del voltaje en escalas intermedias y de valores cercanos al valor de escala completa del aparato.

El método de medición propuesto es útil cuando se quiere utilizar el aparato para mediciones cuidadosas y el fabricante no indica la especificación de la impedancia interna CD del aparato.

Un futuro trabajo consistiría en diseñar nuevos métodos de medición de r_{vx} e investigar la incertidumbre absoluta generada.

6. REFERENCIAS

- [1] Héctor G. Riveros, Lucía Rosas, *El método científico aplicado a las ciencias experimentales*, (Trillas, México) (1997).
- [2] R. Barrales Guadarrama, R. A. Alcántara Ramírez, *Insuficiencia de Información Técnica de los Instrumentos Utilizados para la Medición de Resistencias mediante el Método Voltamperimétrico—Parte I: Indeterminación del Error Sistemático de los Aparatos*, Memorias de la Décimoquinta Reunión de Otoño de Comunicaciones y Computación ROC&C'2004, ponencia E-32 recomendada para el capítulo de Electrónica, Acapulco, Gro., México, 23-28 de Noviembre 2004.
- [3] H. Orth, *Tecnología de las medidas eléctricas*, (Gustavo Gili) (1972).
- [4] A. M. Karcz, *Fundamentos de metrología eléctrica, Tomo II, Parámetros básicos*, (Alfaomega-Marcombo), (1994).

- [5] I. Collar, P. Pataki, Gy. Korányi, L. Schnell, P. Osváth, I. Zoltán, *Technology of Electrical Measurements*, L. Schnell, (John Wiley & Sons, West Sussex), (1993).
- [6] F. Spitzer, B. Howarth, *Principles of Modern Instrumentation*, (Holt, Rinehart and Winston, Inc), (1972).
- [7] P. B. Zbar, G. Rockmaker, D. J. Bates, *Prácticas de electricidad*, (Alfaomega, México), (2002).
- [8] R. Barrales Guadarrama, R. A. Alcántara Ramírez, E. R. Vázquez Cerón, M. E. Rodríguez Rodríguez, V. R. Barrales Guadarrama, *Insuficiencia de Información Técnica de los Instrumentos Utilizados para la Medición de Resistencias mediante el Método Voltamperimétrico—Parte II: Indeterminación sobre la Medición a Especificar*, Décimoctava Reunión de Verano de Potencia y Aplicaciones Industriales RVP-AI/2005, ponencia EDU-22 recomendada para el capítulo de potencia, Acapulco, Gro., México, 10-16 de Julio 2005.
- [9] *Fluke 16, Multímetro con Medidor de Temperatura*, Instrucciones, PN 2063515, December 2002 (Spanish), 2002 Fluke Co.
- [10] *DMM912, DMM914 & DMM916 Digital Multimeter Instructions*, Document No. 070-9791-01, Tektronix Inc., Hong Kong, 1995.
- [11] M. Alatorre Moreno, B. Rodríguez Medina, *Metrología eléctrica básica*, Notas de Curso, Centro Nacional de Metrología CENAM, División de Mediciones Electromagnéticas, Área de Metrología Eléctrica, Departamento de Educación Continua, p. 5.1-3, Abril 2010.
- [12] http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD620.pdf
- [13] *197A 5 ½ - Digit Multimeter Specifications*, http://www.keithley.com/support/keidoc_searchresult?keyword=197A&item_type=Manual
- [14] *HP 34401A Multimeter*, User's Guide, Part Number 34401-90004, February 1996.
- [15] http://assets.fluke.com/manuals/80v_umeng0200.pdf

PRINCIPIOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA PLUVIOMÉTRICO ELÉCTRÓNICO

Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez, Raymundo Barrales Guadarrama, Ernesto Rodrigo Vázquez Cerón, Mauricio Ontiveros Rodríguez
Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco
vrbg@correo.azc.uam.mx

1. Resumen

Este artículo muestra los principios de diseño para un sistema pluviométrico. Éste se presenta en tres bloques: la bobina-sensor, la etapa de acondicionamiento de la señal y el tercero se conforma por la adquisición de datos, la manera de procesarlos y de presentarlos. El diseño de la bobina-sensor está basado en el principio de autoinducción para implementar una bobina de referencia y obtener diferenciales de voltaje inducido como señales susceptibles de ser acondicionadas y calibrarlas. El acondicionamiento de la señal está fundamentado en la técnica lock-in. La adquisición de la señal, su procesamiento y su presentación se hacen utilizando el programa LabView. La metodología de diseño del pluviómetro electrónico permite medir materiales ferromagnéticos volumétricos con un error no mayor al 5%. Los principios de diseño expuestos para este pluviómetro electrónico posibilitan su construcción cómoda y barata, brindando al mismo tiempo, exactitud y confiabilidad en las mediciones a largo plazo.

2. Introducción

La Intensidad de Precipitación Pluvial (IPP) es una medida de interés para los Sistemas Inteligentes de Transporte—ITS³, en particular para: la meteorología de caminos y la meteorología urbana.

En la actualidad la IPP se obtiene gracias al uso de instrumentos que siguen diferentes métodos de medición. En [5] se expone un resumen de las ventajas y desventajas de los diferentes instrumentos que miden la IPP. Hay que destacar que en 2001, la Comisión para Instrumentos y Métodos de Observación—CIMO, de la Organización Mundial Meteorológica—WMO, estableció la unidad SI para la medición de la IPP. Los rangos de medición e incertidumbre han sido definidos únicamente para los instrumentos de captación, ya que son los instrumentos que ha sido posible calibrar en laboratorio. Puesto que el medidor de lluvia más utilizado por hidrólogos y meteorólogos es el medidor con cubos recolectores de balancín, este instrumento se ha convertido en el instrumento patrón “de facto” [1], [2]. Es importante tomar en cuenta que la WMO no ha reconocido un pluviómetro patrón [1] y no se tiene noticia de un simulador de lluvia aceptado mundialmente [1], [3] para calibrar los pluviómetros.

En esta publicación se exponen los principios para el diseño de un sistema pluviométrico electrónico basados en una técnica ya propuesta anteriormente[4]. El principio de medición se basa en obtener una fuerza electromotriz inducida (fem) en una bobina que le llamamos bobina-sensor, aprovechando las variaciones, que produciría un torrente de agua, en las líneas del flujo magnético de un campo magnético externo. En particular, este principio se aprovechará para propósitos de medición de gasto, de velocidad media del flujo, de masa, de la intensidad de precipitación pluvial, etc. Se considera que la fem inducida es debida a dos fenómenos: la presencia del flujo de agua promueve variaciones en el número y forma en las líneas de flujo de campo magnético debido a su permeabilidad magnética y la generación de un campo magnético, producido por el torrente de agua, debido a que las moléculas del agua en

³ En la literatura respectiva, este acrónimo está muy extendido y son las singlas en inglés de “IntelligentTransportation Systems”.

movimiento propagan un campo magnético; el cual será proporcional a la cantidad de agua que circula y a su velocidad. Aparentemente los cambios en la fem inducida en la bobina-sensor son principalmente debidos a la influencia de la permeabilidad magnética del torrente de agua. Entonces, a mayor torrente de agua, mayor influencia de estos factores físicos sobre el comportamiento de las líneas de flujo magnético dentro de la bobina-sensor. La factibilidad de utilizar una bobina como transductor de la fem inducida en ella por este campo magnético se ha demostrado anteriormente[4].

Como ya se comentó, la WMO no ha reconocido un pluviómetro patrón[1] ni un simulador de lluvia[1,3], para calibrar los pluviómetros, en otras palabras, no existe oficialmente un instrumento patrón para la intercomparación o la calibración de los instrumentos que registran la IPP. Por tanto, es necesario saber si la calibración por los medios convencionales es válida para el sensor que se presenta aquí, como base de un pluviómetro electrónico innovador. La viabilidad de la calibración se ha hecho con base en el análisis de residuales para la variable de respuesta[5], el tener conocimiento de la incertidumbre del instrumento, permite que la calibración del equipo se pueda llevar a cabo, de forma confiable, fuera de un laboratorio. Se vislumbra que el instrumento no tenga partes móviles, que sea del tipo de no captación, con un diseño que considere los efectos del viento, la evaporación y la humedad. Que las mediciones tengan buena reproducibilidad y estabilidad de largo plazo. Por su diseño, el pluviómetro electrónico, no presenta ni errores ni registros discontinuos en la medición de la IPP cuando acontecen precipitaciones muy intensas. No existen pérdidas de agua por evaporación en virtud de que la medición se lleva a cabo en tiempo real, sin necesidad de acumular agua, lo que evita el procesar la señal para compensar los errores de presión dinámica (medición por peso, capacitancia)[2,4].

Como es evidente, las altas intensidades de precipitación (líquidas o sólidas) afectan el transporte y el comercio. Los edificios pueden dañarse, los caminos y otras infraestructuras pueden bloquearse en caso de tener un sistema de drenaje y escorrentía insuficiente. El pluviómetro electrónico aquí presentado permitirá pronósticos oportunos, para reducir el tipo de riesgos ya mencionados. También, se obtendrán registros confiables de las mediciones de intensidad que ayudarán a mejorar el diseño de los sistemas de escorrentía, el diseño de vialidades y la selección de rutas de tráfico alternas que contribuyan a la prevención de atascos debidos a la desaceleración de vehículos sobre el pavimento mojado, accidentes viales imputables a la lluvia y fallas eléctricas de los sistemas de señalización durante un evento de lluvia intensa.

3. Materiales y Métodos

3.1. Cálculo de la Inductancia de bobinas de una sola capa.

El problema del diseño de una bobina se reduce a un problema de síntesis cuando se tiene información de la inductancia deseada, y con ella, se determina su geometría.

En general, existen dos métodos para resolver el problema de diseño de una bobina:

- I. el cálculo y
- II. el gráfico.

Para nuestro diseño se seleccionó el método gráfico porque es el más utilizado en la industria en virtud de que con ella se pueden presentar resultados rápidos con rangos de error aceptables.

En principio, se tratarán únicamente bobinas de sección circular y sin núcleo, figura 1, esto es, con “núcleo de aire” o de cualquier otro material con permeabilidad relativa (μ_r) aproximadamente igual a 1.

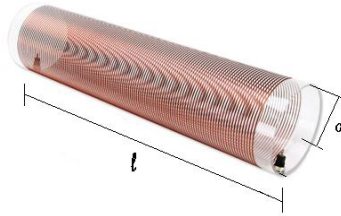


Figura 1. Fotografía que muestra una bobina de una sola capa, sin núcleo

Supondremos que la bobina mostrada en la figura 1 tiene N espiras o vueltas, es de longitud l y de radio a .

Hay que advertir que aun diseñando bobinas utilizando solamente el cálculo se tendrían errores pues éste está basado en fórmulas empíricas y, por consecuencia, los valores que se obtienen son aproximados. En otras palabras, con ambos métodos, cálculo y gráfico, se obtienen errores y aunque el error gráfico es un poco mayor que el obtenido a través del cálculo las ventajas del método gráfico es que es muy práctico y los errores son aceptables.

En el caso ideal, una bobina de una sola capa se considera como si estuviera compuesta por una cinta muy delgada, por el hecho de que las espiras están separadas una distancia infinitesimal, por tanto, la inductancia es la misma que la de una película de corriente y está dada por:

$$L = \frac{0.0395 a^2 l^2}{N} \quad [mHenrys], \quad (1)$$

Donde a y l están dados en cm.

Para bobinas cortas, de longitud tal que la relación a/l es mayor que 1, es necesario aplicar una corrección a causa de los efectos en los extremos de la bobina, tal que:

$$\boxed{\phantom{L = \frac{0.0395 a^2 l^2}{N} K}} \quad [mHenrys], \quad (2)$$

El factor K fue calculado por Nagaoka[6] y se designa habitualmente como *constante de Nagaoka*. La fórmula (2) también se conoce como *fórmula de Nagaoka*. K es función de la relación a/l y se puede obtener de las gráficas[7,8] de la figura 2. En ésta, las escalas de la izquierda e inferior corresponden a la curva inferior, en tanto que la escala derecha y superior corresponden a la curva superior.

Es importante hacer notar que en la mayoría de las aplicaciones las bobinas que se diseñan utilizan este método pues cumplen con la condición $\boxed{\phantom{a/l < 1}}$, además, las inductancias calculadas por estos métodos son *inductancias en régimen de baja frecuencia*, esto significa que estas aproximaciones sólo son válidas en el rango de frecuencias en que no son apreciables los efectos capacitivos en la bobina ni tampoco inductancias parásitas debidas a la longitud de los cables de conexión.

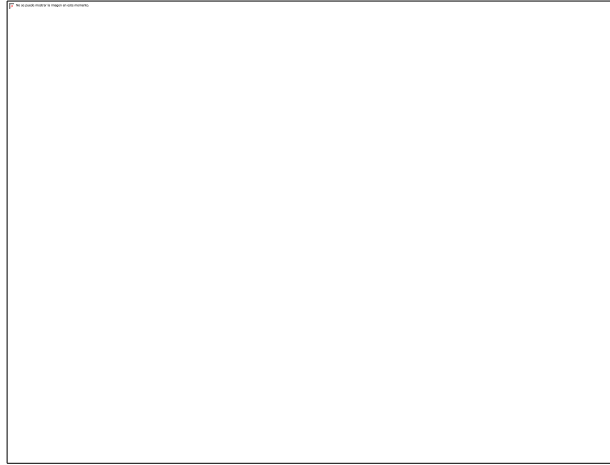


Figura. 2. Gráfica que muestra la constante de Nagaoaka para diversos valores de $2a/l$.

El cálculo de la inductancia de una bobina real, con alambre de sección circular, se obtiene de la inductancia de la película de corriente equivalente, introduciendo dos términos de corrección, A y B , mediante la fórmula siguiente[7,8]:

$$\text{[Empty box]} \tag{3}$$

Donde L es la inductancia de la película de corriente equivalente dada por la ec.(2), a es el radio de la bobina en cm, medida del centro de la bobina al centro del alambre como se indica en la figura 1. A es una constante que toma en cuenta la diferencia entre la inductancia propia entre una espira de alambre de sección circular y la de una espira de la película de corriente y B es otra constante que depende de la diferencia en la inductancia mutua de las espiras de una bobina real respecto a las de una película de corriente. A es función de la relación entre el diámetro del alambre y el paso entre cada vuelta, esto es, la separación entre las espiras y B depende del número total de vueltas o espiras en la bobina.

Los valores de A y B se obtienen de las gráficas[7,8] de la figura 3.

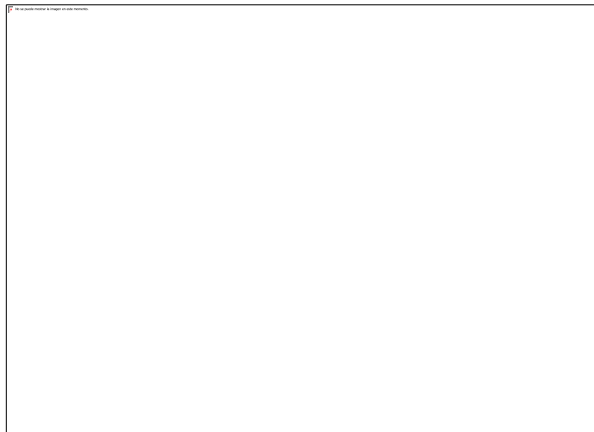


Figura. 3. Gráfica que muestra la relación entre las constantes A y B , el número de vueltas y el factor S , descrito en el recuadro de la esquina inferior derecha.

En la figura anterior, P es el paso o separación entre espiras en cm.

La ec. 3 también puede expresarse de las siguientes maneras:



(4)

3.2. Diseño de bobinas de una sola capa.


Determinación de la longitud de una bobina dado su diámetro, el paso y la inductancia deseada.

Es necesario advertir que la metodología que se propone para el diseño de bobinas es práctico dados datos conocidos de algunos de los parámetros de la bobina, en este caso, por ejemplo, el diámetro de la bobina y el paso de sus vueltas; es implícito que aquí también se da como dato el diámetro del alambre pues dado el dato del paso de las vueltas es necesario saber el dato del diámetro del alambre. Sin embargo, lo que interesa es calcular la inductancia; este es un problema típico de diseño, en el que se desea una bobina de determinada inductancia y se requiere determinar sus dimensiones físicas.

Para resolver este problema es conveniente escribir la ec. (2) de la siguiente manera:



(5)

Donde  se define como *factor de forma* y es función de $2a/l$ o D/l , a saber, de las dimensiones de la bobina. Sin embargo, en este factor de forma interviene la constante de Nagaoka, K , por lo que la dependencia de F respecto al diámetro y longitud de la bobina no es simple, ya que la constante de Nagaoka depende, a su vez de esas magnitudes. Una forma de determinar el valor de F es mediante las gráficas del Departamento de Comercio de los Estados Unidos[8], figura 4.

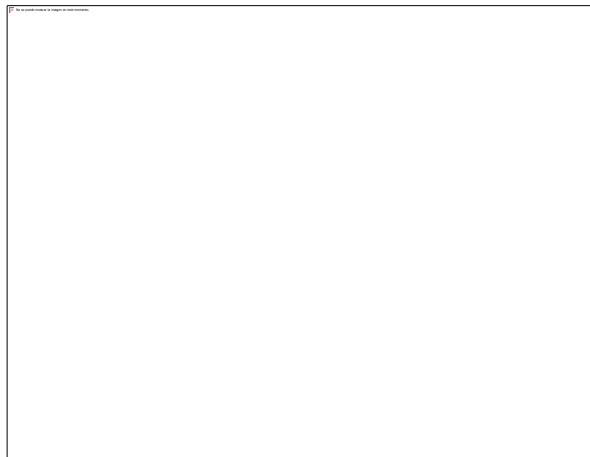




Figura 4. Gráfica que muestra la variación de F respecto a $2a/l$.

En esta gráfica, los valores de F en la escala de la derecha, se leen sobre la curva superior y los de la escala de la izquierda sobre la curva inferior. Los valores correspondientes de  se leen sobre las escalas indicadas en el eje horizontal.

El procedimiento a seguir es obtener primero F de la fórmula (5):



(6)

Este valor de F se busca en la gráfica de la figura 4 y se obtiene el valor de . Puesto que el diámetro es conocido, se obtiene fácilmente la longitud de la bobina a partir del valor leído en la gráfica. Conocida la longitud y el paso entre espiras, se calcula el número de vueltas:



(7)

4. Diseño del prototipo: Pluviómetro Electrónico

4.1. Presentación del sistema en bloques

El montaje experimental en el que se basa el prototipo del pluviómetro electrónico se muestra en la siguiente figura.

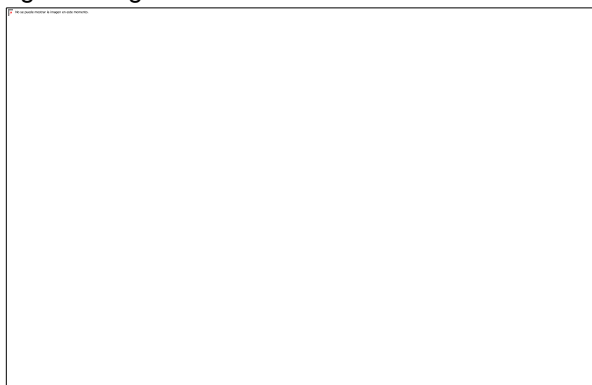


Figura 5. Esquema que ilustra el sistema del diseño del pluviómetro electrónico.

En general, el sistema consta de un sistema de bobinas, un amplificador lock-in, un amplificador de audio, un osciloscopio, un amperímetro, y un sistema de adquisición de datos.

4.2. Descripción del sistema experimental – pluviómetro electrónico –

Sensor

El sensor fue diseñado con base en el fenómeno de autoinducción y en la técnica lock-in; es necesario tener una señal de referencia para poder detectar los diferenciales de amplitud de la señal producidos por cambios de flujo de agua dentro de ésta.

La bobina de referencia tiene exactamente las mismas características geométricas que la bobina utilizada como sensor, a saber, los mismos: calibre del alambre, número de vueltas, longitud y radio; lo que significa que tiene la misma inductancia, L . Sin embargo, están enrolladas en sentido contrario y conectadas en serie, con el objeto de que cuando no haya ninguna perturbación en las líneas de flujo de campo magnético dentro de las bobinas la diferencia de potencial inducido total de ambas bobinas sea cero.

En el instante en el que se altere alguna característica en las líneas de flujo magnético (su número o su forma) en la bobina-sensor; se producirá un voltaje inducido total, que es la diferencia entre el voltaje inducido en el sensor y el de la bobina de referencia (que no se ha alterado). Esta forma de producir diferenciales de voltajes, proporcionales a los cambios en las líneas de flujo magnético, tiene la ventaja de que cualquier alteración en las líneas de flujo magnético, por muy pequeña que esta sea, produce voltajes diferenciales de muy bajo nivel. En otras palabras, alteraciones muy pequeñas en las líneas de flujo magnético inducirán diferencias de potencial de muy bajo nivel.

Estas diferencias de potencial de muy bajo nivel son detectadas y medidas con un amplificador lock-in.

Amplificador lock - in

Existen diversas técnicas de medición, una de las más efectivas es la “Detección Sensible a Fase” (PSD), la cual es utilizada por los amplificadores lock-in para detectar y medir señales muy pequeñas de corriente alterna. El motivo principal por el que se utilizó un amplificador lock-in es la arquitectura especializada con la que consta, lo cual permite seleccionar diferentes parámetros fundamentales para poder llevar a cabo la medición a bajo nivel, como serían: la constante de tiempo, la ganancia, la reserva dinámico, la magnitud de los decibeles, la frecuencia y amplitud de la señal de referencia; además de realizar procesamiento de señales a alta velocidad, las cuales son necesarias para llevar a cabo la medición en tiempo real[9,10]. La técnica lock-in fue implementada mediante el arreglo instrumental mostrado en la figura 5, permitiendo una gran adaptabilidad a cambios futuros. Los datos son procesados y observados en una computadora personal PC que utiliza el programa LabView.

Por lo anterior, se propuso la implementación de un amplificador digital lock-In.

Generador de funciones

El generador de funciones proporciona la señal variable en el tiempo con la que se alimentará la bobina primaria, figura 5, que, a su vez, generará un campo magnético variable en el tiempo, tanto en la bobina-sensor como en la de referencia; además de proporcionar la señal de referencia para el amplificador lock – in.

Amplificador de audio

El amplificador de audio dará ganancia a la señal de salida del generador de funciones para que las bobinas puedan producir un campo magnético con la intensidad requerida.

Osciloscopio y miliamperímetro

El osciloscopio y el miliamperímetro son dos instrumentos de medición que nos permiten monitorear las señales de voltaje y corriente de las bobinas primarias.

Sistema de adquisición de datos y monitorización

Este sistema permite la captura de los datos y su monitorización en tiempo real utilizando el programa de LabView.

4.3 Diseño de las bobinas

Para el diseño de las bobinas se procede de acuerdo a lo descrito en las secciones 3.1 y 3.2.

Los parámetros iniciales para el diseño son:

Parámetro	Condición para el diseño
Número de vueltas	$v = 50$
Corriente en la bobina	$I = .75 \text{ A} = 750 \text{ mA}$
Radio de la bobina	$A = 9 \text{ mm} = 0.9 \text{ cm} = $ <input type="text"/> $ \text{ m}$
Frecuencia	$f = 400 \text{ Hz}$
Calibre del alambre	$P = 22 \text{ AWG} = 0.644 \text{ mm} = $ <input type="text"/> $ \text{ cm}$
Largo de la bobina	$l = 3.22 \text{ cm} = $ <input type="text"/> $ \text{ m}$

Tabla I. Parámetros iniciales para el diseño

Como primer paso, se calcularan los parámetros geométricos suponiendo una inductancia $L = 100$ H, para saber con exactitud si la propuesta inicial es correcta:

a) Cálculo de

b) De la gráfica de la figura 4:

y como

Largo de la bobina =

c) El número de vueltas es entonces

Una manera alternativa de comprobar los cálculos anteriores es a través de la ec. 1:

El error entre la L propuesta y la obtenida a través de la ec. 1 es de 6.35%. Este error se debe a que en el primer caso se utilizó un método gráfico para estimar L .

El número de vueltas que obtuvimos fue de 215 para que la bobina tenga una aproximadamente.

De acuerdo con las gráficas mostradas en las figuras 6, y 7 observamos que tanto a mayor número de vueltas como a mayor calibre del alambre y mayor frecuencia el voltaje inducido aumenta, esto es, la bobina induce un voltaje a pequeños cambios en las líneas de flujo magnético.

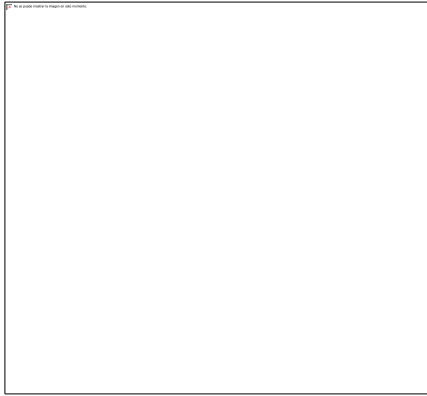
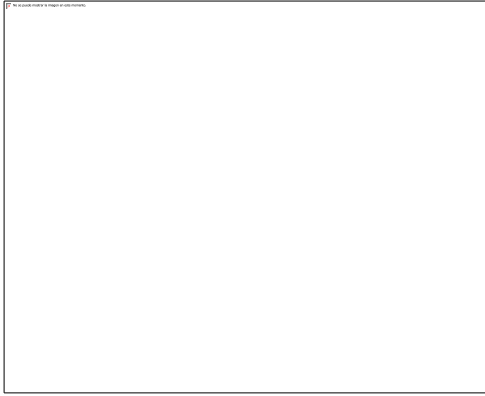


Figura 6. Voltaje inducido vs. Corriente del alambre, de acuerdo al montaje de la derecha.

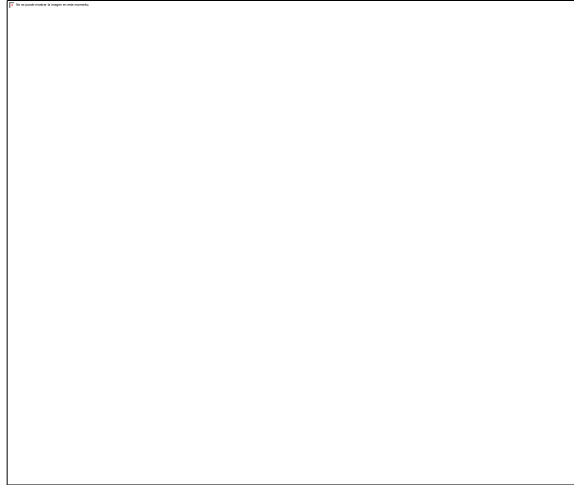


Figura 7. Voltaje inducido vs. Corriente en alambre, de acuerdo al montaje de la figura 6. Como una propuesta inicial se propone una bobina de 50 vueltas del calibre 22 AWG.

La justificación de esta propuesta está basada en la intención de hacer el pluviómetro portátil, que sea posible aumentar la corriente de la bobina del orden de un ampere sin riesgo de sobrecalentamiento y de que la bobina sea de una sola capa.

Con estas nuevas conclusiones la propuesta inicial ahora es:

a) Cálculo de

b) De a la gráfica de la figura 4:

y como

Largo de la bobina =

c) El número de vueltas es entonces .

Comprobando los cálculos anteriores es a través de la ec. 1:

El error entre la L propuesta y la obtenida a través de la ec. 2.7 es de 28%. Este error se debe a que en el primer caso se utilizó un método gráfico para estimar L .

No se obtuvo . Como se observa claramente el procedimiento para encontrar la L apropiada para esta N es el de iteración. Por tanto ahora se propone . Y se procede de la misma manera que para el caso anterior. Resultando:

Largo de la bobina =

Número de vueltas

Comprobando los cálculos anteriores es a través de la ec. 1:

El error entre la L propuesta y la obtenida a través de la ec. 1 es de 22.1%. Este error se debe a que en el primer caso se utilizó un método gráfico para estimar L .

Este mismo procedimiento se siguió para calcular los parámetros tanto de las bobinas primarias como de las secundarias del pluviómetro.

4.4. Montaje

El montaje de las bobinas diseñadas se muestra en la siguiente figura.

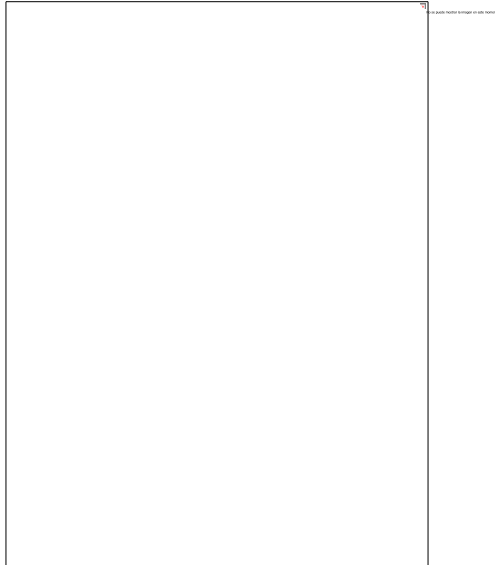


Figura 10. Fotografía que muestra el montaje de las bobinas del pluviómetro electrónico.

Una vez fabricadas las bobinas se midieron sus tres características eléctricas más importantes: L , el factor de calidad (Q) y su resistencia (R).

Para la bobina primaria (núcleo de aire):

Parámetro	Medida
-----------	--------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabla II. Parámetros de diseño para la bobina primaria.

Para la bobina secundaria (con tubo de aluminio como soporte):

Parámetro	Medida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabla II. Parámetros de diseño para la bobina secundaria.

El error entre la L calculada y la medida es del 9.2 %; es aceptable si se toma en cuenta que la estimación de L es gráfica.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para demostrar que el prototipo del pluviómetro electrónico produce voltajes inducidos como consecuencia de alterar el número o la forma de las líneas de flujo magnético inicialmente se ha probado introduciendo un material ferromagnético en la bobina-sensor. Los resultados se muestran a continuación.

La figura 11 muestra la gráfica del voltaje inducido en la bobina secundaria (sensor) vs. el tiempo, que se obtuvo con el pluviómetro electrónico al introducir un material ferromagnético. Las escalones muestran los cambios en el voltaje inducido (*señal del sensor – señal de referencia*) cuando se introduce un objeto ferromagnético en la bobina-sensor.



Figura 11. Gráfica que muestra los diferenciales de voltaje inducido.

La figura 12 muestra la gráfica de los cambios en fase de la señal diferenciada con respecto al tiempo para el mismo evento.



Figura 12. Gráfica que muestra los diferenciales de la fase.

Los resultados presentados son representativos de varias mediciones y prueban que el pluviómetro electrónico sí funciona. Sin embargo, aún falta la validación de estos resultados, la cual servirá para tener elementos que permitan sensibilizarlo y calibrarlo para flujos de agua.

Como se observa a partir de las gráficas de la figura 11 la sensibilidad que se está obteniendo es del orden de decimas de microvolts. Para detectar flujos de agua es necesario cuando menos tener sensibilidades del orden de los nanovolts. Para solucionar el problema de la sensibilidad se ha propuesto construir otro juego de bobinas cuya inductancia sea mayor a la ya probada con el fin de que se aumente la densidad de líneas de flujo magnético por unidad de área, aumentar la corriente excitación en la bobina primaria y por otro lado, hacer ajustes durante la medición como aumentar la sensibilidad, reducir la constante de tiempo de muestreo (disminución del promedio de muestreo) y aumentar la reserva dinámica del lock-in.

La validación y calibración del sistema se realizan tomando como referencia la susceptibilidad magnética de la solución patrón High Purity standards Iron 1000+- 3µg/ml in 2% HNO₃.

Durante el experimento se observó que la detección en las variaciones de la fase es más sensible que la detección en las variaciones del voltaje inducido.

6. CONCLUSIONES

Los resultados presentados aquí prueban que el pluviómetro electrónico es capaz de medir variaciones muy sensibles en la densidad y en la forma de las líneas de flujo magnético en la bobina-sensor.

El flujo de agua produce variaciones en la densidad y en la forma de las líneas de flujo magnético en la bobina-sensor principalmente por su permeabilidad.

La sensibilidad lograda en este primer prototipo es del orden de decimas de microvolt.

La sensibilidad lograda en este primer prototipo es insuficiente para medir eficientemente flujos de agua del orden de centésimas de mililitro por minuto. Por tanto, es necesario hacer otro conjunto de bobinas donde L sea mayor al primero, así como hacer ajustes en tiempo real de los parámetros del lock-in.

La detección en las variaciones de la fase es más sensible y de mejor respuesta que la detección en las variaciones del voltaje inducido. Lo que implica que para este tipo de mediciones es más apropiado basarse en los cambios de fase.

Referencias

- [1] L. Lanza (Italia), M. Leroy (Francia), C. Alexandropoulos (Francia), L. Stagi (Italia), W. Wauben (Holanda), *WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges*, Trappes (Francia), Genoa (Italia), De Bilt (Holanda), Instruments and Observing Methods Report No. 84, WMO/TD-No. 1304, 2006., disponible en: http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-84_Lab_RI/IOM-84_RIgauges_Sept2004-2005.pdf
- [2] Jeffrey A. Nystuen, John R. Proni, Peter G. Black, John C. Wilkerson, *A Comparison of Automatic Rain Gauges*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 13 (1): 62-73, Feb. 1996.
- [3] R. J. Lascano, J. T. Vorheis, R. L. Baumhardt, D. R. Salisbury, *Computer-Controlled Variable Intensity Rain Simulator*, Soil Science Society of America Journal, Jul/Aug 1997, v. 61 (4), pp. 1182-1189.
- [4] R. Barrales Guadarrama, A. Mocholí Salcedo, V. R. Barrales Guadarrama, M. E. Rodríguez Rodríguez, J. López Ortega, *Método para la Caracterización de un Transductor Inductivo Orientado a la Medición de Gasto*, Memorias del Primer Congreso Nacional de Ciencias de la Ingeniería y Económico Administrativas, Mérida Yucatán 2010, pp. 177-194, ISSN 1665-0271.
- [5] R. Barrales Guadarrama, A. Mocholí Salcedo, V. R. Barrales Guadarrama, M. E. Rodríguez Rodríguez, *Desarrollo Teórico-Experimental de un Sensor Inductivo para Aplicaciones ITS*, Memorias del Congreso Nacional de Ciencias de la Ingeniería y Económico Administrativas, Mérida Yucatán 2011, pp. 177-194, ISSN 1665-0271.
- [6] Diccionario sucinto de la 2da edición de la biografía científica, Nueva York: Hijos de Charles Schribner que publican el Co. Copyright P. 2000. 606-607.
- [7] F. Langford-Smith. *Radiotron Designer's Handbook*. 4th. Ed. Radio Corporation of America, Harrison, N.J. 1952.
- [8] Boletín (Bulletin) del Bureau of Standards de los Estados Unidos.No. 8,pág. 224 (1912).
- [9] The Benefits Of DSP Lock-in Amplifier. Application Note (A12) Rev: A, 1996 Optronics Laboratories, Inc.
- [10] NASA Tech Briefs, Technical Support Package GSC-1 3 1 7 9 pp. 1

DESCRIPCIÓN EN VHDL DE UN TRANSCÉPTOR DE DATOS PARA CONTROL DISTRIBUIDO

M.I. Jorge Alberto Acosta Alejandro, Dr. René de Jesús Romero Troncoso, Dr. Manuel Acosta Alejandro.

Universidad Politécnica del Centro, Universidad de Guanajuato, Universidad autónoma de Tabasco

jacostalejandro@gmail.com, troncoso@ugto.mx, maa690502@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un transceptor de datos para control distribuido, basado en VHDL e implementado y simulado en la tarjeta Spartan-III de Xilinx, con la capacidad y elegancia de la técnica DDS, la cual aporta un gran potencial en la generación de señales senoidales, y ésta funge como señal portadora en la modulación PSK.

En el desarrollo de este transceptor de datos se implementa un algoritmo desarrollado por D. Sunderland basado en aproximaciones trigonométricas para la construcción de la señal portadora.

ABSTRACT

In this work we presents the development of a data transceiver for distributed control based and implemented in VHD, it is simulated in a Xinit Spartan-III card with ability and elegance of the DDS technique which provides a potential great in the generation of sine signals, which serves as a carrier signal on PSK modulation.

In the development of this data transceiver, an algorithm is implemented, it is developed by D. Sunderland based in trigonometric approximation for the construction of the carrier signal.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los métodos digitales para transmitir datos han reemplazado con lentitud, pero con seguridad, los procedimientos analógicos más antiguos y convencionales. Una de las últimas áreas de la electrónica que adoptó métodos digitales fue las comunicaciones, en especial las comunicaciones de radio, debido a las frecuencias muy altas involucradas.

Hasta hace poco, los circuitos digitales no eran lo bastante rápidos para manejar el procesamiento de las señales de radio y la información que éstas transmiten, sin embargo, la disponibilidad hoy en día de convertidores analógicos a digital (A/D) y digital a analógico (D/A) rápidos, de bajo costo y dispositivos como los FPGA's (Field-Programmable Gate Arrays) de alta velocidad y gran capacidad, hacen posible el desarrollo práctico del procesamiento digital de señales analógicas y de radio.

Hay que mencionar que el VHDL es un lenguaje que fue diseñado inicialmente para ser usado en el modelado de sistemas digitales, aunque lo cierto es que la sofisticación de las actuales herramientas de simulación y síntesis es tal que permiten implementar diseños específicos en un alto nivel de abstracción. La síntesis a partir de VHDL constituye hoy en día una de las principales aplicaciones del lenguaje con una gran demanda de uso. Las herramientas de síntesis basadas en el lenguaje permiten en la actualidad ganancias importantes en la productividad de diseño.

2. SÍNTESIS DIGITAL DIRECTA

La síntesis digital directa (DDS) es un método de elaboración de formas de onda analógicas generalmente del tipo senoidal. Un sintetizador digital directo provee muchas ventajas importantes ya que puede ofrecer la conmutación rápida entre las frecuencias de salida, las ventajas que ofrece son resolución de frecuencias en el orden de los microhertz, operación sobre un amplio espectro de frecuencias y capacidad de control de fase con precisión de miligrados.

Un sistema DDS usa lógica digital una memoria para construir digitalmente la señal de salida deseada, y un DAC para convertirla al dominio analógico [6]. Otros atributos inherentes de la DDS incluye la habilidad de eliminar la necesidad de calibrar el sistema manualmente, los problemas asociados con la edad de los componentes y los cambios en temperatura. Estas características los hacen ideales para diversas áreas como la generación de funciones de alta calidad y modulación digital de alta velocidad.

En principio las funciones senoidales normalmente son pensadas en términos de su ecuación de magnitud:

$$f(t) = \sin(\omega * t) \quad (1)$$

Pero esta forma es no lineal y difícil de generar. Por otro lado, la forma angular es de naturaleza lineal, esto es, que el ángulo de fase rota un ángulo fijo por cada unidad de tiempo. La figura 1 muestra este concepto. Hay 2π radianes por cada ciclo de una onda senoidal como muestra la Figura 1. Por lo tanto, hay $2\pi ft$ radianes en una onda senoidal, donde f es la frecuencia de la onda y t un valor de tiempo en algún punto en el ciclo; $2\pi ft$ es la velocidad angular, por lo tanto, la velocidad angular depende de la frecuencia de la señal de la forma:

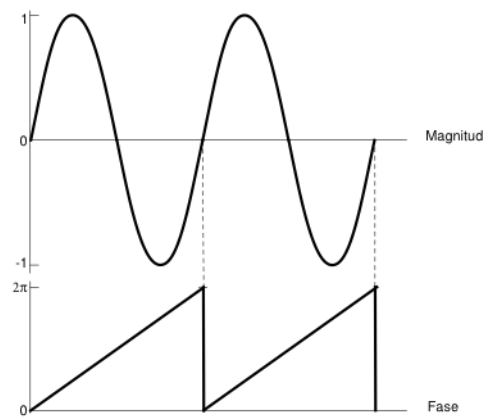


Figura. 1. Magnitud y fase de la onda senoidal.

Sabiendo que la fase de una onda senoidal es lineal y dado un intervalo de referencia (periodo de reloj), la resolución de la fase puede ser determinada:

$$\Delta fase = \sin(\omega \Delta t) \quad (2)$$

y de manera fácil se puede decir que:

$$f = \Delta fase * f_{CLK} / 2\pi \quad (3)$$

Un generador DDS construye la salida basándose en esta simple ecuación.

Un diagrama en bloques básico de un sistema DDS se presenta en la figura 2, en el cual se puede apreciar sus componentes básicos.

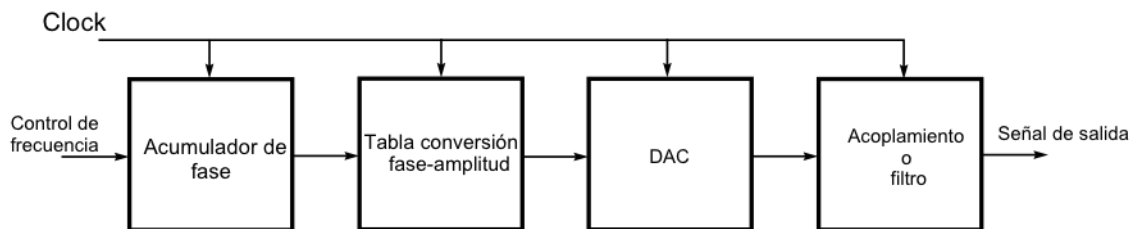


Figura 2. Diagrama a bloques simplificado por un sistema DDS

2.1 Acumulador de Fase.

Un diagrama a bloques simplificado de un acumulador de fase se muestra en la figura 3. La operación del dispositivo es como sigue, el contenido del registro de entrada se suma al del registro de salida en cada ciclo de reloj. El dato de entrada representa un paso de fase, y se nombra $\Delta fase$. El dato de salida es una rampa digital cuya frecuencia es una fracción de la frecuencia de reloj como se muestra en la ecuación 4 donde N es la resolución (numero de bits) del acumulador, N determina la resolución a la cual la frecuencia de salida puede ser ajustada $f_{CLK}/2N$.

$$f = \Delta fase * f_{CLK} / 2\pi \qquad \Delta fase \leq 2^{N-1} \qquad (4)$$

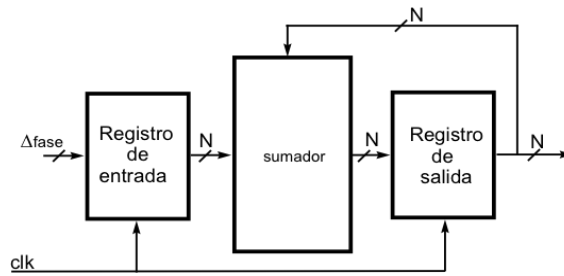


Figura 3. Acumulador de fase.

La salida del acumulador de fase puede considerarse como un vector de fase moviéndose alrededor de un círculo como muestra la figura 4. En esta analogía, el vector se moverá alrededor del círculo en pasos fijos, en respuesta a cada ciclo de reloj. El número de puntos de fases disponibles está determinado por N , la frecuencia de la forma de onda de salida se determina por el numero de ciclos de reloj requeridos para mover el vector de fase alrededor del círculo una vez.

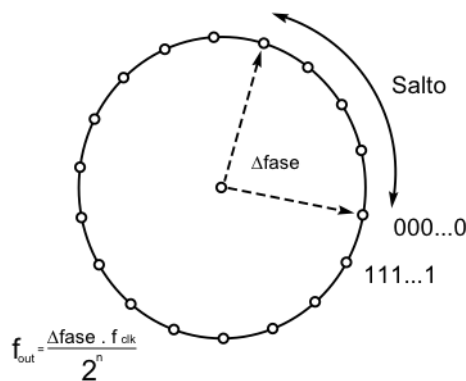


Figura 4. Secuencia del acumulador de fase.

La frecuencia máxima de salida será cuando el valor de $\Delta fase$ tome el valor máximo de 2^{N-1} , ya que

según el teorema del muestreo, la frecuencia de muestreo de una señal debe ser el doble que su frecuencia y la máxima resolución que podrá tener es cuando Δf_{fase} se igual 1.

$$f_{\text{MAX}} = (2^{N-1}/2^N) * f_{\text{CLK}} = f_{\text{CLK}}/2 \quad (5)$$

En la práctica la frecuencia máxima de salida es de alrededor del 45 % de la frecuencia del reloj. La mayor frecuencia alcanzada actualmente por un generador DDS es del orden de los 450 MHz, trabajando con una frecuencia de reloj de 1 GHz. A partir de esto vemos que la resolución en frecuencia del generador depende únicamente de la cantidad de bits que tenga el acumulador y el sumador, que usualmente puede ser de 32 o hasta 48 bits.

2.2 Obtención del valor de amplitud.

Con el valor de la fase en cada instante, el siguiente paso es obtener la onda senoidal deseada a partir de su fase. Para efectuar esto existen diversas formas, pero la más sencilla y utilizada es la de utilizar una tabla (LUT, look up table o ROM) de doble entrada, que relacione el valor de cada ángulo de fase con el correspondiente valor de amplitud de la onda senoidal. La forma básica de hacer esto es utilizar una memoria y conectar su bus de direcciones a la salida del acumulador de fase. Y para cada valor de fase se obtiene el dato almacenado en memoria que corresponde a la amplitud en esa fase. Sin embargo, debido a que la salida del acumulador tiene un ancho muy grande como para utilizar todos sus bits para direccionar una memoria, necesitaría una memoria con una capacidad demasiado grande que incrementaría el costo del sintetizador. Por ejemplo, si utilizamos 32 bits de direcciones, se necesitaría una memoria de $2^{32} = 4096$ Mega-palabras.

Por lo tanto para tener una memoria más pequeña es necesario tener una longitud de palabra más corta en su entrada. Si se diseñara un acumulador de fase más pequeño la resolución en frecuencia se reduciría, es por eso que lo ideal sería truncar la salida del acumulador de fase de sus 32 bits originales a 14 solamente. Con lo que se lograría una precisión considerable para obtener el resultado esperado, y los errores provocados por dicho truncamiento son compensados más tarde mediante la construcción de la tabla de conversión fase amplitud[7].

2.2.1 Explotación de la Simetría de la función senoidal.

Una técnica bien conocida es almacenar solamente $\pi/2$ rad de la información senoidal, y a partir de ahí generar las muestras de la tabla de conversión de la senoidal para la gama completa de 2π , de esta manera se puede explotar la simetría de la función seno [4]. La disminución de la capacidad de la tabla de conversión es pagada por la lógica adicional necesaria para generar los complementos de la salida del acumulador y de la tabla de búsqueda. Los detalles de este método se demuestran en figura 5. Los dos bits más significativos del acumulador de fase son utilizados para descifrar los cuadrantes, mientras que los bits restantes $K-2$ se utilizan para direccionar los valores de la tabla de conversión del seno de solo uno de los cuadrantes, el bit más significativo determina el signo de la señal, y el segundo bit más significativo determina si la amplitud está aumentando o disminuyendo. Se utiliza la salida del acumulador $K-2$ para el primer y tercer cuadrantes. Para el segundo y cuarto cuadrante, los bits $K-2$ del acumulador de fase deben ser complementados con el propósito de que la pendiente de diente de sierra sea invertida. Según lo demostrado en figura 5, la forma de onda muestreada en la salida de la tabla de conversión es una versión rectificadora de la onda seno. La salida final de la señal senoidal es entonces generada multiplicando la versión rectificadora por -1 cuando la fase está entre el π y 2π .

En la mayoría de las implementaciones digitales de los DDS, los números son representados en formato de complemento a dos.

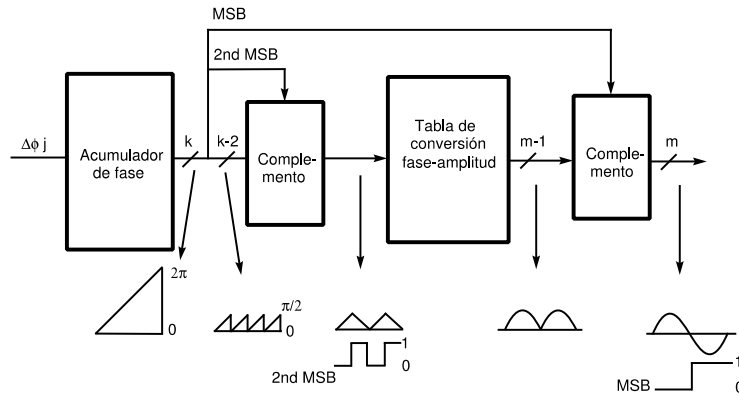


Figura 5. Diagrama a bloques de la simetría de la función senoidal.

Las dimensiones de la tabla de búsqueda del seno se ha reducido gracias al aprovechamiento de la simetría de la función senoidal. Los dos bits mas significativos de los bits de fase son usados para decodificar los cuadrantes, y los bits restantes son utilizados para direccionar un cuadrante en la tabla de conversión. Primero que nada, será presentado un algoritmo conocido como Algoritmo de diferencia seno-fase, este algoritmo es utilizado en todas las técnicas de compresión excepto para el algoritmo de CORDIC. Las técnicas de compresión son: Aproximaciones trigonométricas, la llamada arquitectura de Nicholas, el método de series de Taylor, y el algoritmo de CORDIC. [4].

2.2.2 Algoritmo de diferencia seno-fase

Para obtener los valores de 0 a $\pi/2$ de la señal senoidal, es necesario calcular y guardar los valores obtenidos por la siguiente ecuación

$$f(\varphi) = \sin(\pi\varphi/2 - \varphi) \quad (6)$$

en lugar de $\sin(\pi\varphi/2)$ en la tabla, ya que de esta forma podemos ahorrar 2 bit de amplitud en el guardado de la función senoidal. En la figura 6. se muestra el diagrama en bloques de este idea. La desventaja de esta reducción en el guardado es la introducción de un sumador extra en la salida.

$$f(\varphi) = \sin(\pi\varphi/2 - \varphi) + \varphi \quad (7)$$

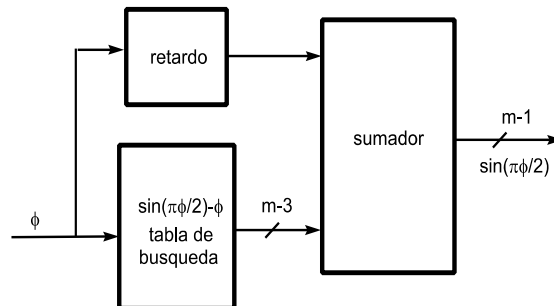


Figura 6. Diferencia de seno-fase

2.2.3 Arquitectura de Sunderland

La técnica original de Sunderland es basada en simples identidades trigonométricas, conocido por esto como algoritmo de aproximaciones trigonométricas. Este algoritmo ha sido el método más eficaz para comprimir los valores de guardado en la tabla de conversión [4]. Esta arquitectura, mostrada en la figura 7, proporciona una gran reducción en los requisitos del guardado de los valores de la tabla de conversión substituyendo una memoria ROM con un tamaño de 2^{A+B+C} de palabra por dos memorias ROM más pequeñas de un tamaño de 2^{A+B} y 2^{A+C} de palabra, donde las salidas se suman para reconstruir parte de la función senoidal. Esto proporciona un cociente de la compresión del almacenaje de 45,056 a 3.840 bits, o 11.7:1. La asignación de los valores de la tabla de conversión en esta arquitectura se basa en varias aproximaciones trigonométricas. Primero, los bits que representan el argumento de la fase, φ , de un cuadrante de la función senoidal se descomponen en la suma de tres funciones: $\alpha < \pi/2$, $\beta < (\pi/2)(2-A)$ y $\chi < (\pi/2)(2-(A-B))$ tales que $\varphi = \alpha + \beta + \chi$. Usando identidades trigonométricas queda

$$\sin(\alpha + \beta + \chi) \approx \sin(\alpha + \beta) + \cos(\alpha) \sin(\chi). \quad (8)$$

El contenido de la primera ROM es elegido por los valores de $\sin(\alpha + \beta)$ y la segunda ROM por el resultado de $\cos(\alpha) \sin(\chi)$.

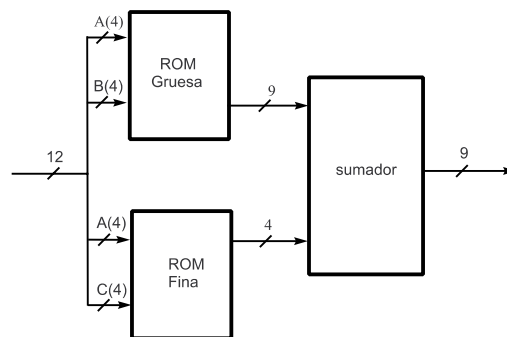
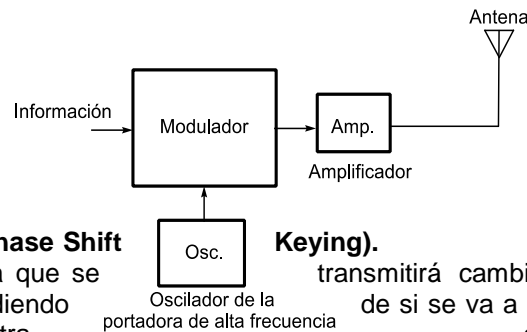


Figura 7. Modelo de Arq. Sunderland.

3. MODULACIÓN.

Modulación es la operación mediante la cual ciertas características de una onda, denominada portadora, se modifica en función de otra denominada moduladora, que contiene la información a transmitir. La señal resultante se denomina modulada [2]. Este proceso se ilustra en la figura 8.



3.1 Modulación PSK (Phase Shift Keying).

En PSK, la señal binaria que se transmite cambia el ángulo de fase de la onda senoidal, dependiendo de si se va a transmitir un 0 binario o un 1 binario. La figura 9 ilustra este método, un desfasamiento de 180°, la máxima diferencia en fase que puede ocurrir, se denomina inversión de fase. La figura 10 describe la forma más sencilla de PSK, corrimiento de fase por llaveo binario (BPSK).

Figura 8. Modulador

Durante el tiempo que ocurre un 0 binario, la señal de la portadora se transmite con una fase; cuando ocurre un 1 binario, la portadora se transmite con un corrimiento de fase de 180°.

4. DESARROLLO

Teniendo un conocimiento sobre la técnica de síntesis digital directa y los diferentes tipos de modulación, en especial la PSK, podemos plantear las soluciones obtenidas y la forma en que se desarrolló la modulación digital directa, nos apoya en la modulación PSK. El transceptor de datos al igual del posible control digital en todos sus bloques, la DDS también proporciona el ancho de banda para llevar a cabo el control distribuido. Un diagrama detallado a bloque del modulador se muestra en la figura 11. Este diagrama solo muestra los bloques funcionales desarrollados en VHDL.

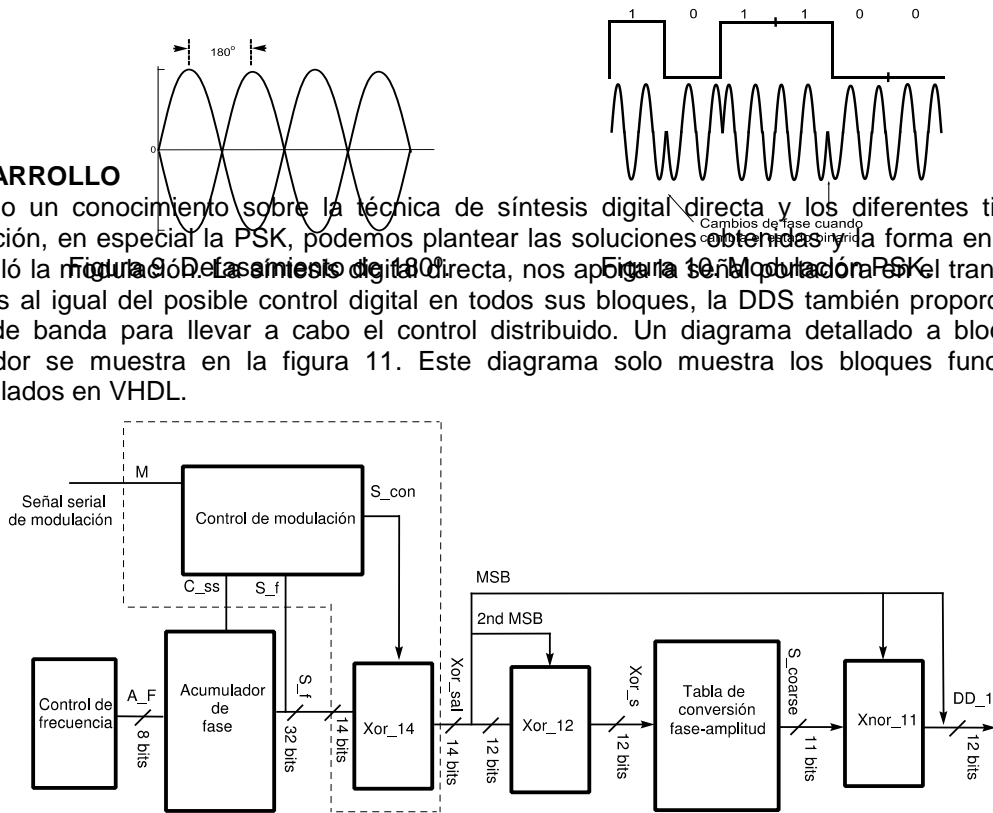


Figura 11. Diagrama a bloques del modulador desarrollado en VHDL

4.1 Acumulador de Fase.

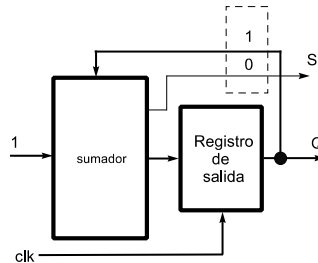
La PSK o BPSK consiste en modular una señal portadora con un desfase de 180°. En este caso el transceptor de datos realiza la modulación en forma síncrona, es por ello que para realizar el desfase es necesario saber el inicio o el fin de la señal portadora. Es posible determinarlo, realizando una máquina de estado y utilizando los bits que representan los cuadrantes y el signo de la señal. Analizando con detalle el funcionamiento del DDS se puede observar que existe otra solución, hay un momento dentro del acumulador de fase donde se indica el fin del periodo de la señal [1]. Esto es antes del desbordamiento del acumulador, al recibir cada pulso de reloj, el acumulador de fase incrementa la fase en un número indicado por el número de bits en su entrada, este es el valor que establece la frecuencia.

Cuando el acumulador llega a su valor máximo, vuelve a cero y continúa con su cuenta en forma cíclica, es en esta transición en la cual podemos saber el fin o el inicio del periodo de la señal, al momento de que el acumulador llega a su cuenta máxima el registro de salida contiene este último valor esto se da en el flanco positivo, el resto del tiempo del ciclo del reloj el sumador ya ha realizado la suma y contiene el nuevo valor, la figura 12 muestra esta idea, de esta manera podemos determinar el fin del periodo de manera anticipada. La figura 13 muestra el diagrama a bloques del acumulador de fase con estructura Pipeline de 4 bits y con una nueva salida la cual pertenece al bit más significativo del sumador antes del registro.

4.2 Control del modulación.

El control de la modulación se desarrolla en base a tres bits, uno de ellos es aportado por la señal

serial de modulación o información a transmitir, los dos bits restantes son el bit mas significativo de la salida del acumulador y el bit mas significativo del sumador del acumulador de fase, estos dos últimos indican el fin de la señal, uniéndolos con el de información se realiza una máquina de estado la cual controla la modulación y entrega un bit de control, el cual es enviado a una bloque de compuertas OR-exclusiva de 14 bits (Xor 14) de acuerdo a las características de esta compuerta realiza un complemento, invirtiendo los valores de la salida del acumulador y entregando un desfase de 180°.



4.3 Tabla de amplitud.

Figura 12. Acumulador de fase

conversión fase

En las secciones anteriores se describieron los diferentes tipos de algoritmos para la comprensión de 0 a $\pi/2$ de una onda senoidal, el algoritmo de Sunderland optimizado fue el mas indicado para el desarrollo de la señal portadora en el transceptor de datos, este algoritmo aporta grandes ventajas al reducir la capacidad de la ROM, en dos ROM mas pequeñas, y el de solo añadir un sumador extra. En la figura 14 se muestra un diagrama a bloques de la tabla de conversión fase-amplitud.

Mediante esta técnica se puede observar claramente que se ahorran 2 bits en la resolución de la salida de dicha memoria, ya que, la señal a ser guardada en esta memoria tiene como valor máximo en todo el intervalo el valor de 0.21, lo cual hace que, los dos bits mas significativos de la salida de esta memoria tengan siempre el valor lógico de 0 y por consiguiente se pueden suprimir, haciendo la arquitectura del sumador mas sencilla; Los valores utilizados para llenar la memoria gruesa son aquellos que se encuentran a la mitad de la región de interpolación deseada, dando ya la forma esencial de la señal deseada. La memoria mas pequeña es llenada con correcciones del error cuadrático medio, pero después de ser implementada se cayó en la conclusión de que los

valores aportados memoria no alcanzaban repercutir resolución salida que planteó, la es de 12 por esta se decidió el uso de bloque de memoria, por ello que encuentra figura 14.

por la
 fina
 a
 en la
 de
 se
 cual
 bits,
 razón
 omitir
 este
 es
 no se
 en la

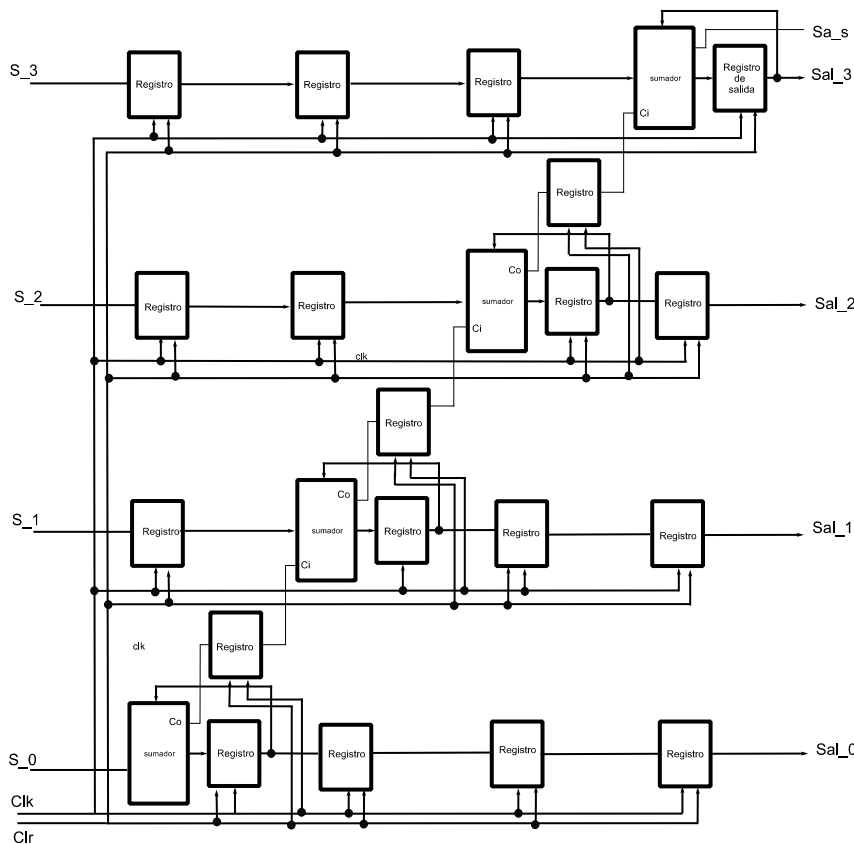


Figura 13. Acumulador de fase de 4 bit en Pipeline.

Al final se logró obtener una salida con error máximo de 0,051 % con la aproximación deseada, lo cual es imperceptible para la resolución manejada. Esta reducción en la tabla de conversión fase-amplitud, provocó ahorro de recursos del FPGA, y un aumento en la velocidad de trabajo del sistema. Ya que, la ROM es el bloque que mayor recursos solicita.

4.4 Control de frecuencia.

Este bloque se encarga del control distribuido, proporcionando un multiplexado entre las diferentes frecuencias de la portadora, los bloques restantes son bloques de compuertas OR-exclusivas y NOR-exclusiva.

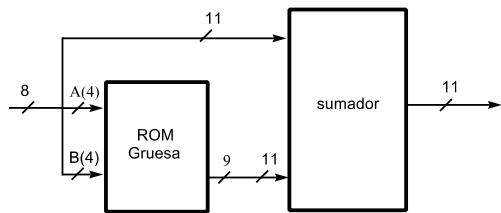


Figura 14. Bloque de conversión fase-amplitud

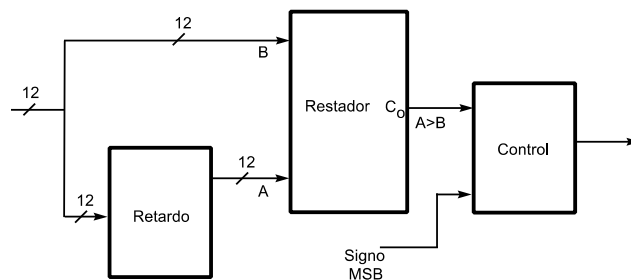


Figura 15. Bloque de demodulador

4.5 Demodulación

Partiendo de ADC, podemos realizar la demodulación o detección. La recuperación de la señal de inteligencia es obtenida por medio de un restador (comparador) y un bloque de retardo. En la figura 15, se muestra esta idea. Los 12 bits del ADC son enviados, a un bloque de retardo (Flip-flop) y dirigidos a una de las entradas del restador, la entrada restante es conectada con los 12 bits sin

ningún bloque de retardo, con la intención de ir comparando el nuevo valor con el anterior, esta operación define los cuadrantes y aporta una mayor rango.

Realizando una máquina de estado, con el bit de signo (MSB) y la salida del restador, los datos que se encuentran en la señal portadora pueden ser recuperados con un retardo mínimo.

Conversión Digital-Analógico, se tiene entonces la salida de todo el sistema un bus de 12 bits con signo que da forma a un señal senoidal completa, se utilizo el puerto A2 de expansión de la tarjeta Spartan-III para escalarlo con una tarjeta impresa que contiene tres etapas principales:

Fuente: Se utilizo una fuente dual de ± 5 V para alimentar el circuito analógico.

DAC: Se eligió utilizar el DAC2902 [3] de Burr Brown para la conversión ya que sus inmejorables características en cuanto a velocidad de conversión logran excelentes resultados puesto que no necesita ser activado para trabajar, es decir que convierte cada dato del bus de entrada en cuanto llega este con lo cual se obtiene la capacidad de trabajar a una frecuencia de 50 MHz que es la proporcionada por la tarjeta Spartan 3.

Acoplamiento: Para esta etapa se eligió un diseño simple de acoplamiento de impedancias y no se le dio ganancia para evitar pequeñas fallas en cuanto a la fidelidad de la señal, fue utilizado el amplificador operacional OPA642 de Burr Brown por sus excelentes características, pues la velocidad de trabajo de esta etapa es de suma importancia para este proyecto.

5. CONCLUSIONES

El desarrollo y descripción de todos los bloques digitales del transceptor de datos se llevaron a cabo mediante el lenguaje de modelado y descripción VHDL y sintetizado en la tarjeta Spartan-III de Xilinx, esta tarjeta es una herramienta que proporciona un desarrollo efectivo y completo; ya que cuenta con una gran cantidad de componentes y características, a continuación se mencionan algunos de ellos: FPGA XC3S200 Spartan-3 de Xilinx que cuenta con 200,000 compuertas programables, plataforma PROM Flash XCF02S de Xilinx con capacidad de 2Mbits, memoria rápida SRAM asíncrona de 1Mbyte, puerto VGA de 3-bit 8-color, puerto Serial RS-232 de 9 pines, puerto PS/2 compatible con mouse y teclado, señal de reloj mediante un cristal oscilador de 50 MHz, zócalo Auxiliar para señal de reloj externa, tres puertos de Expansión con 40 pines cada uno, puerto JTAG que permite cargar fácilmente datos a la tarjeta, reguladores de voltaje de 3.3, 2.5 y 1.2 V. Contando con la parte digital implementada y los valores digitales de la señal a generar, el paso siguiente es convertir éstos valores digitales a formato analógico mediante un convertidor digital analógico (DAC). Este DAC debe de tener la misma resolución de bits, para que no se ocasione una pérdida de calidad en la señal de salida. El convertidor elegido fue el DAC2902, es un convertidor digital analógico de muy alta velocidad, con un diseño monolítico, de 12 bits, con doble canal, y es optimizado para proporcionar alto funcionamiento dinámico mientras que solamente disipa 310mW. Operando con altos índices de actualización de hasta 125MSPS, el DAC2902 ofrece funcionamiento dinámico excepcional, y permite la generación de frecuencias de salida muy altas convenientes para aplicaciones de radio frecuencias. Cada DAC tiene una salida diferencial de alta impedancia. El DAC2902 utiliza un tecnología avanzada de CMOS; la segmentación dividida de la arquitectura reduce al mínimo la energía de interferencia de salida, y maximiza el funcionamiento dinámico. Todas las entradas digitales son compatibles con una lógica de +3.3V y de +5V. El DAC2902 cuenta con un circuito interno de referencia, al igual que permite el uso de una referencia externa.

La pruebas realizadas al transceptor de datos corresponden con los datos de las simulaciones, los oscilogramas obtenidos fueron medidos por un osciloscopio digital Tektronix modelo TDS 220. Las pruebas se realizaron aumentando la frecuencia de la señal portadora: 783.3KHz, 1.188MHz, 196.6KHz, 1.572MHz, 1.188MHz, con una señal moduladora de 1 KHz generada por el mismo FPGA. En estas imágenes (figura 6), se puede observar la inversión de fase para la señal portadora, también se puede observar que el sistema tiende hacer síncrono ya que para poder darse el defasamiento se debe dar el cruce por cero o la culminación de un periodo completo.

En conclusión la DDS es una de las herramientas con mayor éxito para la generación de funciones, aportando grandes beneficios en control de amplitud, fase y frecuencia para cualquier tipo de señal, aunado, la tecnología FPGA da mayor rendimiento, portabilidad y la reconfiguración del propio sistema. Y claro aprovechando el paralelismo, los FPGAs exceden la potencia de cómputo

de muchos dispositivos. Las limitaciones que pueden aquejar al transceptor están dadas por elementos externos al FPGA como la señal de reloj y el DAC. No habría ningún problema si se requiere modulaciones mayores a los 25MHz, ya que esto depende de la señal de reloj y no de la propia descripción del transceptor.

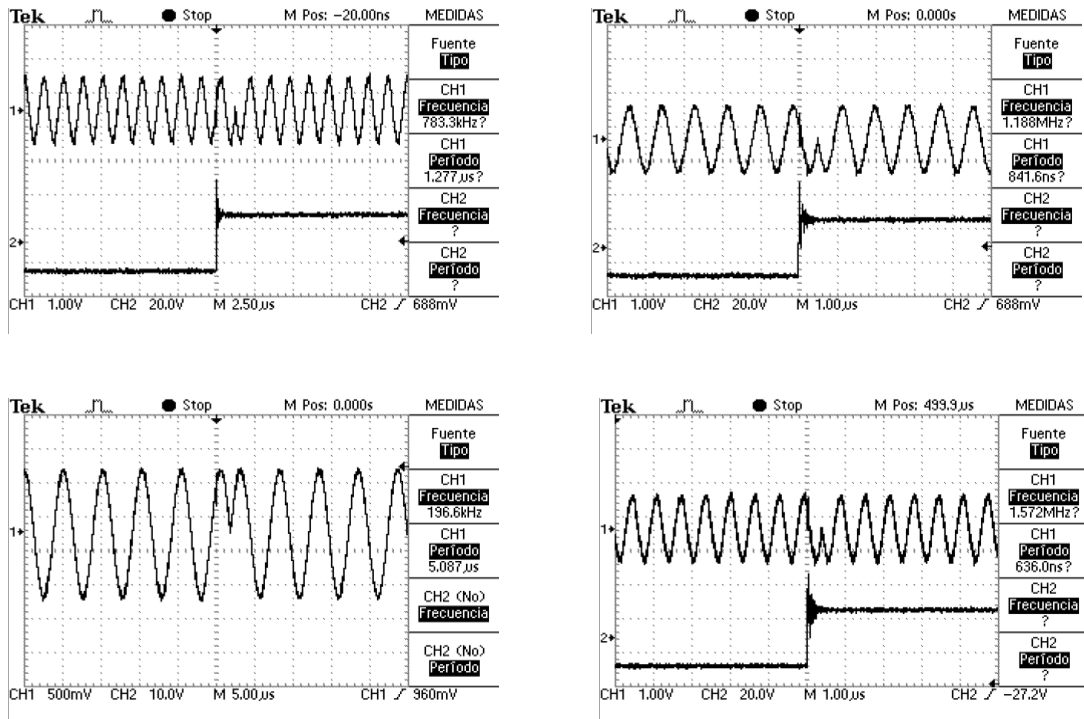


Figura 16. Oscilogramas de las pruebas realizadas.

REFERENCIAS

1. René de J. Romero Troncoso, "Sistemas Digitales con VHDL", Legaria Ediciones.
2. Louis E. Frenzel, "Sistemas Electrónicos de Comunicaciones", Alfaomega grupo editor, 2003.
3. J.E Volder, "The CORDIC trigonometric computing techniqueNegation as Failure in the Head", 1995.
4. Jouko Vankka, "Methods of Mapping from Phase to Sine Amplitudte in Direct Digital Synthesis", 1997.
5. H.T Nicholas, H Samueli, and B. Kim, "The optimization of direct digital frequency synthesizer performance in the presence of infinite word length effects", 1988.
6. Hoja de Datos, Burr-Brown Products from Texas Instruments, DAC2902. Dual, 12-Bit, 125MSPS, Digital-to-Analog converter
7. Yong Sin Kim, Soo Hwan Kim, Kwang-Hyun Baek , "Multiple Trigonometric Ap- proximation of Sine-Amplitude with Small ROM Size for Direct Digital Frequency Synthesizers", 2000.
8. Maximiliano O. Sonnaillon, "Tutorial des intesis digital directa", Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Parana.

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE TÉCNICAS DE INTRUSIÓN EN UN SISTEMA HONEYPOT PARA ANÁLISIS DE EVIDENCIA DIGITAL

Vladimir Veniamin Cabañas Victoria, Laura Yésica Dávalos Castilla, Melissa Blanqueto Estrada

Universidad de Quintana Roo
Blvd. Bahía Esq. Ignacio Comonfort S/N Col. Del Bosque. C.P. 77019 Chetumal, Quintana Roo Tel
(983) 8350300

{vdrakul, laurad, melissa}@uqroo.mx

Resumen

La evidencia en la vida real se utiliza para esclarecer hechos y relacionar distintos eventos. Es un elemento en el cual la protección de su legitimidad y veracidad es una tarea que se torna difícil por la frágil naturaleza y vulnerabilidad de este factor, características que la hacen un constante desafío para aquellos que la analizan en pro del esclarecimiento de cuestiones de vulneración de los sistemas.

El análisis forense es la técnica de capturar, procesar e investigar información con el fin de que pueda ser utilizada en la justicia, tarea que debe ser supervisada desde el punto de vista técnico hasta el jurídico.

Para contar con evidencia digital útil es necesario un dispositivo que haya sido objeto de alguna infracción, esto pone en riesgo la información y a los sistemas que la administran, almacenan y/o procesan; una buena forma de evitar que esto ocurra es la instalación de un servidor *HoneyPot*.

Combinando algunas técnicas de intrusión con la obtención de evidencia digital, se propone crear un ambiente controlado para pruebas de penetración que permitan identificar los elementos mas importantes en ataques informáticos

Abstract

Evidence is used to clarify facts and to find relationships among different occurrences in real life. However, it becomes rather difficult to protect the legitimacy and veracity due to its fragile and vulnerable nature. This same nature makes it a constant challenge for those who analyze evidence in pro of looking for explanations for questions regarding system vulnerability.

Forensic analysis is the technique used to capture, process, and investigate information for its use in legal matters. Therefore, this analysis must be supervised from a technical perspective, as well as a legal viewpoint.

In order to obtain suitable digital evidence, it is necessary to employ a device that has been used for infringement. This jeopardizes the safety of the information and the systems that administer, store, and/or process evidence. A good way to prevent this threat is by installing a *HoneyPot* server. Through the combination of some techniques used for intruding and obtaining digital evidence, a controlled environment for infiltration tests is created in order to identify potential computer attacks.

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de intrusión tienen como objetivo aprovechar las vulnerabilidades de los sistemas informáticos con el fin de obtener, modificar, eliminar y/o visualizar la información contenida y/o transmitida en ellos. Para entender un poco mejor las técnicas de intrusión es necesario definir el concepto de incidente de seguridad informática, la cual puede considerarse como una violación o

intento de violación de una política de seguridad, de una política de uso adecuado o de las buenas prácticas de utilización de los sistemas informáticos.

Algunas de las clasificaciones de los incidentes de seguridad informática son [1]:

- a) Incidentes de denegación de servicios (DoS). Tipo de incidente cuya finalidad es obstaculizar, dañar o impedir el acceso a redes, sistemas o aplicaciones mediante el agotamiento de los recursos.
- b) Incidentes de códigos maliciosos. Cualquier tipo de código ya sea virus, gusano, caballo de troya que pueda ejecutarse en un sistema e infectarlo.
- c) Incidentes de acceso no autorizado. Se produce cuando un usuario o aplicación accede, por medio de hardware o software, sin los permisos adecuados a un sistema, a una red, a una aplicación o los datos.
- d) Incidentes por uso inapropiado. Se da cuando los usuarios se “saltan” las políticas de uso apropiado de los sistemas.
- e) Incidente múltiple. Se produce cuando el incidente implica varios tipos de incidentes.

Estos incidentes pueden ser provocados desde dentro de la organización propietaria de los sistemas informáticos o fuera de ella, con o sin intención y lo que se requiere es contar con un plan de respuesta a incidentes. El plan debe contener el alcance, propósito y objetivo del mismo, actuaciones para la contención del incidente, procedimientos de recuperación y restauración de sistemas, valoración de los daños, elaboración de informes del incidente entre otros.

Dentro del plan de respuesta a incidentes es importante poder identificar de manera precisa el incidente determinando sus características, condiciones y el contexto en el que se presentó. Los incidentes que se toman en cuenta para el presente trabajo son los marcados en el inciso a. Los cuales desbordan los recursos de una computadora víctima de manera que se interrumpan los servicios que ella ofrece a sus clientes como los que se enlistan a continuación [2]:

- **Flooding:** Su objetivo es saturar los recursos del sistema por medio de mensajes que requieren el establecer una conexión y dar respuesta.
- **SYN Flood:** Consiste en el envío de un paquete SYN pero no responde el ACK produciendo en la pila TCP/IP una espera para recibir la respuesta de la computadora atacante. Para que este ataque funcione se debe enviar una dirección IP suplantada inexistente, de manera que la computadora víctima no sea capaz de dar respuesta. Si la IP existe la máquina víctima contestará con un SYN/ACK y al no obtener respuesta finalizará con un RST y por ende el ataque no funcionará.
- **Connection Flood:** Un desbordamiento de conexiones también consiste en saturar la computadora atacada con peticiones. Ejemplo: Si un servicio web admite 5000 conexiones, es suficiente que un atacante realice 5000 conexiones sin nada que solicitar a la computadora víctima, con lo cual otros usuarios no pueden acceder al servicio que ésta suministra. Aunque transcurrido un tiempo las conexiones se van liberando, por inactividad, tan solo se debe seguir enviando peticiones de conexión para ir reemplazando las liberadas y dejar el servicio inoperativo.
- **Ataque LAND:** Consiste en el envío de un paquete que contenga la dirección y puerto origen igual a la dirección y puerto destino a uno de los puertos de la computadora que esté abierto dentro del rango 113 al 139 del *NETBIOS* de la máquina víctima. Después de varios envíos de dichos paquetes la computadora dejará de responder.
- **Tormenta BROADCAST:** Se envía una petición ICMP a una dirección *broadcast*, la petición ICMP llevará como IP origen la de la computadora a la que le queramos realizar la denegación de servicio. Ante la petición realizada el dispositivo *broadcast* lo lanzará a todas las computadoras en la red y por ende empezarán a responder a la víctima saturándola de respuestas que no podrá procesar y con ello se producirá un colapso del sistema.

- **OOB o SUPERNUKE:** Técnica que consiste en el envío de paquetes UDP modificados con la señal *Out Off Band* activada a alguno de los puertos del rango 137 al 139 del NETBIOS lo cual ocasionará que la computadora los interprete como no válidos.
- **TEARDROP ONE Y TEARDROP TWO:** Este ataque se realiza enviando paquetes fragmentados con datos que se solapan entre sí, algunas implementaciones de colas IP no pueden ensamblar correctamente este tipo de paquetes y la computadora se bloquea.
- **Bombardeo de E-mail:** Consiste en el envío masivo de un mensaje idéntico a un mismo destinatario saturando con ello la cuenta de correo del usuario atacado.

Una excelente forma de minimizar el posible impacto negativo de un ataque a los sistemas informáticos a través de las técnicas de intrusión que se proponen en este trabajo es la implementación de un sistema Honeypot.

Un HoneyPot es una herramienta que funciona como una trampa colocada a conciencia, permite simular un estado de vulnerabilidad en un servidor el cual recolecta muestras con el propósito de realizar un análisis de evidencia digital de los datos obtenidos, clasificar el tipo de ataque, el origen de éstos, determinar responsabilidades y en general, contribuir en la tarea de prevención de ataques y garantizar la confiabilidad en los servidores auténticos de una organización. [3]

2. METODOLOGÍA

En la primera etapa del desarrollo del proyecto denominada “planeación” se hará un breve análisis de las herramientas para implementación de honeypots, técnicas de intrusión para denegación de servicios y de aplicaciones para analizar la evidencia digital. Las actividades a realizar son:

- a) diseño del ambiente de pruebas, es decir, la definición de los equipos, la configuración de éstos, la configuración de la red y la arquitectura de esta.
- b) instalación del honeypot
- c) selección y aplicación de las técnicas para denegación de servicios.

La segunda etapa denominada “implementación” consta de pruebas de ataques simulados al honeypot y la recolección de evidencias.

La tercera y última etapa denominada “obtención de evidencia digital” tendrá como actividades analizar los datos obtenidos de los ataques realizados, preservación de la evidencia digital y análisis de la misma para determinar las acciones a realizar para contener los incidentes.

3. DESARROLLO

3.1 Planeación
Diseño del ambiente de pruebas Para la realización de la integración de las técnicas de intrusión y la recolección de evidencia digital ante un ataque de denegación de servicios, se propone una red en la cual exista un servidor con servicios legítimos, en este caso de web y correo electrónico, el honeypot y los hosts de una red típica.

La figura 1 muestra la configuración de red y la disposición del honeypot implementado sobre la cual se realizan las intrusiones.

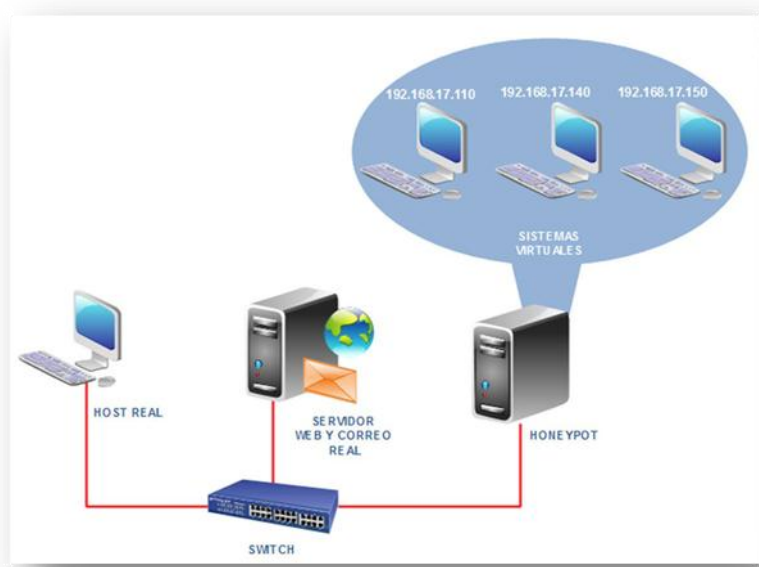


Figura 54. Diseño del ambiente de pruebas para las intrusiones

3.1.2 Configuración del Honeypot

Para configurar Honeyd se utiliza el archivo **honeyd.conf** en el cual se definen las características que tienen los equipos y servidores simulados para servir como distractores con los posibles intrusos.

Al instalar Honeyd en el sistema se crea automáticamente un archivo **honeyd.conf** que contiene configuración predeterminada, este archivo se modifica de acuerdo a las características de los equipos que se desean simular, a continuación se presenta como ejemplo una posible configuración de host:

```
create default
set default personality "FreeBSD 2.2.1-STABLE"
set default default tcp action reset
add default tcp port 80 open
add default tcp port 22 "sh scripts/web.sh"
add default tcp port 113 reset
add default tcp port 1 reset
```

Create.- Parámetro que se utiliza para definir el nombre que tendrá el host a simular, en este caso la personalidad definida es *default*.

Set.- Parámetro que se utiliza para asignar el sistema operativo que simula el host creado, en este caso el sistema asignado es "FreeBSD 2.2.1-STABLE", los sistemas operativos y las versiones disponibles que son posibles de asignar se encuentran en el archivo ubicado en la ruta `/etc/honeypot/nmap.assoc`.

Default.- Parámetro que indica el protocolo a utilizar, en este caso es TCP (Transport Control Protocol), sin embargo también es posible asignar los protocolos UDP e ICMP.

Action.- Parámetro que determina el comportamiento del puerto, el parámetro *reset* significa que este puerto responde con un RST, que de acuerdo con la especificación TCP RFC793 se devuelve un paquete RST cuando se intenta conectar a un puerto sin servicio; en la siguiente tabla se especifican los posibles comportamientos de los puertos. La tabla 1 muestra los comportamientos que pueden tener los puertos.

La instrucción "**sh scripts/web.sh**" utilizada para iniciar la configuración del honeypot indica que se simularán servicios web; los scrips disponibles se encuentran ubicados en la ruta /usr/share/honeyd/script. Una vez definidos los parámetros generales del honeypot se genera el archivo de configuración como se muestra a continuación:

```
create windows

set windows personality "Microsoft Windows XP Professional SP2"
set windows default tcp action reset
set windows default udp action reset
set windows default icmp action open
add windows tcp port 23 "perl /usr/share/honeyd/scripts/faketelnet.pl"
add windows tcp port 80 "sh /usr/share/honeyd/scripts/web.sh"
add windows tcp port 139 open
add windows udp port 137 open
add windows tcp port 137 open

bind 192.168.17.140 windows

create windows2

set windows2 personality "Microsoft Windows XP Professional SP2"
set windows2 default tcp action reset
set windows2 default udp action reset
set windows2 default icmp action open
add windows2 tcp port 139 open
add windows2 udp port 137 open
add windows2 tcp port 137 open
bind 192.168.17.150 windows2

create sticky
set sticky personality "Apple Mac OS 8.6"
set sticky default tcp action tarpit open
set sticky default udp action block
bind 192.168.17.110 sticky
```

Se simulan 3 computadoras con las siguientes características:

```
set windows personality "Microsoft Windows XP Professional SP2"
```

Como se puede observar en la línea anterior la computadora simulará un sistema operativo Microsoft Windows XP Professional y service pack 2.

```
set windows default tcp action reset
```

Esta línea indica que el protocolo TCP responderá con el bit RST lo que significa el rechazo del intento de conexión.

```
set windows default udp action reset
```

En el caso de la línea anterior el protocolo UDP responde con un mensaje ICMP de error de puerto.

```
set windows default icmp action open
```

En el caso de ICMP en acción OPEN responderá con paquetes ICMP.

```
add windows tcp port 23 "perl /usr/share/honeyd/scripts/faketelnet.pl"
```

Esta línea indica el protocolo tcp y puerto 23 por el cual se simulará las respuestas a peticiones de conexión telnet, el script aplicado es fakelnet es utilizado para simular respuestas a conexiones telnet en sistemas Windows, Linux y Solaris.

```
add windows tcp port 80 "sh /usr/share/honeyd/scripts/web.sh"
```

La línea anterior indica que por el puerto 80 se realizará la simulación de un servidor web, utilizando en este caso el script web.sh.

```
add windows tcp port 139 open
add windows udp port 137 open
add windows tcp port 137 open
```

Las líneas anteriores indican los puertos adicionales que se mantendrán abiertos en esta máquina.

Tras haber configurado el archivo *honeyd.conf* se instalan dos de las herramientas que complementan el trabajo de la aplicación *honeyd*:

FARPD rellenará el espacio de direcciones IP que no han sido asignadas en la red, dando al intruso información falsa respecto a las direcciones asignadas.

Para instalarlo se agrega la siguiente línea de comandos en una terminal.

```
sudo apt-get install farpd
```

NMAP.- El archivo *nmap.prints*, guarda las huellas de nmap. Nmap usa este archivo para validar el sistema operativo de un equipo remoto y honeyd lo usa para emular la pila de protocolos IP para ese sistema operativo, de esta manera es posible ir actualizando la lista con nuevos sistemas operativos.

Para instalarlo se agrega la siguiente línea de comandos en una terminal.

```
sudo apt-get install nmap
```

Una vez instaladas las aplicaciones necesarias se procede a su aplicación y finalmente el inicio de *honeyd* en el sistema.

Se aplica FARPD a todo el segmento de red en el que actúa *honeyd*.

```
farpd 192.168.17.0/24
```

Para poder registrar todas las alarmas que se presentan es necesario tener un archivo de bitácora-log el cual es de suma importancia, dado que de este archivo se obtendrá la información que se analizará y permitirá llegar a conclusiones importantes en este proyecto, dicho archivo se crea en la ruta */var/log/honeypot/* con el siguiente comando:

```
nano /var/log/honeypot/honeyd.log
```

Como último paso queda iniciar el servicio de *honeyd*, añadiendo la siguiente línea de comandos en una terminal:

```
honeyd -i eth0 -d -p nmap.prints -l /var/log/honeypot/honeyd.log -f honeyd.conf 192.168.17.140
192.168.17.150 192.168.17.11
```

Parámetros:

- i.- Este parámetro indica la interfaz por la cual se iniciará el servicio en este caso es la **eth0**
- d.- Este parámetro habilita el envío de mensajes en modo verboso.
- p (**fingerprints**).- Este parámetro lee las huellas dactilares estilo nmap.
- l (**logfile**).- Registrar los paquetes y las conexiones con el archivo log del sistema.
- f (**file**).- Este parámetro permite tener acceso al archivo de configuración para la simulación de distintos sistemas operativos.

3.2 Implementación Técnicas de ataques de denegación de servicios El primer paso para realizar un ataque (conocido como “Footprinting”) implicaría conocer detalles sobre la víctima, para ello se puede utilizar internet para determinar nombres de dominio, direcciones IP identificables, servicios TCP o UDP corriendo, ACL’s, sistemas de detección de intrusos. En la parte de la intranet se puede obtener información de bloques de redes, nombres de dominios internos, protocolos de red usados, etc. En el proceso de hacking este paso se considera fundamental, el cual no será tomado en cuenta, ya que es un ambiente controlado para realización de las pruebas

El siguiente paso llamado “Scanning” consiste en identificar los objetivos del mismo, es decir, cuáles redes, hosts o servicios son los que se desean comprometer. Para lograr lo anterior se utilizó **AngryIP** [5] la cual es una aplicación de código abierto cuyo objetivo es el de monitorear y escanear rangos de IP dentro de una red y cuyas características principales son que además del escaneo de rangos de direcciones IP y puertos, indica si existe un host conectado, así como información relacionada con nombre, grupo de trabajo, etc. Otra herramienta para obtener la información en la etapa de scanning es **Netdiscover** [6] la cual permite localizar equipos en la red y proporcionan la relación entre la IP y la dirección física de los dispositivos de comunicación o hosts a través del uso de ARP (Address Resolution Protocol). **Nmap** [7] es otra aplicación originalmente diseñada para realizar auditorías en redes informáticas, sin embargo es una de las herramientas indispensables en las actividades tanto de hacking ético o las consideradas ilícitas.

Una fase posterior conocida como “System Hacking” es implementada en este trabajo utilizando **Nessus**, [8] herramienta diseñada para realizar comprobaciones de vulnerabilidades conocidas de manera automática. Utiliza una base de firmas desarrolladas en el lenguaje NASL (Nessus Attack Scripting Language), las cuales concuerdan con aplicaciones, versiones y vulnerabilidades almacenadas en una base de datos para realizar una exploración del sistema o de los equipos de una red y dar aviso por medio de un reporte ante algún fallo de seguridad.

Finalmente se lleva a cabo la etapa de denegación del servicio a través de un ataque smurf combinado con flooder para comprobar una denegación de servicio en alguno de los host que el honeyd tiene activos.

Este tipo de ataque puede no parecer crítico, ya que el efecto no es permanente, es decir deja de tener efecto al cesar la interferencia, y los resultados del ataque no son visibles para el atacante, pero es el más importante en cuanto a las consecuencias que produce en las instalaciones en las que la disponibilidad sea un factor esencial [4]

El ataque *Smurf* se basa en el envío de paquetes *ping* al *broadcast* de una red haciendo *spoofing* a la dirección IP que envía la petición. Así, todas las computadoras disponibles de la red contestarán a la vez a la computadora que se quiere atacar, es decir la máquina con la IP a la que le ha aplicado *spoofing*. Se incluye además la función flood para que el envío sea masivo

3.3 Obtención de la evidencia digital Para el análisis de las pruebas obtenidas a través de los archivos de registro log se utilizó Honeydsum [9], un analizador de registros, que realiza filtrado por puertos, protocolos, direcciones IP o redes; es capaz de identificar la dirección principal, el puerto al que se realizó la conexión y el número de conexiones realizadas por hora, además de generar gráficos de los resultados arrojados.

4. CONCLUSIONES

Uno de los principales objetivos de integrar algunas técnicas de intrusión en un ambiente controlado, el cual no implique un riesgo importante para la seguridad de una red a través de un honeypot es poder analizar lo que sucede ante un ataque verdadero. Esto permite a los administradores de una red, tomar las acciones necesarias para realizar "hardening" a los sistemas informáticos, es decir, a minimizar los daños que se pudieran ocasionar al verse comprometidos en ataques intrusivos, además obtener evidencia digital de las condiciones, los métodos y técnicas utilizadas en un ataque.

REFERENCIAS

- [1] Delgado López, M. (2007). *Análisis Forense Digital*. Criptored.
- [2] Pérez, C. M. (2003). *Hackers*. Anaya Multimedia.
- [3] Jacco Tunnissen - HONEYPOTS.NET . (s.f.). *HONEYPOTS.NET* . [Último acceso: 07 01 2012].
- [4] Andreu, F (2006). *Redes WLAN, fundamentos y aplicaciones de seguridad*. MARCOMBO S.A.
- [5] Keks, Anton AngryIP Documentacion [En línea]. Available: <http://www.angryip.org/w/Documentation>. [Último acceso: 16 01 2012].
- [6] Peñalba, Jaime Netdiscover [En línea]. Available: <http://www.nixgeneration.com/~jaime/netdiscover/>. [Último acceso: 16 01 2012].
- [7] Fyodor Nmap Guía de Referencia [En línea]. Available: <http://nmap.org/man/es/>. [Último acceso: 18 01 2012].
- [8] Gula, Ron Nessus White Papers [En línea]. Available: <http://www.tenable.com/expert-resources/whitepapers>. [Último acceso: 2 02 2012].
- [9] Montes, Antonio Honeyssum [En línea]. Available: <http://www.honeynet.org.br/tools/#honeydsum> [Último acceso: 2 02 2012].

Modeling Simulation and Path Tracking Nonlinear Control for a Wheeled Mobile Robot.

Cristian Gisel Pérez Tapia, Eduardo Steed Espinoza, Abel García Barrientos, Jesús Pacheco Muños.

Abstract

This paper presents the classic kinematic model of differential mobile robot and the nonlinear control trajectory tracking. Nonlinear control scheme is based on input-output feedback, which is responsible for obtaining the velocity profiles. The model and control is simulated in MatLab with the Simulink 3D Animation help.

Resumen

Este trabajo presenta el modelado cinemático clásico de un robot móvil y el diseño de un control no lineal para el seguimiento de trayectoria basado en el esquema de linealización por retroalimentación de entrada-salida, el cual nos permite obtener los perfiles de velocidad deseados para el seguimiento de trayectoria. El modelo y el control fueron simulados en 3D con la ayuda de Simulink 3D Animation en MatLab.

Introduction

It is well known that there is a broad spectrum in the range of robots and each one is the subject of study and research, in this case it works with so-called mobile robots, i.e. those that use as a means of locomotion to the wheels. Be made and applied control theory mobile robots. All mobile robots have properties and structural constraints, which affect the mathematical model [1], such as working assumptions described in section 2. The mathematical model is a non-holonomic system that is not dependent on the speed and also requires non-integral [2]. Similarly it is known that a non-holonomic systems cannot be stabilized by a differentiable control law, even when the system is completely controllable, so the stabilization of these systems can be achieved through control laws not differentiable or time-varying [3], [4], [5], [6].

This article describes the nonlinear control and 3D simulation of a mobile robot to track preset paths in cartesian plane. The 3D simulator of the mobile robot was performed with the MatLab toolbox 3D Animation, the design of the pieces is made with CAD software which is SolidWorks with actual measurements of the Mobile Robot. The trajectory tracking control is a pattern input-output linearization by feedback [6]. This paper is organized as follows in Section 2 develops the nonlinear control applied to mobile robot kinematics. Section 3 presents the results and 3D simulation of robot path tracking. In section 4 finally presents conclusions of this article.

2. Kinematic Model of Mobile Robot

The ideally assumptions for model of the mobile robot are as follows:

- The wheels do not deform to move the robot.
- It moves in a smooth horizontal plane. The mathematical model of a mobile robot is non-holonomic since the velocities along the axes of generalized integral constraints do not satisfy [7].
- Center of mass is located at the point (x, y) .

Now we can model the robot (see Figure 1) by Euler-LaGrange, knowing that the systems are generalized coordinates x , y and θ , by the following equations which are.

$$T = \frac{1}{2} m [v_{izq}^2 + v_{der}^2] \quad (1)$$

$$V = mgh_1 + mgh_2 = 0 \quad (2)$$

Where m is the mass of the robot, v_{izq} and v_{der} are the speeds of the left and right wheel of the robot respectively, which are represented by equations (3) and (4), T is the kinetic energy and V is the potential energy which is equal to zero, as it does not move on the axis z .

$$v_{izq} = \dot{x}_1^2 - 2\dot{x}_1 \dot{L} \sin(\theta) \dot{\theta} - 2\dot{y}_1 \dot{L} \cos(\theta) \dot{\theta} + L^2 \dot{\theta}^2 + \dot{y}_1^2 \quad (3)$$

$$v_{der} = \dot{x}_1^2 + 2\dot{x}_1 \dot{L} \sin(\theta) \dot{\theta} + 2\dot{y}_1 \dot{L} \cos(\theta) \dot{\theta} + L^2 \dot{\theta}^2 + \dot{y}_1^2 \quad (4)$$

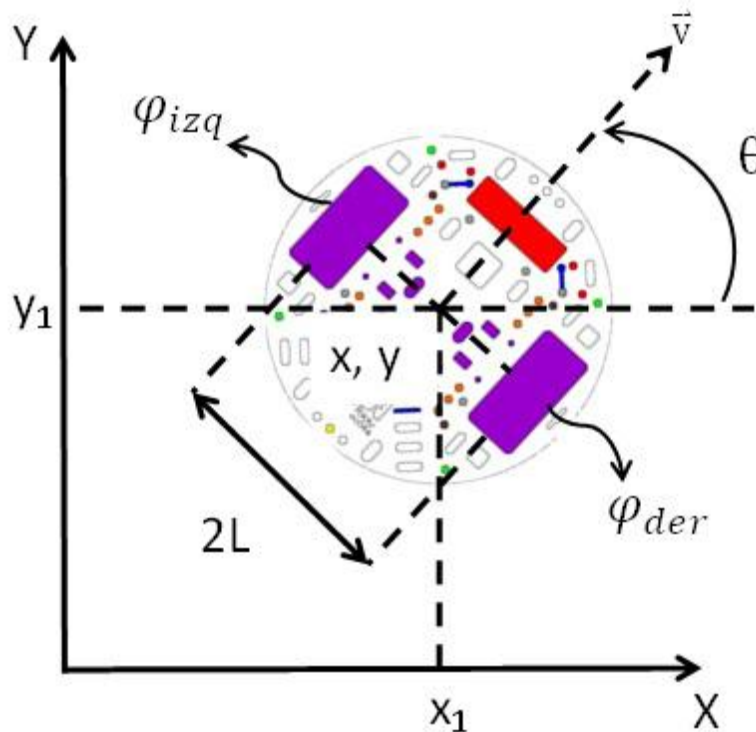


Figure 1: Diagram of the Mobile Robot

Therefore from equations (3) and (4) yields:

$$v_{der} + v_{izq} = 2\dot{x}_1^2 + L^2\dot{\theta}^2 + y_1^2 \quad (5)$$

This result directly affects the kinetic energy and is finally as follows:

$$T = \frac{1}{2}m \left[2\dot{x}_1^2 + L^2\dot{\theta}^2 + y_1^2 \right] \quad (6)$$

Then we use the method of Euler LaGrange is resolved and we get:

$$\dot{x} = \frac{r(\omega_{izq} + \omega_{der})\cos(\theta)}{2} \quad (7)$$

$$\dot{y} = \frac{r(\omega_{izq} + \omega_{der})\sin(\theta)}{2} \quad (8)$$

$$\dot{\theta} = \frac{r(\omega_{izq} - \omega_{der})}{2l} \quad (9)$$

$$\omega_{izq} = v_{izq} / r$$

$$\omega_{der} = v_{der} / r$$

Where ω is the angular velocity, V is the linear velocity in the left and right tires, r is the radius of the tire and L is the distance between the tire and the center of the robot. Equations (7), (8) and (9) are the mathematical representation of the mobile robot kinematic model in question. Their linear speeds representation is as follows:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= u_1 \cos(\theta) \\ \dot{y} &= u_1 \sin(\theta) \\ \dot{\theta} &= u_2 \end{aligned} \quad (10)$$

Where x_0 represents the position along the axis X , y_0 represents the position along the axis Y and represents the orientation of the longitudinal axis of the robot with respect to the axis X .

3. Mobile Robot Control

In this section we assume the problem of taking the cartesian space of mobile robot $X(t) = [x(t); y(t); \theta(t)]$, to a given desired trajectory $X(t)^* = [x(t)^*; y(t)^*; \theta(t)^*]$. In this case we want the mobile robot moves along the path described by the following equation.

$$y(t)^* = x^3(t)^* \quad (11)$$

Deriving equation (11) respect to time and substituting equations (10) find that the orientation angle is given by the following equation

$$\theta(t)^* = \arctan(3 * x^2(t)^*) \quad (12)$$

Only need to define $x(t)^*$, which we can choose:

$$x(t)^* = a \sin\left(\frac{2\pi}{P} t\right) \quad (13)$$

With the equation (13) the mobile robot will move the origin (0, 0) to (a, a³), then return to the origin, to the point (-a, a³), and finally back to the origin (0, 0), the path will end its route in time P seconds.

3.1. Input - Output linearization by Feedback

In this section we develop a controller that linearizes the response input - output system (10) [6] considering u_1 ; u_2 as control variables and x , y as variables output, the system is described this way $\dot{q} = A(\theta)u$

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = A(\theta) \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

We can see that the matrix A is singular for all values of x ; y ; θ , therefore would not be possible to linearize the response input - output system, which defines a state variable over ζ and also a new control variable \tilde{u}_1 where the change of variables $\dot{\zeta} = u_1, u_1 = \zeta$. The extended system has new control variables are \tilde{u}_1 and u_2 , which are related are the output variables as follows

$$\begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \zeta \sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \zeta \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = A(\theta, \zeta) \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

Define the feedback system as follows

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = A_e^{-1}(\theta, \zeta) \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (14)$$

As long as $\zeta \neq 0$ and where the new control variables are v_1, v_2 and are given by

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ddot{x}_d - k_{x1} \dot{e}_x - k_{x0} e_x \\ \ddot{y}_d - k_{y1} \dot{e}_y - k_{y0} e_y \end{bmatrix} \quad (15)$$

Where the constants k_{xi} y k_{yi} are control gains which make the error tends to zero and the error functions are defined by $e_x = x-x^*$ and $e_y = y-y^*$. The control law (14) it is clear that is not defined when $\zeta \neq 0$ for this reason [6] proposed another control law equally a control that linearizes the input and output state feedback, but with other output variables x and θ . The relationship of the control variables with the output variables is as follows

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \tilde{A}(\theta) \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Now choosing the control variables v_1 and v_2

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \tilde{A}^{-1}(\theta) \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (17)$$

where the control variables v_1 and v_2 are defined as

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x}^* - k_x e_x \\ \dot{\theta}^* - k_\theta e_\theta \end{bmatrix} \quad (18)$$

Where the constants k_x y k_θ are control gains which make the error tends to zero and the error functions are defined by $e_x = x - x^*$ and $e_\theta = \theta - \theta^*$.

The control law (17) is not defined $\theta = \frac{k\pi}{2}, k = \pm 1, \pm 2, \dots$ as it grows out of control, and as mentioned the control law (17) is not defined when $\zeta \neq 0$ i.e. when the robot is at rest or when path indicates to robot must stop for a moment, for these reasons we can say that the control laws are not defined globally, for this reason the swap control between the control law (14) and the control law (17) to avoid discontinuities.

4. Simulation in Virtual Environment

The control scheme of the mobile robot was simulated in Matlab Simulink (see Figure 2), the path shown previously starts with the control law (17) because of the uniqueness mentioned above with the following parameters $a = 0.5$ m, $P = 60$ s, the design parameters of the control law (14) y (17) are $k_{x1} = k_{y1} = 3$ y $k_{x0} = k_{y0} = 1$ y $k_x = k_\theta = 1$ respectively.

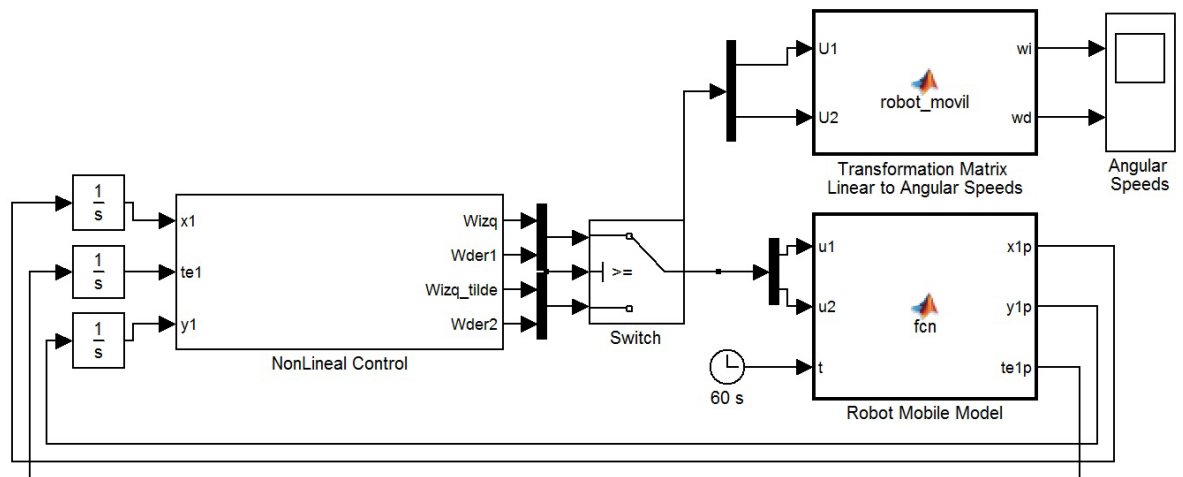


Figure 2: Control diagram

Then the initial conditions were set at $x_0 = 0.12m$, $\theta_0 = 0.12$ m and $y_0 = 0$ m to observe in X and Y trajectory tracking (see Figure 3)

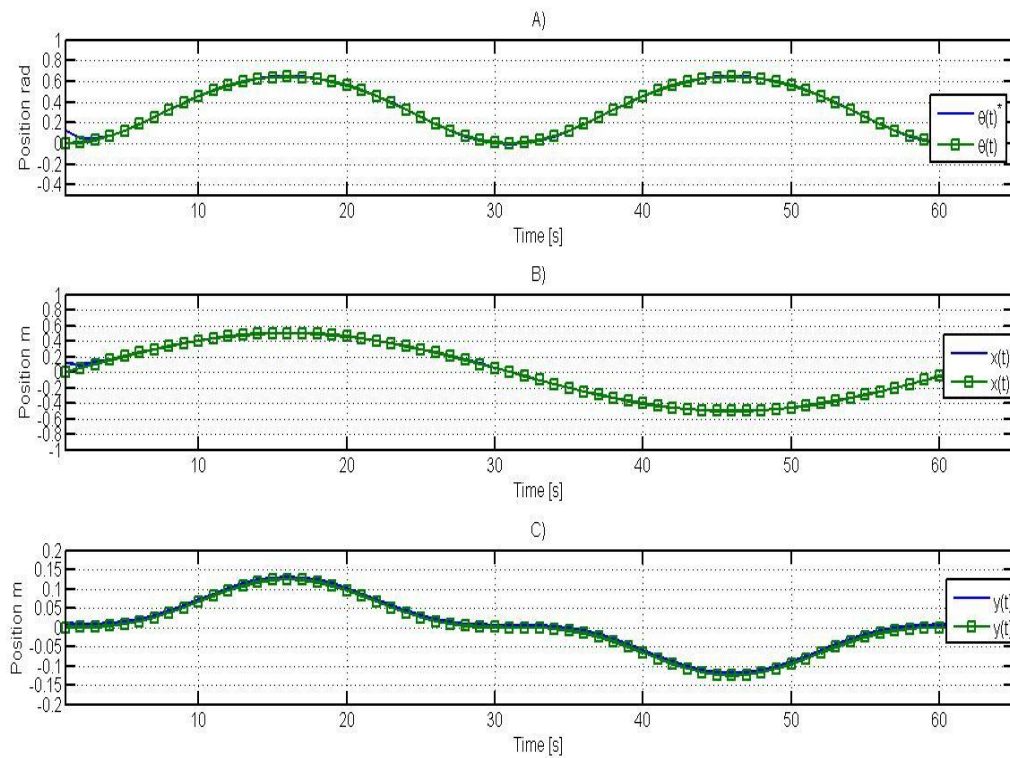


Figure 3: Desired trajectories and the trajectories obtained from $X - X^*$

- A) It is the graphical orientation of the desired angle θ^* (green line with squares) with respect to the orientation of the angle obtained θ (blue line).
- B) Is the graph of the desired x^* position (green line with squares) with respect to position x obtained (blue line).
- C) Is the graph of the desired y^* position (green line with squares) with respect to position y obtained (blue line).

We performed the design of mobile robot using 3D SolidWork and with the help of animation Simulink package we made a virtual environment for simulation of mobile robot as shown in Figure 4. We can see the desired path formed by the mobile simulator in Figure 5.

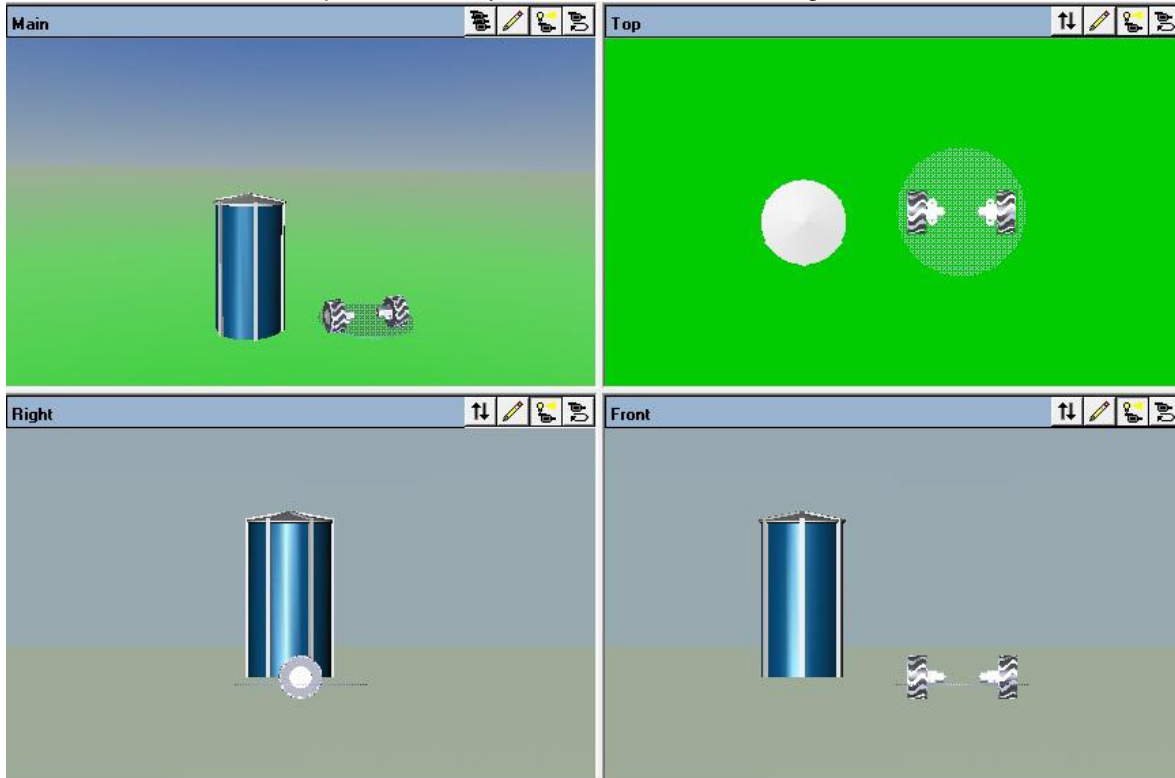


Figure 4: Four views of the virtual environment

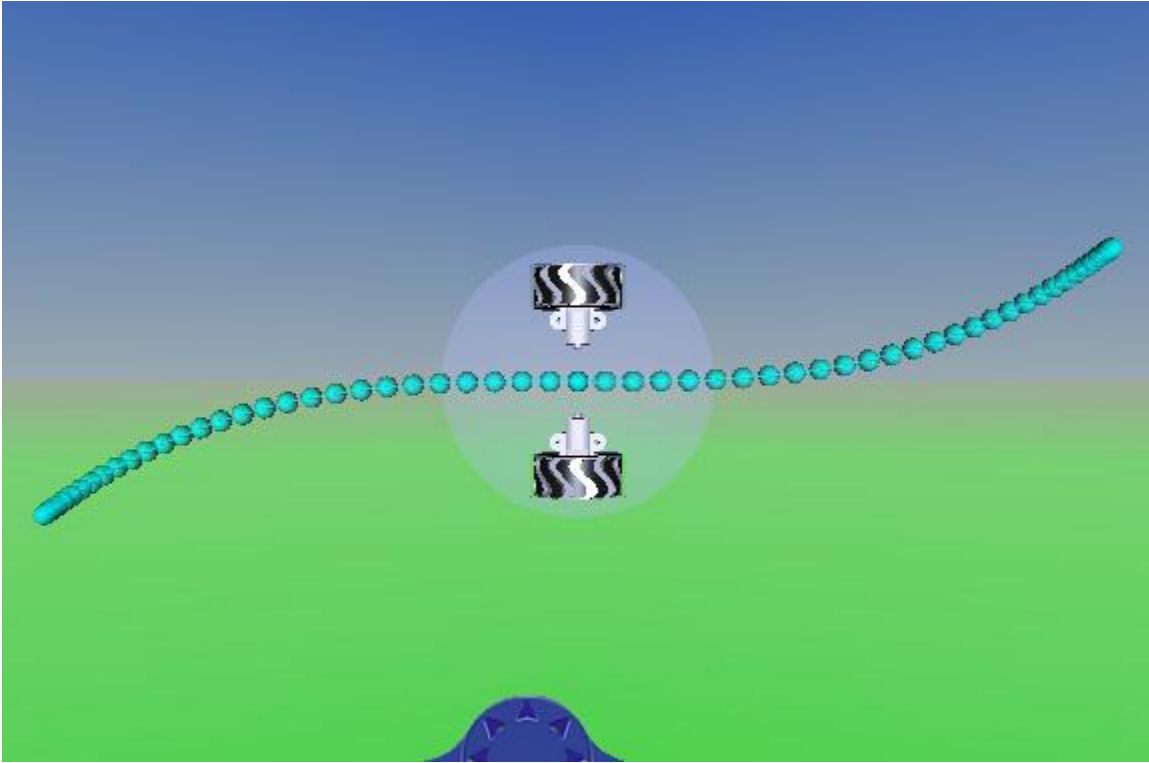


Figure 5: Desired trajectory drawn in the 3D simulator

5. Conclusions

This paper presented the development of a nonlinear control of robot kinematics with different desired path [6]. Likewise, we performed a simulation of a virtual environment where you can see better path described by the nonlinear control. A continuation of this work is to carry out the implementation of this control over the actual prototype mobile robot applied equally and functional design control laws for this type of nonlinear systems.

6. Reference

- [1] Guy C.; G. Bustin ; B. D'Andrea-Nobel.
"Structural properties and classification of kinematic and dynamic models of wheeled mobile robots".IEEE Transactions on Robotics and Automation (1996).
- [2] Anibal O. B. *"Robotica Manipuladores y Robots Móviles"*.Marcombo Editorial (2001).
- [3] Coron J.M. "On the stabilization of locally controllable systems by means of continuous time varying feedback laws ", SIAM Journal on Control And Optimization (1995).
- [4] Samson C. *"Control of chained systems. Application to path following and time-varying"*

points stabilization of mobile robots ", IEEE Transactions on Automatic Control (1995).

[5] Pomet J. B. "*Explicit design of time-varying stabilizing control laws for a class of controllable systems without drift*", IEEE Transactions on Automatic Control (1995).

[6] Aranda B; Salgado J.T; Velasco V.M. (2002) "*Control no Lineal Discontinuo de un Robot Móvil* ", Computación y Sistemas.

[7] Tilbury D; R.M. Murray; S.S Satry. "*Trajectory generation for the n-trailer problem using goursat normal form*". IEEE Transactions on Automatic Control (1995).

[8] Francisco Javier G. Ch. "Introducción A la Mecánica Analítica". Universidad de Alicante (2008).

[9] Ortigoza R. S.; García Sánchez J. R.; Barrientos Sotelo V. R.; M. Molina V. A. "*Una Panorámica de los Robot Móviles*". Revista Electrónica de Estudios Telemáticos (2007).

TECNOLOGÍA EMBEBIDA: UNA APLICACIÓN DE TRANSMISIÓN DE DATOS ANALÓGICOS VÍA RED INALÁMBRICA

J. Torres Jaime, O. Salinas Aviles, J. Vázquez Colín, R. Urzua Rangel, F. J. Castillo Subdiaz, G. Beltrán Román.

josetorres@utez.edu.mx, osalinas@utez.edu.mx, jaimevazquez@utez.edu.mx,
franciscocastillo@utez.edu.mx, robertourzua@utez.edu.mx, gabrielbeltran@utez.edu.mx,

Resumen: Las tarjetas con tecnología embebida son un instrumento de alta capacidad de control, ya que en la actualidad tienen diversas aplicaciones en automatización, demótica, control, etc. Con los sistemas embebidos se pueden construir sistemas de medición y automatización que se ajustan exactamente a las necesidades (definidos por el usuario). Pero que además, se tiene la posibilidad de conectarse vía remota por IP, Bluetooth, x10, xBee, etc. En este proyecto se destaca la posibilidad de conectarse mediante una dirección IP, la información se graba en la memoria flash y esta información se puede obtener en un archivo tipo texto, la tarjeta no requiere estar conectada a una PC, esta sólo necesita tener la alimentación necesaria para que funcione. El lenguaje de programación utilizado para la tarjeta RCM3710 es el Dinamic C.

Palabras Clave: Tecnología, embebido, Comunicación, Memoria, Lenguaje.

Abstract The cards with technology embedded are an instrument of high capacity of control, since in the actuality have diverse applications in automatization, demotic, control, etc. With the systems embedded can build systems of measurement and automatization that adjust exactly to the needs (defined by the user). ButKeywords: paper format, instructions, innovation, technological advances. But that besides, has the possibility to connect remote road by IP, Bluetooth, x10, xBee, etc. In this project highlights the possibility to connect by means of a direction IP, the information record in the memory flash and this information can obtain in a file type text, the card does not require to be connected to a PC, This only needs to have the alimentation necessary so that it work. The language of programming used for the card RCM3710 uses the Dinamic C.

Key Words: Technology embedded, Communication, Memory, Language.

Introducción

Con el rápido avance de las tecnologías de fabricación de circuitos integrados han surgido nuevos circuitos programables para el procesamiento digital y procesamiento analógico, conocidos como FPGAs y FPAAs, respectivamente [1]. Estos novedosos circuitos integrados han motivado el desarrollo de aplicaciones en el campo de la electrónica y de ella la telemática. Adicionalmente, la tecnología MOS ha permitido integrar en un sólo chip circuitos programables para procesamiento analógico y digital [2]. En este trabajo se presenta el software e implementación de un sistema para el procesamiento de Señales de un banco de baterías que debe ser monitoreado cada minuto vía IP, para un sistema de alarma en la central de transmisiones de Telmex. Debido a que el protocolo de comunicación IP está diseñado para realizar control de hardware entonces este desarrollo puede ser muy útil en aplicaciones domóticas o inmóticas [3]. Por otro lado, la posibilidad de incorporar comunicación TCP/IP a sistemas de hardware reconfigurable, permite acortar la fase de diseño y multiplicar la variedad de soluciones a desarrollarse, ofrece un espectro extraordinario de aplicaciones que sólo la imaginación y creatividad del hombre serán capaces de llenar [4]. Hasta el momento en que se inició esta investigación se estudiaron varias tarjetas de comunicación con tecnología embebida para diseños con comunicación TCP/IP, conexión por USB y conexión por puerto serial que permita el control remoto de los recursos de hardware de dicha plataforma,

esto constituye el problema científico a tratar en esta investigación, a partir del cual se trazó como objetivo de la investigación: La obtención de señales analógicas de un banco de baterías, estas a su vez convertirlas a digital y esta información grabarla en una memoria flash, para después convertirla en formato txt mediante el protocolo de comunicación TCP/IP, esto se debe hacer mediante el software Dinamic C [5], el cual servirá como plataforma para obtener la información analógica, procesarla y capturar los datos digitalizados. Para darle solución al problema expuesto se plantea la siguiente hipótesis:

Sobre la base de que existe experiencia suficiente de trabajo con tecnología Rabbitcore modulo RCM3710, así como que los kit de desarrollo tienen incorporado un circuito integrado capaz de realizar las funciones de control de la interfaz de red del modelo TCP/IP.

Se supone el uso de una red local TCP/IP confiable a nivel de transporte y que los recursos de hardware del Rabbitcore modulo RCM3710 son suficientes para permitir la ejecución de protocolos TCP/IP, incluyendo protocolos de nivel de aplicación.

Se aplicará el análisis de la arquitectura del procesador embebido Rabbitcore y se verificará el módulo de propiedad intelectual (IP Rabbitcore), para el manejo de la interfaz física, el control de acceso al medio y la gestión del enlace lógico.

Se espera que los resultados derivados de la integración de estas herramientas ofrecerán, la posibilidad de gestionar remotamente los recursos hardware del Rabbitcore modulo RCM3710 para la adquisición y envío de datos analógicos y digitales a través de la web.

1.1 Tarjeta con Tecnología Embebida .

Un sistema embebido es un [sistema](#) de tamaño reducido diseñado para realizar una o algunas funciones dedicadas. La mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la [placa base](#) (ver figura 1). Por lo general los sistemas embebidos se pueden programar directamente en el [lenguaje ensamblador](#) del microcontrolador o microprocesador incorporado sobre el mismo o bien, utilizando algún compilador específico, suelen utilizarse lenguajes como [C](#), [C++](#). La [comunicación](#) adquiere gran importancia en los sistemas embebidos. Lo normal es que el sistema pueda comunicarse mediante interfaces estándar de cable o inalámbricas. Así un Sistema Inalámbrico (SI) normalmente incorporará puertos de comunicaciones del tipo [RS-232](#), [RS-485](#), [SPI](#), [I²C](#), [CAN](#), [USB](#), [IP](#), [Wi-Fi](#), [GSM](#), [GPRS](#), [DSRC](#), xBee, x10, etc. además incluye la misma tarjeta una pantalla grafica, táctil, LCD, de acuerdo a las necesidades del usuario. [12] También incluyen salidas PWM, módulos de entrada y salida analógicas y digitales. Otra de las características de este tipo de tarjetas es el uso de la de memoria RAM y flash el cual almacena las instrucciones que controlan el funcionamiento del sistema. Estas instrucciones comprenden el programa que ejecuta el sistema.

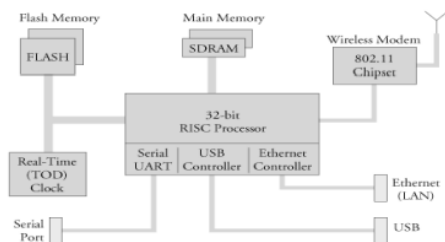


Fig.1. Sistema embebido.

La memoria también almacena varios tipos de datos: datos de entrada que aún no han sido procesados, resultados intermedios del procesamiento y resultados finales en espera de salida al exterior. Por ello un Sistema Embebido (SE), normalmente interactúa continuamente con el entorno para vigilar o controlar algún proceso mediante una serie de [sensores](#). Su hardware se diseña normalmente a nivel de [chips](#), o de interconexión de PCB (printed circuit board), buscando la mínima circuitería y el menor tamaño para una aplicación particular. Un sistema embebido complejo puede utilizar un [sistema operativo](#) como apoyo para la ejecución de sus programas,

sobre todo cuando se requiere la ejecución simultánea de los mismos [10]. Un microprocesador Rabbitcore cuenta con una amplia capacidad de memoria, capacidades de cálculo, Tiempos de desarrollo, Periféricos disponibles y control de tiempo [7].

1.1.1 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE.

Mínimo de requerimientos necesarios para utilizar un módulo Rabbit en la operación del software y edición de archivos en programación C (ver figura 2).

- Dynamic C v. 8.30 – 9.6x para soportar Rabbit 3000.
- Mínimo de memoria flash 256 KB.
- Mínimo de memoria RAM 256 KB.
- Sistema Operativo W2000/ XP / W7.
- Conectividad en Red con TCP/IP.
- Puerto USB.
- Dynamic C, es el nombre del ambiente de desarrollo IDE (Integrated Development Environment) que el fabricante propone para desarrollar con Rabbit, en este ambiente se integra las siguientes operaciones para aplicación: Edición, Compilación, Linkeado, Cargado en el procesador y Depuración.



Figura2. Módulo rabbitcore 3710.

2.1 DISEÑO FUNCIONAL DEL SISTEMA.

Etapas del sistema del monitoreo de adquisición de datos de bancos de baterías:

1. Conversor de señal
2. Lectura de datos
3. Captura de datos
4. Grabado de los datos
5. Creación de archivo .txt
6. Asignación de nombre del mismo archivo .txt
7. Grabación de archivo .txt
8. Adquisición del archivo .txt via ftp
9. Sistema alarmado para bajo voltaje
10. Sistema de temperatura
11. Muestra los datos en el lcd

Se diseñó un protocolo ubicado en el nivel de aplicación del modelo tcp/ip, con funcionalidades similares a aquellas de protocolos que intercambian caracteres ascii planos, como por ejemplo http, ftp, smtp, pop3 y otros, basados en el modelo cliente-servidor.[6] en principio la conexión ip, implementado en la tarjeta rcm3710 quedará a la escucha de nuevas solicitudes de conexión en el puerto tcp/ip, que una vez establecidas reaccionan de una forma u otra a la llegada de comandos o directivas desde el cliente. se han definido dos estados para la implementación de este proyecto, un estado inicial obtención de datos cada minuto, estos datos son guardados en la memoria flash y uno final en donde se tiene acceso a la memoria flash, para obtener los datos en formato texto obtenido mediante comandos ftp implementados en el software de la tarjeta rabbitcore.

además se desarrolló circuitería adicional con el objetivo principal de acondicionar la señal de entrada para niveles de voltaje aceptables por la tarjeta embebida, esta se basó en el uso del amplificador operacional como comparador ver figura 3, ya que los niveles analógicos aceptables deben estar entre 0 y 5 volts.

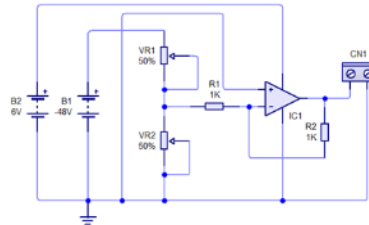


Figura 3, acondicionamiento de la señal.

Para las salidas se tienen dos casos uno que se refiere a la activación de un circuito de potencia que sirve como indicador de emergencia (ver figura 4), esto es importante ya que si el comparador entrega una lectura fuera de los rangos estipulados, entonces la tarjeta embebida a través del software envía una alarma; en el segundo caso se refiere al monitoreo de los datos adquiridos por minuto a través del lcd (figura 5).

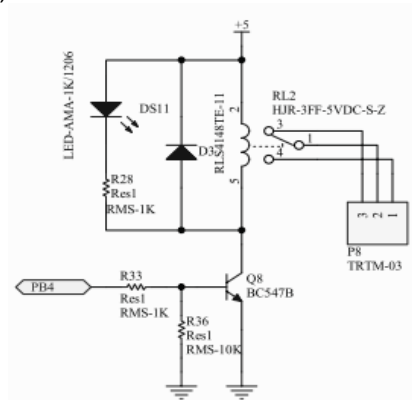


Figura 4 Circuito de potencia como alarma.

Esto es para observar que la tarjeta está funcionando y tomando los datos adquiridos (también se puede hacer vía protocolo de comunicación ip).

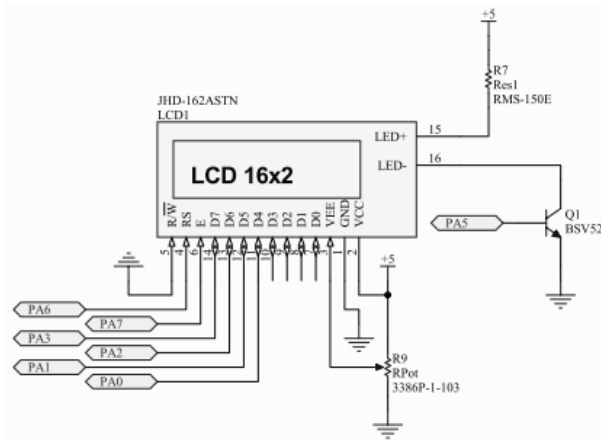


Figura 5, circuito de monitoreo lcd.

2.1.1 DISEÑO DEL SOFTWARE.

Para la adquisición de datos y control de salidas digitales del protocolo se ha utilizado el software dinámico. Las potencialidades que este software brinda a la hora de representar procesos simples de comunicación en redes mediante tcp/ip, permite perfectamente reproducir las condiciones bajo las cuales este protocolo funcionará. Por ello el dinámico contiene todas las librerías y drivers de comunicación con la tarjeta rabbitcore, es decir, librerías que contienen el uso de la comunicación tcp/ip, el uso de las entradas y salidas de la memoria flash del procesador, las entradas y salidas analógicas y digitales. En el caso particular de la aplicación implementada en el marco de este proyecto sólo se ha tenido en cuenta el almacenamiento de la información en memoria flash, sin embargo, puede suceder que la memoria en un tiempo dado se llene y en este caso se recicla la información, es decir, la existente se borra y se carga la nueva. Por esta razón lo que se ha pretendido es crear las bases para futuras aplicaciones dando además las posibilidades de extender el uso del protocolo de comunicación. En la implementación práctica del protocolo se ha apelado fundamentalmente a las diferentes librerías del c, para el intercambio de información entre el cliente y el servidor, cuyas respectivas sintaxis se muestran a continuación:

```
#class auto
#define FAT_BLOCK
#define FAT_USE_FORWARDSLASH
#define HTTP_NO_FLASHSPEC

#define TCPCONFIG 1
#define _PRIMARY_STATIC_IP "192.168.11.205" //IP asignada al Rabbit
#define _PRIMARY_NETMASK "255.255.255.0" //Máscara de subred
#define MY_GATEWAY "192.168.11.254" //Puerta de enlace
#define MY_NAMESERVER "192.168.11.254"

#define SSPEC_MAXSPEC 10
#define SSPEC_NO_STATIC
#define SSPEC_FLASHRULES
#define FTP_EXTENSIONS
#define FTP_DEBUG
#define ZSERVER_DEBUG
#define FTP_MAXSERVERS 2
#memmap xmem
#use "fat.lib"
#use "drtcp.lib"
#use "ftp_server.lib"

FATfile my_file;

xstring xtext { "Bien venidos al servidor FTP. Obtener archivo txt.\n\n", "" };
```

```

long
xmem_strdup( long xstr )
{
    auto long    xsrc, xnext;
    auto long    siz;
    auto long    xdest;

    xmem2root( & xsrc, xstr+0, 4 );
    xmem2root( & xnext, xstr+4, 4 );
    siz = xnext - xsrc - 1; //No almacena datos nulos.

    xdest = xalloc( (int)siz + 4 );
    root2xmem( xdest, & siz, 4 );
    xmem2xmem( xdest+4, xsrc, (int)siz );
    return( xdest );
} /* end xmem_strdup() */
#define ANON_GROUP    0x0001 // Mascara para cualquier usuario
#define FOO_GROUP    0x0002 //mascar de usuario que puede acceder
SSPEC_RULETABLE_START
    SSPEC_MM_RULE("/A", "foo", 0xFFFF, FOO_GROUP, SERVER_FTP, SERVER_AUTH_BASIC, NULL),
    SSPEC_MM_RULE("/A/file9", "foo", 0, FOO_GROUP, SERVER_FTP, SERVER_AUTH_BASIC, NULL),
SSPEC_RULETABLE_END

#define SPI_SER_B
#define SERB_USEPORTD //IMPORTANTE para usar PD5.
#define SPI_CLK_DIVISOR 100

#use "spi.lib" //Libreria del ADC
#use LCDLIB.LIB //Libreria del Display

#define RETARDO 10

//FUNCIONES DS18B20
int iniDS18B20(void); //Inicia el sensor de Dallas DS18B20
void UsDelay(float iDelay); //Retardos en uso no son efectivos (DIRECTAMTE).
void MsDelay(int iDelay); //Retardo en microsegundos.
void romComm(char comando); //Envía un comando de 8 bits
int lectura(void); //Realiza la lectura de un BIT.
float temperatura(void); //obtiene la temperatura.

int sumador;//Se utiliza para los retardos, en funciones para el ds18B20

char buff[128]; //Buffer del ADC

int rd_adc(void); //Lectura del ADC

void main(void){ //Programa principal
    //S_U_B_R_U_T_I_N_A_S
    //TEMPERATURA
    float tem; //Lectura de temperatura
    char resultado[20]; // Buffer de Temperatura
    int datos; // VARIABLES DEL ADC lectura
    char adc_reading1[32]; // VARIABLES DEL ADC buffer
    int rc; //Definición para crear archivo txt
    long prealloc; //Numero de bytes a colocar para crear txt
    int anon_user, foo_user, i; //Definición de usuarios para conexión FTP
    fat_part *first_part;
        faraddr_t xdest;
        long len; //Definición de longitud
        //char buff[20];
    //BANDERAS
    int b1;
    int bsd;
    //LED
    BitWrPortI(PGDDR, &PGDDRShadow, 1, 7); //Declaración de LED DS15
    BitWrPortI(PEDDR, &PEDDRShadow, 1, 7); //Declaración de LED DS16
    BitWrPortI(PFDDR, &PFDDRShadow, 1, 1); //Declaración de Buzzer
    //SPIinit();
    fn4LCD_Init ();
    fn4Line1(); //Muestra en el Display en la línea 1
    fn4Display (" T E L M E X "); //Muestra en el Display
    fn4Line2(); //Muestra en el Display en la línea 2
    fn4Display ("Cm Mirador Cuer"); //Muestra en el Display
    if(sspec_automount(SSPEC_MOUNT_ANY, NULL, NULL, NULL)) {
        printf("Failed to setup FAT. Please refer to FAT samples/documentation.\n");
        exit(1);
    }

    anon_user = sauth_adduser("anonymous", "", SERVER_FTP);
    sauth_setusermask(anon_user, ANON_GROUP, NULL);
    // FTP makes special arrangements for this user...
    ftp_set_anonymous(anon_user);

    foo_user = sauth_adduser("foo", "bar", SERVER_FTP);
    sauth_setusermask(foo_user, FOO_GROUP, NULL);
    sauth_setwriteaccess(foo_user, SERVER_FTP);

    sauth_setusermask(foo_user, FOO_GROUP | ANON_GROUP, NULL);

    sock_init();

```

```

ftp_init(NULL);

tcp_reserveport(FTP_CMDPORT);    // Port 21

printf("Ready: FTP to %s\n\n", inet_ntoa(buf, MY_ADDR(IF_DEFAULT)));

printf("Press any key to quit and unmount partitions.\n");

/////FAT CREATE_Creación del archivo txt
rc = fat_AutoMount(FDDF_USE_DEFAULT);
first_part = NULL;
for (i = 0; i < num_fat_devices * FAT_MAX_PARTITIONS; ++i) {
    if ((first_part = fat_part_mounted[i]) != NULL) {
        break;
    }
}
if (first_part == NULL) {
    rc = (rc < 0) ? rc : -ENOPART;
} else {
    printf("fat_AutoMount() succeeded with return code %d.\n", rc);
    rc = 0;
}
if (rc < 0) {
    if (rc == -EUNFORMAT)
        printf("Device not Formatted, Please run Fmt_Device.c\n");
    else
        printf("fat_AutoMount() failed with return code %d.\n", rc);
    exit(1);
}
prealloc = 0;
rc = fat_Open(
    first_part,           //Apuntador primera partición fat_AutoMount()
    "DATES.TXT",         //Nombre del archivo.
    FAT_FILE,           //Tipo de objeto.
    FAT_CREATE,        //Crea un archive en caso de no existir.
    &my_file,
    &prealloc           //Numero de byte por almacenar.
);

if (rc < 0) {
    printf("fat_Open() failed with return code %d\n", rc);
}
exit(1);
}

rc = fat_Close(&my_file);
if (rc < 0) {
    printf("fat_Close() failed with return code %d\n", rc);
}

/////Temperatura
while(!kbhit()) { //Returns non-zero if a key on the PC has been hit
    costate{ //Realiza esta tarea
        waitfor(DelayMs(50));
        if(iniDS18B20())
            abort;//inicio no concluido
        //PASO 7 COMANDO ROM
        //ENVIAR "SKIP ROM[CCH]" [1100 1100], 204 D
        romComm(0xCC); //envía un comando de 8 bytes
        //PASO 8, DS18B20 COMANDO DE FUNCION
        //ESTE CASO CONVERSION, CONVERT T[44H]
        romComm(0x44);
        //en estos momentos se realiza la conversión
        //hay que solicitar una lectura de tiempo, si la lectura es 0
        //la conversión esta en progreso.
        //si la conversión está terminada la lectura será 1.
        //750ms(MAXIMO) para realizar la conversión.
        waitfor(DelayMs(750));
        if(lectura()){
            if(iniDS18B20())
                abort; //inicio no concluido
            //PASO 7 COMANDO ROM
            //ENVIAR "SKIP ROM[CCH]" [1100 1100], 204D
            romComm(0xCC);
            //PASO 7, DS18B20 COMANDO DE FUNCION
            //LECURA DE MEMORIA
            //READ SCRATCHPAD[BEh]
            romComm(0xBE);
            tem = temperatura(); //Igualación de variables
            if((tem > (125)) | (tem < (-55))) //fuera de rango.
                abort;
            b1 = lb1;
            bsd = 1;
        }
        else{
            abort;
        }
        waitfor(DelayMs(50));
    }
}
costate{ //Realiza esta tarea

```

```

        if(b1){
            sprintf(resultado,"Tem = %f ", tem);           //Muestra en el display
            fn4Line2 ();                                  //en la linea 2
            fn4Display ( resultado );
        }
        b1 = lb1;
    }
}

//buzzer
costate{
    //Realiza esta tarea
    if(tem>30){
        BitWrPortI(PFDR, &PFDRShadow, 1, 1); //prende el buzzer
    }
    else{
        BitWrPortI(PFDR, &PFDRShadow, 0, 1); //apaga el buzzer
    }
}
waitfor(DelayMs(500));
}
costate{
    //Lectura del ADC
    SPInit();
    datos = rd_adc();
    ftp_tick();
    sprintf(adc_reading1, "Battery = %d ", datos); //Muestra en el Display
    sprintf(buf, "Battery = %d\r\n", datos);
    fn4Line1();
    fn4Display(adc_reading1);
    if (datos<100){
        BitWrPortI(PGDR, &PGDRShadow, 0, 7);
        //Activacion de LEDs
        //deacuerdo_a condicionales
    }
    else{
        BitWrPortI(PGDR, &PGDRShadow, 1, 7);
        //Activa Puerto G7
    }
    if (datos<170){
        BitWrPortI(PEDR, &PEDRShadow, 0, 7);
        //Desactiva Puerto E7
    }
    else{
        BitWrPortI(PEDR, &PEDRShadow, 1, 7);
        //Activa Puerto E7
    }
    rc = fat_Open(
        first_part,
        "DATES.TXT",
        FAT_FILE,
        0,
        &my_file,
        NULL
    );
    //0 indica que el archivo existe.
    if (rc < 0) {
        printf("fat_Open() (for read) failed with return code %d\n", rc);
        exit(1);
    }
    //Ir al final del archivo
    rc = fat_Seek (&my_file, -1, SEEK_END);
    // Write to it...
    rc = fat_Write(
        &my_file,
        "\n", // Some data to write.
        strlen("\n") // Numero de caracteres a escribir
    );
    rc = fat_Write(
        &my_file,
        buf, // Some data to write.
        strlen(buf)
    );
    if (rc < 0) {
        printf("fat_Write() failed with return code %d\n", rc);
        exit(1);
    }
    rc = fat_Close(&my_file);
    if (rc < 0) {
        printf("fat_Close() failed with return code %d\n", rc);
    }
    waitfor(DelaySec(5));
    ftp_tick();
}
rc = fat_Close(&my_file);
if (rc < 0) {
    printf("fat_Close() failed with return code %d\n", rc);
}

printf("\nUnmounting FAT devices, please wait...\n");
for (i = 0; i < num_fat_devices * FAT_MAX_PARTITIONS;
    i += FAT_MAX_PARTITIONS) {
    if (fat_part_mounted[i]) {
        fat_UnmountDevice(fat_part_mounted[i]->dev);
    }
}
}
}
/*void iniDS18B20(void);
iniDS18B20();
Inicia el sensor DS18B20, envía el pulso de reset para después leer el pulso

```

de presencia. Si la función entrega 1 es posible un mal funcionamiento del sistema o el sensor no se encuentra si retorna 0 (durante 60-240us) el sensor ha enviado un pulso de presencia.

```

*/
//nodebug
int iniDS18B20(void){
    int pulso;

    int i;
    BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 0, 0);//LIBERAR, CONF ENTRADA
    UsDelay(2); //63.48us - 68.9us
        BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 1, 0);//CONFIGURAR PUERTO F BIT 0, SALIDA
    BitWrPortl(PFDR, &PFDRShadow, 0, 0);//0 PUERTO F BIT 0
    //480us mínimo para el pulso de reset.
    UsDelay(24); //491.08us - 496.51us
    BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 0, 0);//LIBERAR, CONF ENTRADA
    //60us máximo que espera el DS18B20
    UsDelay(2); //63.48us - 68.9us
    i = 0;
    pulso = BitRdPortl(PFDR, 0);//LECTURA DEL PULSO DE PRESENCIA

    UsDelay(15); //308.70us - 314.13us
    i = BitRdPortl(PFDR, 0);
    if(i){
        if(pulso){
            return 1;//sensor no encontrado
        }
        else{
            return 0;//inicio del sensor DS18B20, efectuado correctamente.
        }
    }
    else{
        return 1;//mal funcionamiento.
    }
}
/*****
UsDelay - delay some number of micro seconds - very approximate!!
          about 11usec per iteration with the 7.3MHz crystal. The formula
          used here was determined experimentally.
*/
//void UsDelay ( int iDelay )
void UsDelay ( float iDelay )
{
    int i;
    //iDelay /= 11;
    for ( i=0; i<iDelay; i++ );
}
/*****
MsDelay - delay some number of milliseconds
          input parameter: int number of milliseconds to delay
          return value: none
          errors: none
*/
void MsDelay ( int iDelay )
{
    unsigned long u0;
    u0 = MS_TIMER;
    while ( MS_TIMER < u0 + (unsigned long) iDelay );
}
/*
ROM COMMAND
Antes de ejecutar esta función es importante llamar a iniDS18B20
romComm () envía un comando (escribe) ROM al sensor DS18B20.
*/
void romComm(char comando){
    int signo, i;
    //enviar el bit menos significativo
    for(i=0;i<8;i++){
        signo = BIT(&comando, i);
        if(signo)//ESCRIBIR 1
            BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 0, 0);//entrada puerto f bit 0
            //esperar 1us MINIMO
            sumador = 0;//2.44us
            BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 1, 0);//salida puerto f bit 0
            BitWrPortl(PFDR, &PFDRShadow, 0, 0);//0 en puerto f bit 0
            //15us de espera
            for(sumador=0;sumador<3;sumador++){//16.10us/21.52us
                BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 0, 0);//libera el bus, lectura
                //espera 45us(MAXIMO) para que la resistencia ponga en alto
                for(sumador=0;sumador<3;sumador++){//16.10us/21.52us
                    }
                else//ESCRIBE UN 0
                    BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 0, 0);//entrada puerto f bit 0
                    //esperar 1us COMO MINIMO
            sumador = 0;//2.44us
            BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 1, 0);//salida puerto f bit 0
            BitWrPortl(PFDR, &PFDRShadow, 0, 0);//0
            //espera 45us para que el 0 se escriba.
            UsDelay(1); //45.75us - 51.18us
        }
    }
    BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 0, 0);//entrada puerto f bit 0
}
int lectura(void){

```



```

        int resultado;
        BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 0, 0);//entrada puerto f bit 0
        //esperar 1us , COMO MINIMO
        sumador = 0;//2.44us
        BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 1, 0);//salida puerto f bit 0
        BitWrPortl(PFDR, &PFDRShadow, 0, 0);//0 en puerto f bit 0
        sumador = 0;//2.44us
        //ESPERAR 15US
        BitWrPortl(PFDDR, &PFDDRShadow, 0, 0);//entrada puerto f bit 0
        resultado = BitRdPortl(PFDR, 0);//LEER BIT 0 PUERTO F
        //retornar el dato leido.
        if(resultado){
            return 1;
        }
        else{
            return 0;
        }
    }
}
float temperatura(void){
    int i, contador, bit;
    char decimal, temperatura, signo;
    float parte1, parte2;

    decimal = temperatura = signo = 0x00;
    parte1 = parte2 = 0;
    //LEER EL PUNTO DECIMAL, lectura de 4 bits
    for(i=0;i<4;i++)
    {
        bit = lectura();
        if(bit){
            SET(&decimal, i);
            parte2 = parte2 + pow(2, (i-4));
        }
        else{
            RES(&decimal, i);
        }
    }
    //LEER LA TEMPERATURA
    for(i=0;i<7;i++)
    {
        bit = lectura();
        if(bit){
            SET(&temperatura, i);
        }
        else{
            RES(&temperatura, i);
        }
    }
    RES(&temperatura, 7);
    parte1 = (float)temperatura;
    //LEER EL SIGNO
    for(i=0;i<5;i++)
    {
        bit = lectura();
        if(bit){
            SET(&signo, i);
        }
        else{
            RES(&signo, i);
        }
    }
    parte1 = parte1 + parte2;
    if(signo==0x1F){
        //EL RESULTADO ES NEGATIVO
        parte1 = parte1 * (-1);
    }
    return parte1;
}

int rd_adc(void){ //lectura del ADC
    char adc_reading[2];
    int i;
    int adc_sample;
    //hold CS low for conversion time
    for(i = 0; i < 10; i++)
    {
        BitWrPortl(PBDR, &PBDRShadow, 0, 7); // chip select low
    }
    SPIRead(adc_reading, 2);
    BitWrPortl(PBDR, &PBDRShadow, 1, 7); // chip select high
    //printf("SPI bytes = 0x%x 0x%x\n", adc_reading[0], adc_reading[1]);
    adc_sample = (adc_reading[0] << 2) + (adc_reading[1] >> 6) & 0xff;
    return adc_sample;
    //printf("ADC value: %d\n", adc_sample);
}
}

```

3.1 Resultados

El funcionamiento del banco de baterías de la central de Telmex, debe fluctuar entre los 55 y 45 volts (ver figura 6), cuando existe una variación diferente a estos voltajes, se asume que hay un problema de alguna batería

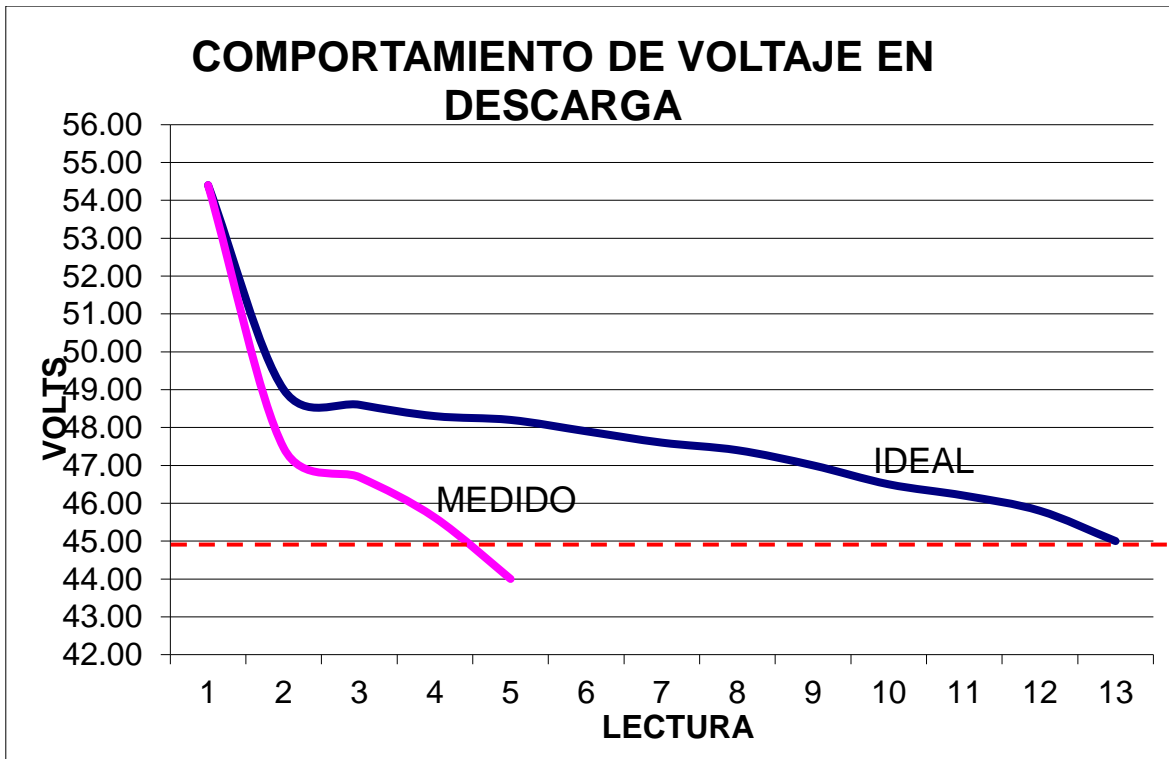


Figura 6, Grafica de funcionamiento del banco de baterías.

El monitoreo que se realiza por parte del sistema embebido debe hacerse cada minuto de acuerdo con las especificaciones del sistema de banco de baterías que tiene la estación de comunicaciones de telmex, los resultados en cuanto a las mediciones deben analizarse para detectar y determinar el cambio a tiempo de baterías que se encuentran dañadas y que pueden afectar el funcionamiento óptimo del banco. por esta razón, un sistema empotrado de tamaño reducido es fundamental en las áreas donde se requiere de dicho monitoreo [11].

4.1 CONCLUSIONES.

Los sistemas empotrados o embebidos, utilizados para el control y automatización, mostraron que el protocolo de comunicación vía tcp/ip es adecuado cuando se requiere observar los datos por parte del usuario con mayor frecuencia, ya que no requiere estar en el lugar de la medición. el sistema diseñado basado en una tarjeta rabbitcore se implementó usando el dinamic c para la adquisición de datos, grabación en memoria, obtención de los datos grabados en archivo txt mediante el protocolo ftp y estos datos pueden ser enviados a la pc mediante el protocolo de comunicación tcp/ip. los resultados experimentales muestran el adecuado funcionamiento de este sistema embebido, el cual integra en un chip bloques funcionales para la conversión analógico a digital, transmisión de datos y control digital. adicionalmente, se integran bloques funcionales para la medida de señales analógicas con

diferentes sensores las cuales pueden contener el almacenamiento, transmisión y visualización de datos [13].

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Barr, Michael. Programming embedded systems. with c and gnu development tools. Reilly. 2006.
- [2] Barr, Michael. Programming embedded systems in c and c++. O'reilly. 1999.
- [3] Berger, arnold. Embedded systems design: na introduction to processes, tools and techniques. Cmp books. 2002.
- [4] Byte craft limited. First steps with embedded systems. byte craft limited. 2002.
- [5] Catsoulis, j. designing embedded hardware. o'reilly. 2005.
- [6] Heath, steve. embedded systems design. newnes. 2003.
- [7] Marwedel, p. embedded system design. springer. 2006.
- [8] Li, qing. real-time concepts for embedded systems cmp books. 2003.
- [9] Raghavan, p. embedded linux system design and development. auerbach publications. 2006.
- [10] Silberschatz, avi. Operating system concepts. john wiley sons, inc. 2004
- [11] Wolf, W. Computers as Components. Morgan kaufmann. 2008.
- [12] Wolf, w. high-performance embedded computing. morgan kaufmann. 2007.
- [13] Vaghmour, Karim. Building embedded linux systems. o'reilly. 2008.

FÍSICA

CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS LÍQUIDAS EXCITADAS CON UN LÁSER A 785 nm POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA RAMAN

Manuel May Alarcón ^a; Leticia Haas Santos ^a; Aarón Flores Gil^a; Rubén Alejandro Vázquez Sánchez ^b, Víctor Golikov ^a, Marco Antonio Rodríguez Blanco ^a.

^a Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR).

^b Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH)

mmay@pampano.unacar.mx; lettihans@hotmail.com; aflores@pampano.unacar.mx;

RESUMEN:

En este trabajo se presentan los espectros Raman Stokes obtenidos de muestras de aguas de playas cercanas a la región de Ciudad del Carmen. A dichas muestras se les hizo incidir un láser a 785 nm y el principal resultado que se obtuvo fue la línea de emisión en 978 cm^{-1} como elemento común en las muestras.

ABSTRACT:

In this work we show The Stokes Raman Spectra obtained from beach around the region of Ciudad del Carmen. Samples were lighted with a 785 nm laser and the main result obtained was the emission line at 978 cm^{-1} as a common element in the samples.

1.- INTRODUCCIÓN.

Desde que en 1928, el físico Hindú C.V. Raman informa, mediante la presentación de un artículo [1] de la existencia de un nuevo fenómeno al que denominó dispersión inelástica de la luz y que desde entonces lleva el nombre de Efecto Raman, han sido numerosos los científicos que se han interesado y hecho estudios en esta rama. La radiación del láser se caracteriza por ser monocromática, por ser coherente y ser direccional, aunque se le puede agregar otra: su corta duración, esto debido a que un láser puede producir pulsos muy cortos de luz [2].

En una cavidad óptica, al haber una fuente de excitación (en este caso un láser) los átomos vibran y los fotones se estimulan unos a otros, entonces, el efecto Raman se produce cuando la radiación de un haz de luz monocromática incide sobre una muestra, ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso; la interacción a nivel molecular que se produce da lugar a dos tipos de radiaciones: esparcimiento Rayleigh que se origina cuando la energía esparcida es igual a la energía incidente, y el esparcimiento Raman, que se produce cuando la energía esparcida es diferente a la energía incidente, este esparcimiento Raman se divide en dos: Raman Stokes y Raman Anti-Stokes, el primero se caracteriza porque la molécula absorbe energía del fotón y en el caso del esparcimiento Raman Anti-Stokes existe una transferencia de energía de la molécula hacia el fotón [3].

Una de las características de esta técnica es el hecho de que la re-emisión Raman se recopila a 180° , esto quiere decir que dicha información regresa por la misma sonda por la cual fue suministrada la excitación del láser. Si bien el esparcimiento Raman Stokes es pequeño en comparación del esparcimiento Rayleigh (sólo uno de cada 10^6 - 10^8 fotones son convertidos a Efecto Raman [4]), los detectores que se utilizan son lo suficientemente sensibles como para detectarlos. La aplicación de esta técnica es tan amplia que ya incluso en el campo de la medicina y la virología se usa desde algunos años [5-7].

En este trabajo se presentan los espectros obtenidos de diversas muestras líquidas obtenidas de algunos puntos de las playas del municipio de Ciudad del Carmen, así como su posterior análisis señalando las principales líneas de emisión que han sido resultado del efecto Raman.

2.- ARREGLO EXPERIMENTAL.

En la figura 1 se puede observar el arreglo experimental de este trabajo; donde el elemento 1 es un láser de AlGaAs a 785 nm que servirá como fuente de excitación, este láser tiene la ventaja de tener una potencia regulable, esto ayuda a hacer un barrido de potencia para determinar en qué punto se logra obtener mayores líneas de emisión. En segundo término observamos la sonda RIP-RPB de la marca Ocean Optics que se representa con el elemento señalado con el número 2, el cual es un arreglo de fibras ópticas que cuenta con dos terminales, la primera tiene la función de llevar la excitación del láser hacia la muestra que en la figura se encuentra marcada con el número 3, y la segunda recolecta la re-emisión Raman hacia el espectrógrafo. El líquido a analizar se coloca en un portamuestras llamado cubeta de espectrofotómetro [8] que es un tubo de sección transversal cuadrada de una capacidad de 4cm^3 , la sonda debe posicionarse de manera vertical al porta-muestras, todo esto con la finalidad de hacer que el láser llegue de manera directa a la muestra y que no interfiera otro material que pueda afectar los resultados, también se debe verificar que este procedimiento se haga en total oscuridad, aislado de toda luz exterior; se colocarán 11 muestras en total, 5 serán de aguas tomadas de distintos sectores de las playas de Ciudad del Carmen, otras 5 muestras se tratarán de aguas embotelladas y una será la del alcohol etílico desnaturalizado al 70% v/v, que servirá en el proceso de calibración.

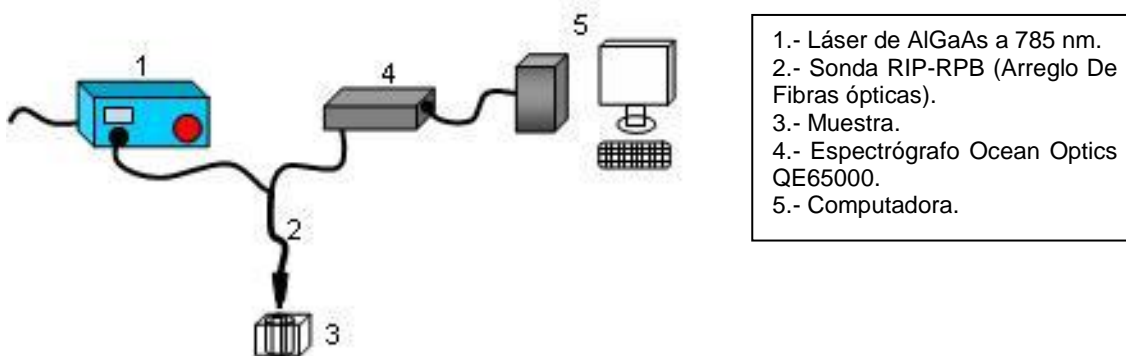


Figura 1.- Arreglo Experimental Óptico.

Una vez que la radiación llega a la muestra la luz interacciona con la molécula y polariza la nube de electrones alrededor del núcleo para formar un “estado virtual” que se caracteriza por ser de corta duración, como no es estable, el fotón rápidamente es irradiado; dicha radiación es recolectada y llevada de regreso por la misma sonda pasando por un juego de lentes llamado Interferómetro de Michelson, en este punto, toda la información se dirige hacia el otro extremo de la sonda, en donde desembocará en el espectrógrafo que en ilustración está marcado con el número 4, en este caso se usará el QE65000 de Ocean Optics; la información llegará en forma de luz a un juego de lentes y una rejilla que tendrá la función de separar sus componentes en diferentes longitudes de onda, cada longitud de onda que sale de la rejilla con un ángulo ligeramente distinto; de la rejilla llega al Dispositivo de Carga Acoplada (CCD por sus siglas en inglés) que se trata de un dispositivo que se basa en el Efecto Fotoeléctrico para convertir la luz con diferentes longitudes de onda que llegan de la rejilla, en pulsos eléctricos, esto se logra debido a que se aplica un potencial eléctrico a los electrones que llegan a los detectores individuales. La sensibilidad de este detector se basa en su eficiencia cuántica, es decir, cuantos fotones puede absorber en su superficie [9].

El elemento 5, es la computadora, a la cual se conectará el espectrógrafo mediante un puerto de USB, para recibir toda la información que llega a él en forma de pulsos eléctricos; la computadora procesa dichos pulsos y los despliega en la pantalla mediante un programa que viene ya con el

espectrógrafo y que se ha instalado previamente. El software permite al usuario manipular ciertos parámetros, como lo son el tiempo de integración, las exploraciones al promedio, entre otras.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presentan los espectros obtenidos de diversas muestras líquidas, entre ellas una de alcohol etílico desnaturalizado al 70% v/v, cinco de aguas de playas y cinco muestras de aguas embotelladas.

El primer espectro que se muestra en la figura 2 es el del alcohol [10], esto se hace para realizar una calibración del equipo que consiste en ajustar la distancia de enfoque de 3 mm.

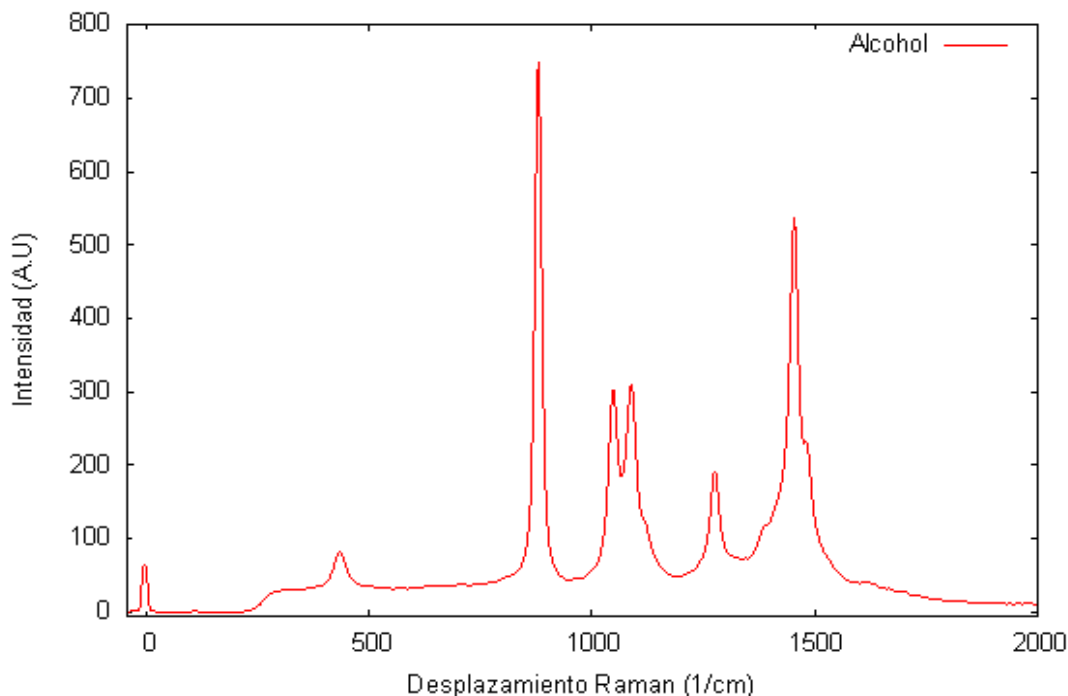


Figura 2.- Espectro del alcohol etílico desnaturalizado al 70% usado como calibración del sistema.

El punto marcado con el número cero en el eje de las abscisas se trata de la línea del láser en desplazamiento Raman, que equivale a 785 nm en este caso y para todos los demás espectros. En 877.311 cm^{-1} se encuentra una línea característica [8], se aprecian otras líneas en 431.99 cm^{-1} , 1046.95 cm^{-1} , 1086.63 cm^{-1} y en 1273.99 cm^{-1} , así como otra línea importante en 1450.32 cm^{-1} . En total son 6 líneas de emisión del Alcohol.

Ahora se presentan los espectros de las cinco muestras de aguas de playas del municipio de Ciudad del Carmen. La figura 3 muestra el espectro de Bahamita, una playa que se encuentra situada a 18 km de la ciudad:

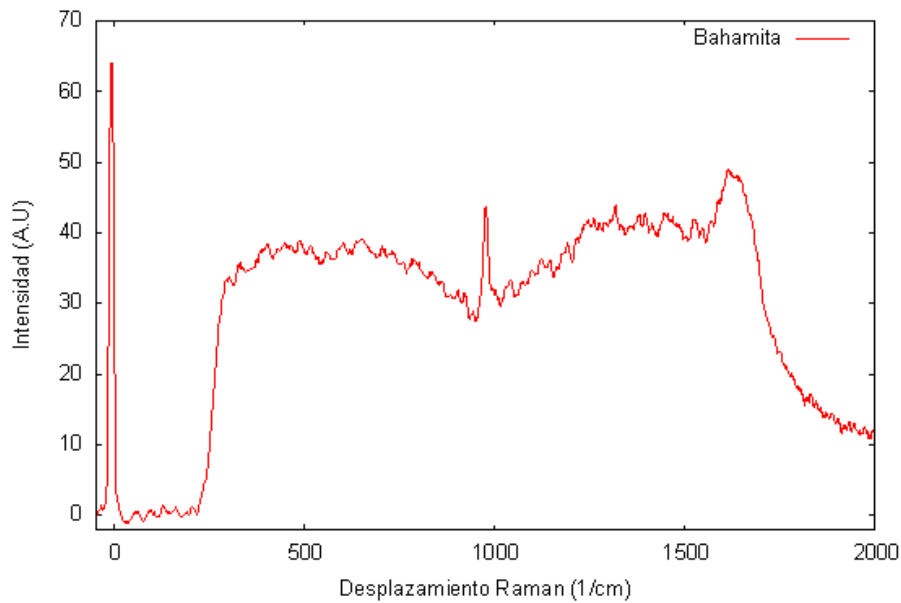


Figura 3.- Espectro de la playa Bahamita.

En esta se muestra la línea de emisión más grande se encuentra en los 976.80 cm^{-1} en desplazamiento Raman, otra línea que se observa, aunque de manera más ancha es la que se encuentra en 1614.98 cm^{-1} ; se encontraron otras líneas, que aunque pequeñas se repiten en las tomas y se encuentran en 1317.61 cm^{-1} , 1378.40 cm^{-1} , 1445.69 cm^{-1} y 1525.97 cm^{-1} se puede observar que la fluorescencia forma una parte importante en el espectro aunque se trató de reducirlo. En esta muestra se encontraron seis líneas de emisión .

La siguiente muestra se trata de la playa llamada Puerto real y que se encuentra a las afueras de Ciudad del Carmen. La figura 4 presenta su espectro.

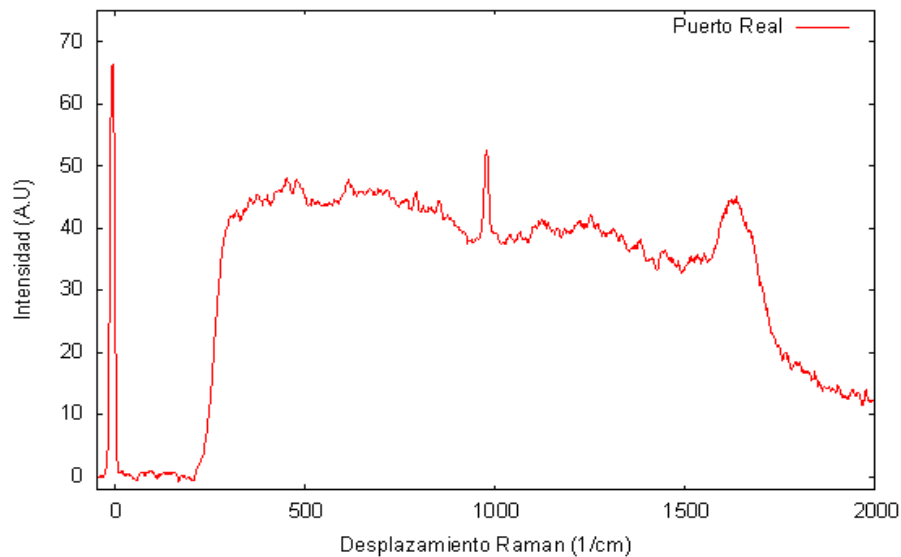


Figura 4: Espectro de Puerto Real.

La línea característica en 978.622 cm^{-1} también se halla en esta muestra. Fueron seis líneas que se hallaron de manera recurrente en las muestras, ubicados en: 375.563 cm^{-1} , 614.27 cm^{-1} , 979.03 cm^{-1} , 1382.76 cm^{-1} , 1443.56 cm^{-1} y en 1621.57 cm^{-1} .

La cuarta muestra se trata de la playa denominada Playa Norte, se ubica dentro de la ciudad, el espectro que arrojó se observa en la figura 5:

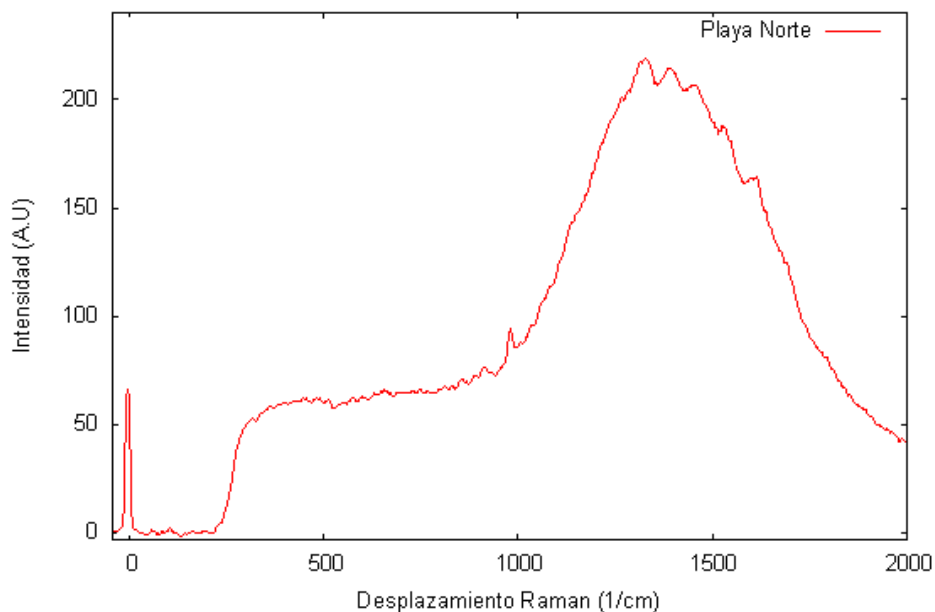


Figura 5: Espectro del agua de Playa Norte.

En esta muestra también se encuentra la línea de emisión en 978.622 cm^{-1} , pero en la parte en donde el desplazamiento Raman se hace mayor la fluorescencia también tiene este aumento, aunque también se observan en este punto cinco líneas de emisión más: 1322.53 cm^{-1} , 1386.42 cm^{-1} , 1452.59 cm^{-1} , 1527.51 cm^{-1} y en 1600.27 cm^{-1} .

La muestra que contenía el agua del lugar denominado Jardín Botánico tiene líneas de emisión, como se puede ver en la figura 6:

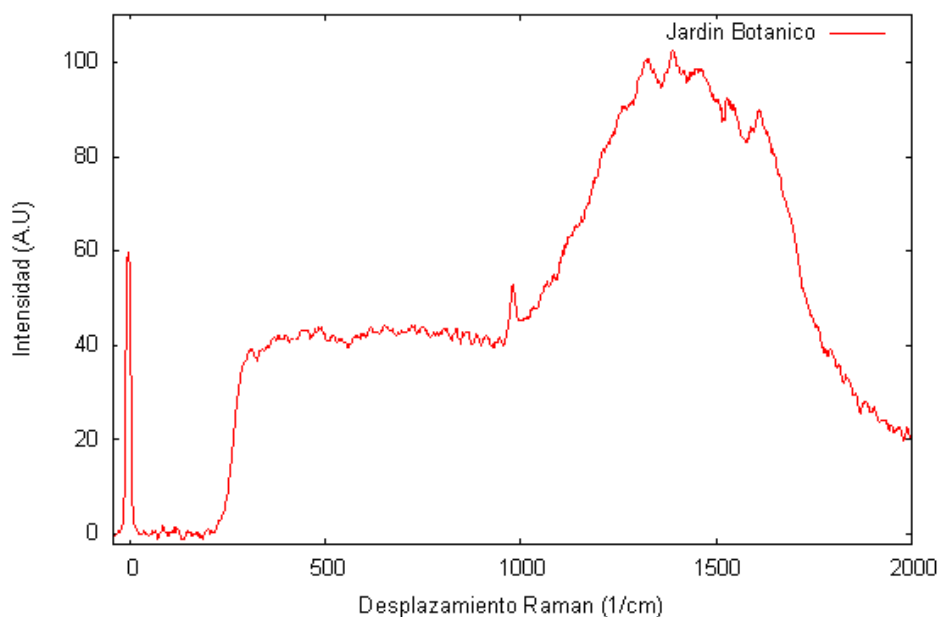


Figura 6: Espectro del Jardín Botánico.

Se observa también la línea en 978.622 cm^{-1} . En esta muestra también se hallaron cinco líneas de emisión en 1320.36 cm^{-1} , 1386.42 cm^{-1} , 1452.59 cm^{-1} , 1527.51 cm^{-1} y en 1606.87 cm^{-1} .

La sexta muestra es la de un río que atraviesa a la isla y cuyo nombre es Caleta, la figura 7 muestra su espectro:

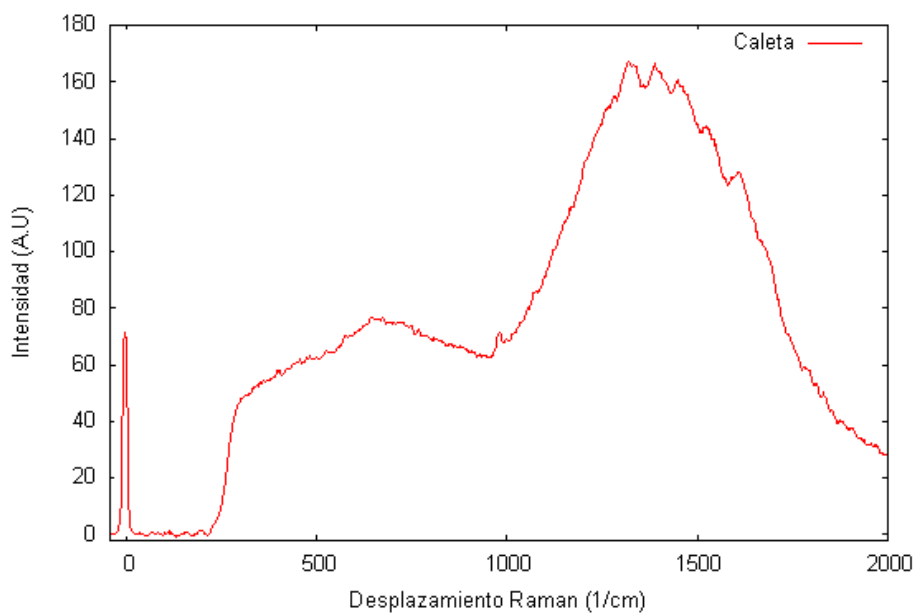


Figura 7: Espectro de la Caleta

La línea de emisión que se encuentra en los 976.45 cm^{-1} , en la Caleta se muestra atenuada. En la muestra del agua de La Caleta también se encontraron seis líneas de emisión, la primera ya fue

mencionada, las cinco restantes son: 1318.10 cm^{-1} , 1386.42 cm^{-1} , 1445.99 cm^{-1} , 1523.08 cm^{-1} y 1604.70 cm^{-1} .

La muestra perteneciente a la playa denominada Puerto Real, tiene la particularidad de asemejarse al espectro de Bahamita en el sentido de que tienen casi el mismo nivel de fluorescencia y las líneas de emisión se encuentran ubicados de forma parecida en el plano del eje de desplazamiento Raman; dichos lugares se encuentran cercanos a las afueras de Ciudad del Carmen.

En la figura 6 se mostró el espectro del jardín botánico y en el se pudo ver un aumento en la fluorescencia en la parte derecha del espectro, esta fluorescencia también se hizo presente en Playa Norte y la Caleta, aunque dicha fluorescencia se muestra en mayor proporción en comparación de las dos muestras anteriores.

Esas fueron todas las muestras que se recolectaron en diversos puntos de Ciudad del Carmen, y para hacer una comparación, se tomaron espectros de cinco aguas embotelladas, con esto se podrá ver la diferencia que existe entre aguas de las playas y las que pasan por un proceso de purificación.

Al primer espectro se le asignó el nombre de agua embotellada 1. La figura 8 muestra la imagen de su espectro Raman.

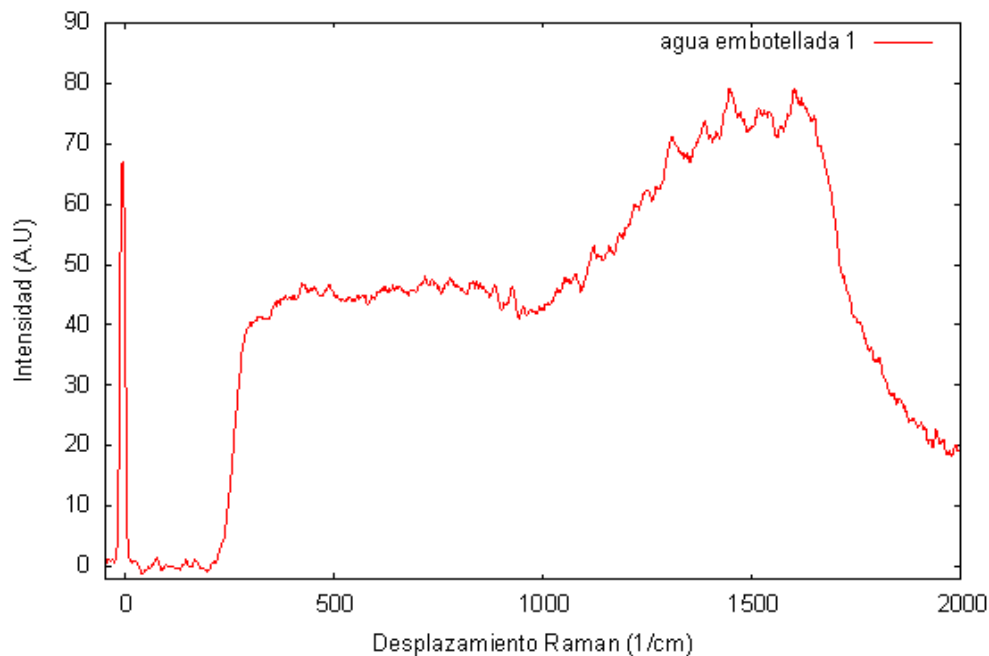


Figura 8: Espectro del agua embotellada 1.

En el rango de los 1300 cm^{-1} a los 1700 cm^{-1} , se observa que las líneas de emisión se encuentran muy bien definidas. Las líneas son las siguientes: 425.49 cm^{-1} , 926.86 cm^{-1} , 1078.90 cm^{-1} , 1122.24 cm^{-1} , 1308.98 cm^{-1} , 1387.13 cm^{-1} , 1447.82 cm^{-1} , 1517.34 cm^{-1} , 1604.12 cm^{-1} .

A continuación se presenta la figura número 9, que presenta el espectro del agua embotellada 2:

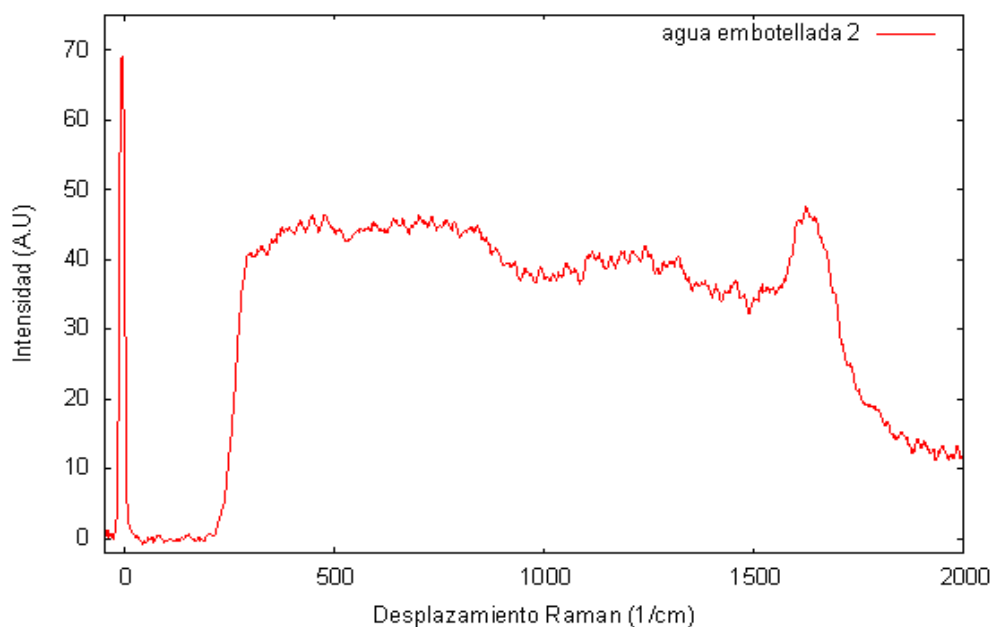


Figura 9: Espectro del agua embotellada 2.

Las líneas de emisión encontradas son cinco: 1115.74 cm^{-1} , 1241.69 cm^{-1} , 1319.84 cm^{-1} , 1456.55 cm^{-1} , 1623.71 cm^{-1} .

El agua embotellada 3 se aprecia en la figura 10:

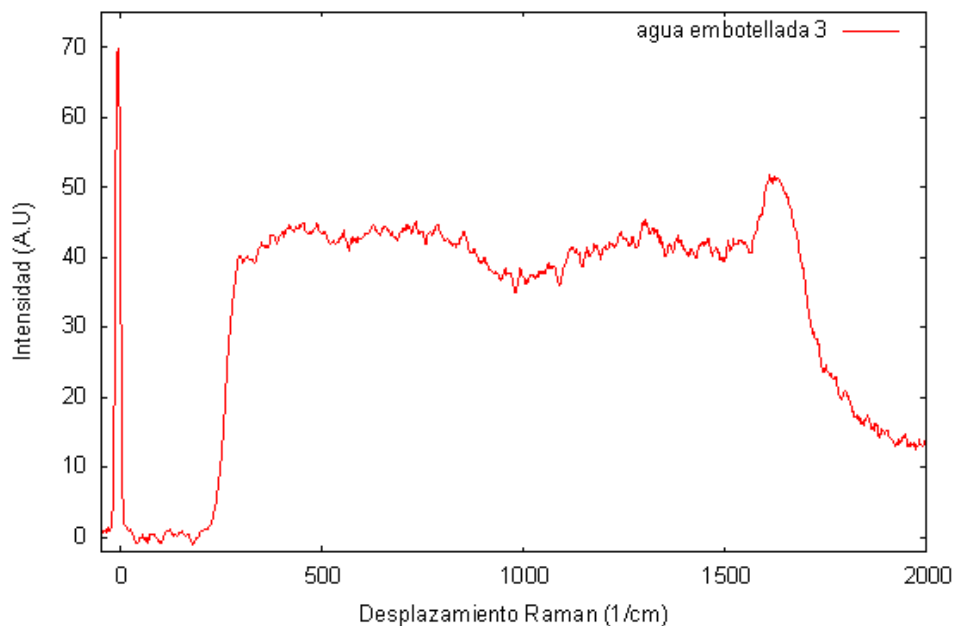


Figura 10: Espectro del agua embotellada 3.

Las líneas de emisión son 8: 992.023 cm^{-1} , 1076.67 cm^{-1} , 1120.10 cm^{-1} , 1300.25 cm^{-1} , 1382.76 cm^{-1} , 1450.05 cm^{-1} , 1536.86 cm^{-1} , 1610.71 cm^{-1} .

El agua embotellada 4 se muestra en la figura 11:

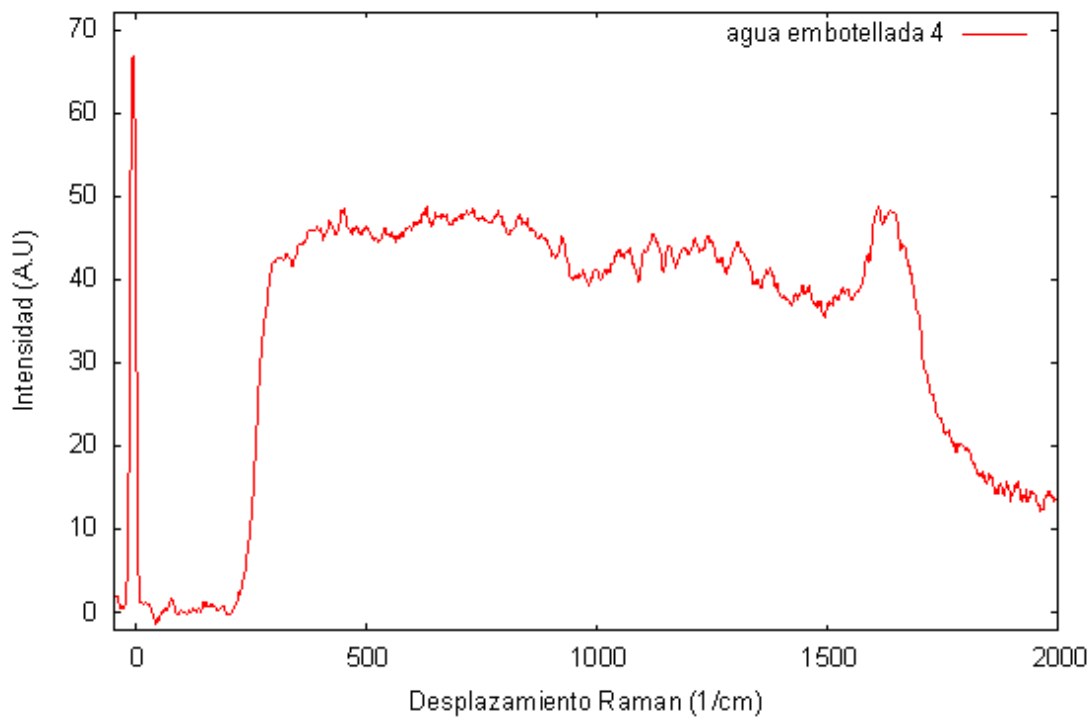


Figura 11: Espectro del agua embotellada 4.

En esta muestra se encontraron nueve líneas de emisión: 451.48 cm^{-1} , 924.73 cm^{-1} , 1046.32 cm^{-1} , 1122.24 cm^{-1} , 1239.46 cm^{-1} , 1306.75 cm^{-1} , 1376.27 cm^{-1} , 1458.68 cm^{-1} y en 1608.48 cm^{-1} .

La figura 12 muestra el espectro de la última muestra de agua embotellada:

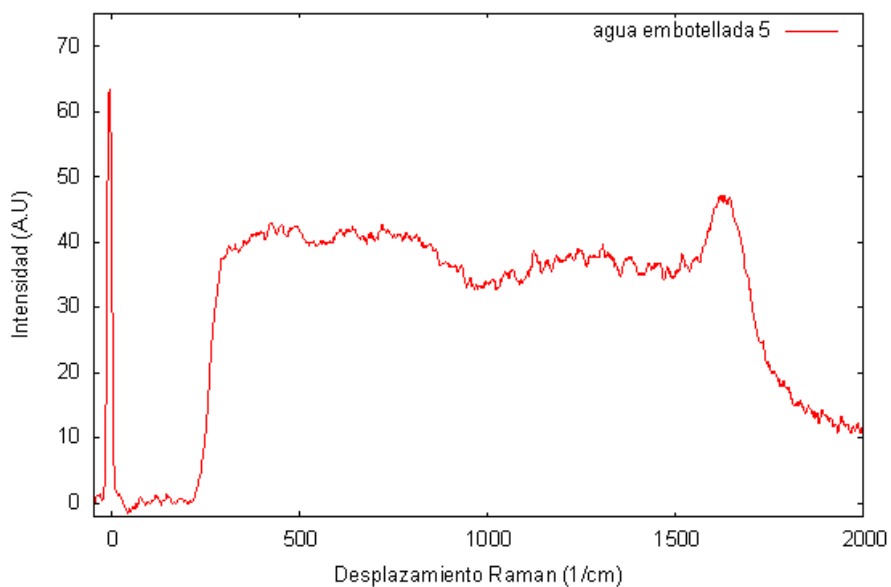


Figura 12: Espectro del agua embotellada 5.

Las líneas encontradas son las siguientes: 1048.45 cm^{-1} , 1126.60 cm^{-1} , 1306.75 cm^{-1} , 1456.55 cm^{-1} , 1519.48 cm^{-1} y 1617.21 cm^{-1} .

Las muestras que tuvieron más líneas de emisión fueron dos: el agua embotellada 1 y el agua embotellada 4, con un total de 9 líneas. La muestra que tuvo menores líneas de emisión fue el agua embotellada con el número 2. Las aguas embotelladas que llevan el nombre de agua embotellada 1, agua embotellada 2, agua embotellada 3 y agua embotellada 4 tienen espectros muy parecidos, ya que sus niveles de fluorescencia son similares y el espectro ubicado alrededor de los 1600 cm^{-1} tienen anchuras semejantes. La diferencia entre el espectro del agua embotellada 2 y el espectro del agua embotellada 1 radica en que la fluorescencia que se aprecia en el rango de 1200 cm^{-1} a 1700 cm^{-1} en la muestra marcada con el número 2, no aparece en la muestra que lleva el nombre de agua embotellada 1. El agua embotellada 3 es muy similar al agua embotellada 2, su diferencia reside en que cambian, de manera muy tenue, las posiciones de algunas líneas de emisión. En la muestra del agua embotellada 4, se tienen líneas de emisión más definidas, los picos son más altos que en los de las aguas embotelladas anteriores. En este espectro se puede ver que en el rango de 1000 cm^{-1} a 1700 cm^{-1} existen líneas de emisión más prominentes que la de las 2 muestras anteriores (las muestras 2 y 3), y comparado con el del agua embotellada 1, es precisamente este rango en donde también se encuentran líneas de emisión relevantes, sólo con la diferencia de que en el primero la fluorescencia acompaña a dichas líneas. La última muestra es el agua embotellada 5, y es más bien parecido a los espectros 2 y 3 de aguas embotelladas, en donde las líneas son tenues, pero aún así perceptibles, esta muestra, también muestra una estabilidad en cuanto al nivel de fluorescencia a lo largo del espectro.

4.- CONCLUSIONES.

En este trabajo se obtuvieron espectros Raman de once muestras de líquidas: Una de Alcohol etílico desnaturalizado al 70% v/v, cinco muestras de aguas de diversas playas cercanas a Ciudad del Carmen y cinco muestras de aguas embotelladas.

En las muestras tomadas de diversos sectores del municipio de ciudad del Carmen, hubo una línea de emisión común que se encuentra alrededor de los 978 cm^{-1} , aunque difiere en magnitud dependiendo el tipo de muestra.

En tres de las muestras: Jardín Botánico, Playa Norte y Caleta se observa que la fluorescencia se eleva en un rango de 1200 cm^{-1} a 1600 cm^{-1} , algo que no pasa en los espectros correspondientes a las aguas de Puerto Real y Bahamita.

Con relación a las aguas embotelladas, también se observaron algunas similitudes entre ellas, como lo es que presentan una línea de emisión en 1650 cm^{-1} ; los espectros que pertenecen a las muestras 2, 3, 4 y 5 tienen una fluorescencia constante en el rango 1200 cm^{-1} - 1700 cm^{-1} y en el agua embotellada 1 esta fluorescencia se hace mayor en dicho rango. Lo que las diferencia es el hecho de que en todas existen líneas de emisión que aunque son similares, se encuentran en puntos diferentes.

Agradecimientos: Leticia Haas Santos agradece la beca recibida de CONACYT a través de Fondos Mixtos por el proyecto 146354.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1].- C.V. Raman and K.S. Krishnan "A new Type of Secondary Radiation", Nature, 121 (3048), 501, 1928.
- [2].- S. Oracio, "Principles of Lasers", Springer, Milan Italy, translated from Italian by D. C. Hanna, New York, p.617, (1976).
- [3].- W.R.C. Somerville, E.C Le Ru, P.T. Northcote, and P.G. Etchegoin, "High performance Raman spectroscopy with sample optical components"., Am. J. Phys. Vol. 78, No. 07, p. 671-677, 2010.
- [4].- E. SMITH. and DENT G.M., "Modern Raman Spectroscopy: Practical Approach", Wiley, USA, p. 210, 2005.

- [5].-A. Mahadevan-Jansen, M.F. Mitchell, RAMANUJAM N, U. UTZINGER , R.-Kortumu. "Development of a fiber optic probe to measure NIR Raman spectra of cervical tissue in vivo". Photochemistry and Photobiology; 68(3), p. 427–431. 1998.
- [6].- G.V. Nogueira, L. Silveira, A.A. Martín, R.A. Zangaro,M.T. Pacheco "Raman spectroscopy study of atherosclerosis in human carotid artery". Virology Journal. 3:51, p. 8, 2005.
- [7] <http://axxon.com.ar/not/159/c-1590011.htm>
- [8] http://es.wikipedia.org/wiki/Cubeta_%28qu%C3%ADmica%29
- [9] http://es.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled_device
- [10].- L. Haas Santos, A. Flores Gil, L. DE la Cruz May, F. Méndez Martínez AND M. Maya Alarcón, "Raman Spectrometer constructed with basic optical components", International Congress on Instrumentation and Applied Sciences, 2011.

“PELÍCULAS COMPUESTAS DE ÓXIDO DE GRAFENO Y POLI (3-OCTILTIOFENO): ESTUDIO DE SUS PROPIEDADES ELÉCTRICAS, ÓPTICAS Y ESTRUCTURALES”

Cecilia López-Mata^{1*}, Carlos Velasco Santos², Ana Laura Martínez², Jorge Ovidio Aguilar Aguilar³, Juan Manuel Zavala-Pimentel¹, David Jesús Santillán¹, José Campos Alvarez⁴, María Elena Nicho Díaz⁵

Autor correspondiente: 1* cecilialop28@yahoo.com.mx

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Chetumal, Av. Insurgentes No. 330, C.P. 77013, Col. David Gtz. Chetumal, Quintana Roo, ²Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Santiago de Querétaro, Querétaro, ³División de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana Roo Boulevard Bahía s/n, Col. Del Bosque, Chetumal Quintana Roo, ⁴Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Xochicalco S/N, Temixco, Morelos, ⁵Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas-UAEMor, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos.
cecilialop28@yahoo.com.mx, carlosv@fata.unam.mx, cylaura@yahoo.com, ovidio@uqroo.mx,
juanmzapiml0254@hotmail.com, djssdjss@hotmail.com, jca@mazatl.cie.unam.mx,
menicho@uaem.mx

RESUMEN

Se desarrollaron películas compuestas (compositos) de poli-3-octiltiofeno (P3OT) con nano partículas de óxido de grafeno (GROX). Se llevó a cabo la caracterización de estas mezclas mediante las técnicas de Microscopia de Fuerza Atómica (AFM, Atomic Force Microscopy), Microscopia Electrónica de Barrido (SEM, Scanning Electronic Microscopy) y Difracción de Rayos X (XRD, X- Ray Diffraction). Sus propiedades ópticas y eléctricas fueron caracterizadas en función del tiempo de dispersión del óxido de grafeno en el solvente (6, 12 y 20 horas), y de la concentración de nanopartículas presentes en la mezcla (5, 10 y 20% en peso respecto al polímero w/w). Se encontró que las películas compuestas con 10% en peso de GROX formaron una celda solar de contacto metal-semiconductor cuando el arreglo estructural fue ITO/PO3T-GROX/Al.

Palabras clave: poli(3-octiltiofeno), óxido de grafeno, propiedades eléctricas, películas compuestas.

ABSTRACT

Composite films of poly-3-octylthiophene (P3OT) with graphene oxide (GROX) nanoparticles were obtained. Morphological characterization of composite films through techniques of Atomic Force Microscopy (AFM), Scanning Electronic Microscopy (SEM) it was carried out. Their optical and electrical properties have been characterized as a function of dispersion time of GROX in the solvent (6, 12 and 20 hours), also as a function of nanoparticles concentration in the composite films (5, 10 and 20 wt. of graphene oxide nanoparticles). It was found that the composite films with 10% w/w GROX formed a metal-semiconductor solar cell when the arrangement was ITO/PO3T-GROX/Al.

Keywords: Poly(3-otylthiophene), grapheme oxide, electrical properties, composite film.

1. INTRODUCCIÓN

Los poli-3-alquiltiofenos (P3ATs) presentan una brecha de energía óptica adecuada para fungir como materiales absorbedores en heterouniones híbridas con semiconductores inorgánicos para su uso en celdas solares [1-8]. La eficiencia de estos dispositivos se ve limitada a 2% o menos, por la generación de las cargas cercana a la interface donador-aceptor. Las celdas solares de heterounión en bulto con nanoestructuras de carbón, tales como las formadas por el grafeno y sus derivados (óxidos de grafeno) y los polímeros conductores (poli-3-hexiltiofeno y P3OT), no

presentan las limitantes de las celdas de heterounión híbridas, lo cual se traduce en eficiencias mayores [9-14]. Generalmente, estos dispositivos siguen la siguiente estructura: ITO (vidrio recubierto con una película conductora de Oxido de estaño indio, Indium Tin Oxide)/ polímero activo/electrodo metálico. La capa activa de polímero se define como una red interpenetrada bicontinua compuesta por un donador y un aceptador de electrones en la escala nanométrica con un área interfacial máxima. Se ha reportado que en las películas compuestas de grafeno/polímero conductor debido a la estructura bidimensional de la capa de grafeno y una buena dispersión, es posible que cada átomo de carbono de las hojas de grafeno, forme una interface con el donador [10,11]. Debe hacerse notar que existe una abundante disponibilidad de grafeno y óxido de grafeno, son materiales baratos con alta estabilidad química y térmica. En este trabajo se llevó a cabo la elaboración de películas compuestas (compositos) de poli-3-octiltiofeno (P3OT) con nano partículas de óxido de grafeno (GROX). Se depositan contactos metálicos de oro, plata, aluminio y carbón para su caracterización eléctrica. Los arreglos formados por ITO/P3OT-GROX/Al, presentan efecto fotovoltaico.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1. Síntesis del P3OT

Se realizó la síntesis química oxidativa del P3OT (polimerización por condensación), teniendo como materia prima el monómero 3-octiltiofeno comercial recién destilado. Se utilizó al FeCl_3 con una pureza del 98% como agente oxidante y al CHCl_3 seco como medio disolvente. Las mezclas tanto del monómero con el cloroformo, y del FeCl_3 con cloroformo, fueron hechas dentro de una cámara de vacío en un ambiente inerte de nitrógeno (cámara de guantes). El procedimiento empleado en esta síntesis fue reportado previamente [15,16].

2.2 Obtención del óxido de grafeno

Para obtener el óxido de grafeno (GROX), se parte de grafito oxidado utilizando el método de Hummers modificado [17]. Este método consiste en verter en un matraz de tres bocas, 46 ml de H_2SO_4 y sumergir en hielo el matraz, para llevar al ácido a una temperatura por debajo de 0°C . Cuando el ácido sulfúrico se enfría, se agregan 2 gr. de grafito e inmediatamente se le agrega lentamente KMnO_4 , debido a que la reacción con el H_2SO_4 es fuerte. Una vez que ya están mezclados el H_2SO_4 , grafito y KMnO_4 , la reacción se lleva a una temperatura de 50°C , con agitación magnética durante 2 horas. Cumplidas las dos horas, se retira el calentamiento y se le agrega lentamente H_2O al matraz, después de esto, se deja reaccionar la solución por 15 minutos con agitación magnética. Por otro lado, en un vaso de precipitado, se vierten 170 ml de H_2O y 10 ml de H_2O_2 , la solución obtenida se mantiene bajo agitación magnética durante 15 minutos. Esta última solución se vierte sobre la mezcla de H_2SO_4 , grafito, KMnO_4 y agua. Posteriormente, la solución procede a ser filtrada con H_2O destilada, hasta obtener el pH del agua con que se está lavando. Y por último, el producto obtenido se deja secar a 65°C por 12 horas. El producto obtenido es el óxido de grafito. Para obtener el GROX en solución, se toma cierta cantidad del óxido de grafito y se vierte en H_2O destilada, la solución es sometida a energía ultrasónica durante 6 horas a una frecuencia determinada. La concentración de óxido de grafito y H_2O , regularmente es de 0.1 gr /10 ml. Para la obtención de óxido de grafeno sólido se filtra el producto obtenido del baño ultrasónico en un embudo de cama de porcelana poro ultrafino a vacío.

2.3 Desarrollo de las películas compuestas

La preparación de las mezclas utilizadas para el depósito de las películas compuestas de P3OT con GROX, consistió en dispersar al grafeno en cloroformo, mediante tiempos de sonicación variables de 6, 12 y 20 horas, posteriormente, se vertió esta dispersión en una solución de P3OT-

cloroformo. La mezcla resultante, se sonicó durante 30 minutos. Las películas compuestas (compositos), fueron depositadas mediante la técnica de goteo (drop casting) sobre vidrio Corning y vidrio conductor (Indium Tin Oxide, ITO). La relación de peso en todas las películas fue de 5, 10 y 20% en peso de nanopartículas respecto al polímero (w/w). La denominada muestra 1 corresponde a 10% w/w con 12 hrs. de dispersión, la muestra 2 es 20% w/w con 6 hrs. de dispersión, la muestra 3 es 20% w/w con 20 hrs. dispersas, muestra 4 representa 10% w/w en 6 hrs. y muestra 5 es 5% w/w en 20 hrs.

2.4 Caracterización

2.4.1 Caracterización Óptica

Las pruebas ópticas de absorbancia se llevaron a cabo utilizando un espectrofotómetro modelo Shimadzu 3100 PC. La referencia para estas pruebas fue el aire. Se evaluó la el parámetro de absorbancia desde 300 nm hasta 2500 nm.

2.4.2 Caracterización Morfológica

La morfología de las películas compuestas fue analizada mediante microscopía de fuerza atómica (AFM, Atomic Force Microscopy) modelo Nano Scope Multimode Scanning Probe Microscope y microscopía electrónica de barrido (SEM, Scanning Electronic Microscope) JEOL modelo JSM 5800LV a 1 kV a diferentes aumentos.

2.4.3 Caracterización Eléctrica

Se realizaron mediciones de las propiedades eléctricas en las muestras de PO3T-GROX colocando electrodos coplanares de plata y carbón de longitud L, separados a una distancia D en aquellas depositadas sobre un sustrato aislante y electrodos de oro, aluminio, plata y carbón, y de área A en muestras depositadas sobre un conductor transparente. El espesor t y el perfil de rugosidad de la muestra, se midieron con un perfilómetro Alpha Step Tencor, conectado a una PC mediante una tarjeta PCL-812. De acuerdo a las configuraciones antes mencionadas, despreciando el efecto de punta, en el caso de contactos coplanares sobre sustrato aislante, que puede aproximarse a dos capas planas paralelas

El tipo de conductividad se realizó mediante la técnica de la punta caliente midiendo el voltaje con el electrómetro Keithley 619. Para medir la resistencia R y para conocer la naturaleza eléctrica de los contactos metálicos se obtuvieron curvas corriente-voltaje (I-V), utilizando una fuente de voltaje programable Keithley 230 y para la medición de corriente se usó el electrómetro Keithley 619 conectados a una PC mediante la interfaz IEEE-488.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1(a) se observa la curva I-V de la denominada muestra 1 (10% w/w con 12 hrs de dispersión) con contactos coplanares metal/PO3T-GROX/metal de carbón y de plata sobre la muestra en sustrato aislante. Como puede verse, representan un carácter lineal, la diferencia entre las curvas se debe a la geometría de los contactos. Este comportamiento se presentó en las 5 muestras, es decir, en las películas compuestas a diversas concentraciones y con diferentes tiempos de mezclado de las nanoestructuras. Ese tipo de geometría es útil para conocer la resistividad de la muestra, mas no para conocer la naturaleza del contacto, ya que la resistencia de la muestra puede disminuir el efecto de posibles barreras de potencial entre el metal y la muestra. En la figura 1(b) se presentan las resistividades de cada una de las 5 muestras para contactos de pintura de plata, se observa que todas las muestras en promedio tienen una resistividad de 10^4 ohm-cm, a excepción de la muestra 4, en la cual se ve incrementada su resistividad hasta 10^7 ohm-cm. Las mediciones transversales del arreglo estructural ITO/PO3T-GROX/metal, resultaron

igualmente lineales, excepto para el caso del Aluminio en la muestra 1 (conteniendo 10% w/w de GROX), como puede verse en la fig. 2, el cual forma una celda solar de contacto metal-semiconductor, con un voltaje en circuito abierto de 0.1 V y una densidad de corriente en corto circuito de 12 microAmp/cm² al iluminarlas con una irradiancia de 1000 W/m² proveniente de una lámpara de tungsteno – halógeno. Todas las muestras resultaron con conductividad mayoritaria por huecos, lo cual concuerda con lo reportado por Minhyeok Choe y colaboradores [18], este parámetro se midió usando punta caliente en las muestras con sustrato aislante. El efecto fotovoltaico existe, sin embargo los bajos V_{ca}, de alrededor de 0.1 V, sugieren resistencias en paralelo muy bajas, posiblemente provocadas por porosidad en el polímero, provocando corto circuitos entre el SnO₂ y Al.

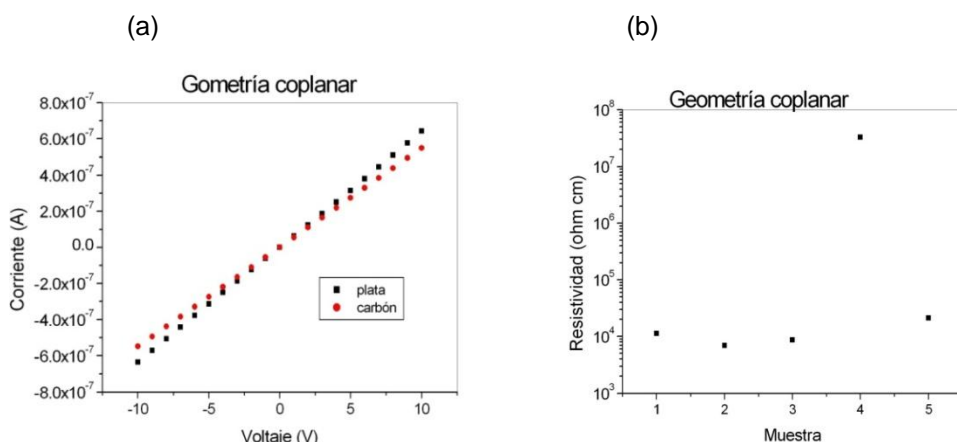


Figura 1(a) Curvas I-V de la muestra 1 (10% w/w con 12 hr de dispersión) con contactos de plata y carbón, 1(b) resistividades de cada una de las 5 muestra para contactos de pintura de plata.

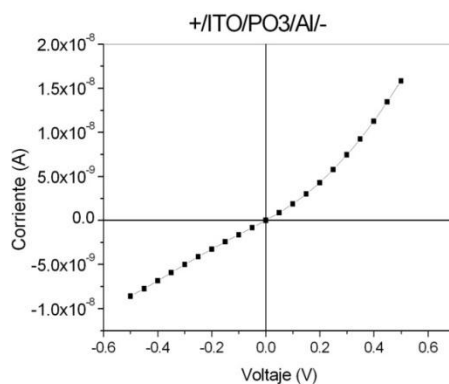


Figura 2. Curvas I-V de la muestra 1 (con 10% w/w de GROX) cuya estructura de celda es +ITO/PTOT-GROX/Al-

El contenido de nanoestructuras de óxido de grafeno en las películas compuestas P3OT-GROX es un parámetro importante tanto en el control de la morfología de fase microestructural, como también en el desempeño de conversión de energía solar en las celdas fotovoltaicas basadas en polímeros conjugados. En el presente trabajo se investigó mediante SEM la morfología de dichas películas con diversos contenidos en peso de óxido de grafeno (5% (M5), 10% (M1) y 20% (M3) w/w), lo cual se presenta en la figura 3. En la película compuesta con 5% de GROX (figura 3a), solamente unas pocas hojas de óxido de grafeno se encuentran embebidas en la matriz de P3OT y

muy separadas unas de otras. Se puede deducir que el contenido de óxido de grafeno en el dispositivo con estructura +ITO/P3OT-GROX 5%/Al- es demasiado pequeño como para formar suficientes interfaces D/A (Donador/Aceptador) para la generación de cargas. Las hojas de GROX son incapaces de formar senderos continuos para el transporte efectivo de electrones en la matriz, por lo tanto, es de esperarse que el dispositivo formado con este contenido de nanoestructuras no presente efecto fotovoltaico. La figura 3(b) presenta la micrografía SEM de la película compuesta (M1) con un 10% de las nanoestructuras. Se puede observar que las hojas de grafeno se encuentran muy bien dispersas y embebidas en el polímero como para formar abundantes interfaces D/A para la generación de cargas, estas interfaces se conectan con otras y forman una red interpenetrada, esto último coincide con lo reportado por Zhenglong y colaboradores [10]. Al comparar la topología superficial de las muestras M5 con la M1, no es difícil entender que el dispositivo +ITO/P3OT-GROX /Al-formado con la muestra M1 sea el que presenta efecto fotovoltaico. La morfología de la película con un contenido de 20% de óxido de grafeno se observa en la figura 3(c). Esta película tiene demasiadas hojas de las nanoestructuras que se agregan para formar grandes aglomerados. Debido a los grandes cúmulos agregados formados por el GROX en la matriz de P3OT, es entendible que el dispositivo formado con esta última película, no presente efecto fotovoltaico, ya que los cúmulos de GROX ocupan en su gran mayoría el área disponible para formación de interfaces D/A con el polímero, las cuales son las responsables de la generación de cargas.

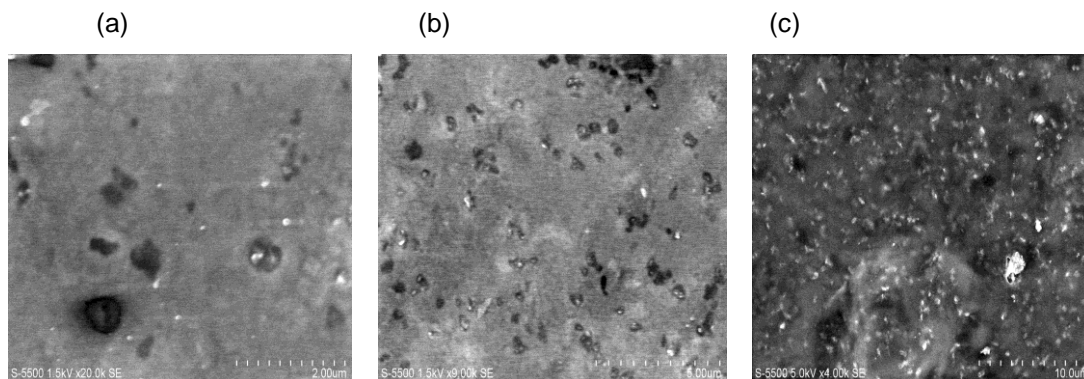


Figura 3. SEM de películas de (a) P3OT-GROX 5%w/w 20 hrs de dispersión (M5), (b) P3OT-GROX 10% w/w con 12 hrs (M1) y (c) P3OT-GROX 20 hrs. dispersión 20%w/w (M3)

Con el objetivo de profundizar más en el estudio de las propiedades morfológicas de las películas compuestas de P3OT-GROX se realizó la caracterización complementaria de AFM. La figura 4(a) corresponde a la película compuesta con 5% w/w de nanoestructuras de óxido de grafeno, en ésta se corrobora lo observado en SEM, en lo que respecta a la escasa presencia de hojas de GROX dentro de la matriz polimérica, debido a que la topología superficial es casi lisa (plana) y no se detectan formación significativa de agregados. También se observa en la fig. 4(b) que al incrementarse a 10% el contenido de nanoestructuras, éstas se encuentran bien dispersas, formando cúmulos localizados en ciertas zonas de la matriz polimérica formando una especie de senderos, lo cual coincide con lo observado en SEM. En los dos primeros casos, se observa que las hojas de GROX están cubiertas por una cierta cantidad de P3OT. Por último, la figura 4(c) que muestra la micrografía de la película compuesta con 20% w/w del óxido de grafeno, presenta un gran número de agregados formados por el GROX, de hecho, no se observa al polímero. Esto último concuerda con lo que se presenta en la figura 5(b) que corresponde también a una composición de nanoestructura de 20% w/w, en donde se pueden apreciar claramente que las hojas de grafeno, en forma de escamas se encuentran en exceso y apiladas una sobre otra.

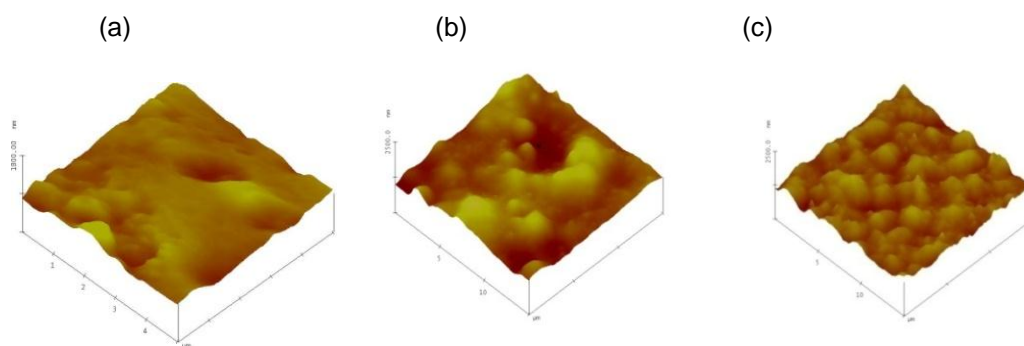


Fig. 4. Micrografías de AFM de películas de (a) P3OT-GROX 5%w/w 20 hrs de dispersión (M5), (b) P3OT-GROX 10% w/w con 12 hrs (M1) y (c) P3OT-GROX 20 hrs. dispersión 20%w/w (M3)

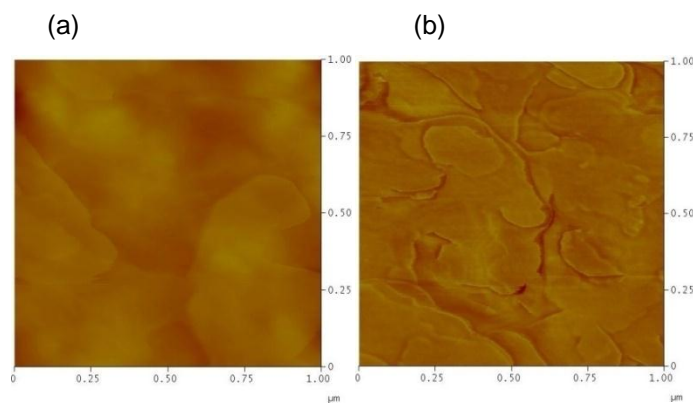


Figura 5. Micrografías de AFM de películas de (a) P3OT-GROX 5%w/w 20 hrs de dispersión (M5) y (b) P3OT-GROX 20%w/w 20 hrs. dispersión (M3)

Para investigar el comportamiento de absorción óptica de las películas compuestas de P3OT-GROX y de P3OT prístino, se llevó a cabo la medición de la absorbancia en el UV-vis-NIR (ultra violeta-visible-infrarrojo cercano). En la figura 6 se observa que tanto las películas compuestas de P3OT- óxido de grafeno, como las películas de P3OT absorben en un mismo rango de longitud de onda que va desde 350 a 650 nm, pero presentan una intensidad de absorbancia diferente, es decir, que las películas compuestas absorben más fuertemente en este rango, además de que presentan un ensanchamiento en sus bandas. Las diferencias entre los espectros de absorción, antes mencionadas, podrían ser originadas por la absorción de GROX en la película compuesta. En estas curvas no se observó la aparición de nuevas bandas de absorción, lo cual implica que en las películas compuestas no se llevan a cabo interacciones de estado basal significativas entre los dos materiales, por lo tanto, no ocurren transferencias de carga en este estado, lo cual es consistente con lo reportado en la literatura [19]. Se observa también que si se comparan las intensidades de absorción, la película que mas absorbe es la que contiene 10% de GROX, es decir que la capa activa que contiene menor cantidad de P3OT (comparada con la de 20%), exhibe una mejor capacidad de absorción de luz, con lo cual se confirma que es el polímero el que contribuye

a una mayor absorción en la región UV-Vis (350 a 650 nm). Por lo tanto, con una carga pequeña de nanoestructuras en la matriz polimérica, cuando se formen la interface óptima de D/A y el sendero de transporte de carga continuo, podrá obtenerse una mayor eficiencia de colección de la energía solar.

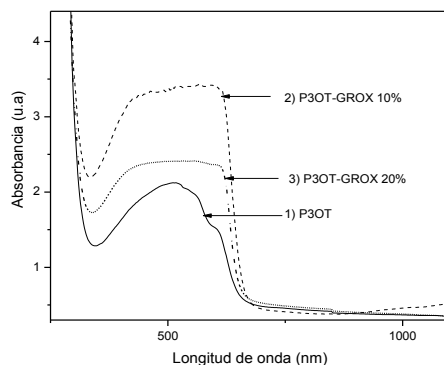


Figura 6. Espectros de absorción óptica de 1) P3OT, 2) P3OT-GROX 10% y 3) P3OT-GROX 20%

4. CONCLUSIONES

Se encontró que las películas compuestas con 10% en peso de GROX formaron una celda solar de contacto metal-semiconductor cuando el arreglo estructural fue ITO/PO3T-GROX/Al. Un contenido relativamente bajo del material aceptador (en este caso 10%) en el cual se presente efecto fotovoltaico, es un indicativo de la utilidad del grafeno como material aceptador de electrones. En cuanto a la morfología superficial se refiere, se observó que en las películas compuestas con 10% de las nanoestructuras, las hojas de grafeno se encuentran muy bien dispersas y embebidas en el polímero, forman abundantes interfaces D/A para la generación de cargas, estas interfaces se conectan con otras y forman una red interpenetrada, lo cual no fue observado en los casos de las películas con 5 y 20% de GROX. También se observa que tanto las películas compuestas de P3OT- óxido de grafeno, como las películas de P3OT absorben en un mismo rango de longitud de onda que va desde 350 a 650 nm. Se observa que la película que más absorbe es la que contiene 10% de GROX, es decir que la capa activa que contiene menor cantidad de P3OT (comparada con la de 20%), exhibe una mejor capacidad de absorción de luz, con lo cual se confirma que es el polímero el que contribuye a una mayor absorción en la región UV-Vis (350 a 650 nm). Por lo tanto, con una carga pequeña de nanoestructuras en la matriz polimérica, cuando se formen la interface óptima de D/A y el sendero de transporte de carga continuo, podrá obtenerse una mayor eficiencia de colección de la energía solar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Oscar Gomez-Daza por su apoyo técnico en la realización de este trabajo y C. López-Mata agradece el apoyo por parte del proyecto SEP-CONACYT CIENCIA BÁSICA número 157366. También se agradece a la División de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Quintana Roo por las facilidades otorgadas en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Oscar H. Salinas, **C. López-Mata**, Hailin Hu, Ma. Elena Nicho, *Solar Energy Materials and Solar Cells*. (2006) v. 90, p. 2421-2428.
2. H. Salinas, **C. López-Mata**, Hailin Hu, Ma. Elena Nicho, Aarón Sánchez, *Solar Energy Materials and Solar Cells*. (2006) v. 90, p. 760-769.
3. H. Nguyen Cong, C. Sene, P. Chartier, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 40 (1996) 261-271.
4. E. Arici, H. Hoppe, F. Schäffler, D. Meissner, M. A. Malik, N. S. Sariciftci, *Thin Solid Films*, 451-452 (2004) 612-618.
5. Maher Al-Ibrahim, H. Klaus Roth, M. Schroedner, Alexander Konkin, Uladzimir Zhokhavets, Gerhard Gobsch, Peter Scharff, Steffi Sensfuss, *Organic Electronics*, 6 (2005) 65-77.
6. C. Y. Kwong, A. B. Djuricic, P. C. Chui, K. W. Cheng, W. K. Chan, *Chemical Physics Letters*, 384 (2004) 372-375.
7. E. Arici, H. Hoppe, F. Schäffler, D. Meissner, M. A. Malik, N. S. Sariciftci, *Thin Solid Films*, 451-452 (2004) 612-618.
8. Wendy U. Huynh, Janke J. Dittmer, A. Paul Alivisatos, *Science Reports*, Vol. 295 (2002) 2425-2427.
9. Zunfeng Liu, Qian Liu, Yi Huang, Yanfeng Ma, Shougen Yin, Xiaoyan Zhang, Wei Sun and Yongsheng Chen, *Advanced Materials*, (2008) 20, 3924-3930.
10. Zhenglong Yang, Xujing Shi, Junjie Yuan, Hongting Pu, Yongsheng Liu, *Applied Surface Science* (2010) 257, 138-142.
11. Zhiyoung Liu, Dawei He, Yongsheng Wang, Hongpeng Wu, Jigang Wang, *Synthetic Metals* (2010) 160, 1036-1039.
12. Qian Liu, Zunfeng Liu, Xiaoyan Zhang, Nan Zhang, Liying Yang, Shougen Yin, and Yongsheng Chen *Applied Physics Letters* (2008) 92, 223303-1-3.
13. Zhiyoung Liu, Dawei He, Yongsheng Wang, Hongpeng Wu, Jigang Wang, *Solar Energy Materials and Solar Cells* (2010) 94, 1196-1200.
14. Zhong-Shuai Wu, Songfeng Pei, Wencai Ren,* Daiming Tang, Libo Gao, Bilu Liu, Feng Li, Chang Liu, and Hui-Ming Cheng, *Advanced Materials* (2009) 21, 1756-1760.
15. C. López-Mata, M.E. Nicho, Hailin Hu, G. Cadenas-Pliego and E. García-Hernández, *Thin Solid Films* 2005 490, 189-195.
16. **M.E. Nicho**, H. Hu, C. López-Mata, J. Escalante, *Solar Energy Materials & Solar Cells* (2004) 82, 105-118.
17. Park S, An J, Piner DR, Jung I, Ruoff SR, et al. Aqueous Suspension and Characterization of Chemical
18. Minhyeok Choe, Byoung Hoon Lee, Gunho Jo, June Park, Woojin Park, Sangchul Lee, Woong-Ki Hong, Maeng-Je Seong, Yung Ho Kahng, Kwanghee Lee, Takhee Lee, *Organic Electronics* 11 (2010) 1864–1869.
19. Qian Liu, Zunfeng Liu, Xiaoyan Zhang, Liying Yang, Nan Zhang, Guiling Pan, Shougen Yin,* Yongsheng Chen,* and Jun Wei, *Advanced Functional Materials* (2009) 19, 894-904.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ROBOTICA

CONTROL DE UN BRAZO DE ROBOT SCARA ACCIONADO POR MÚSCULOS ARTIFICIALES NEUMÁTICOS EMPLEANDO RNA-PM

Jorge Fabián Escobar Arizmendi, Sergio Díaz Zagal, Citlalih Gutiérrez Estrada, Rafael Cruz Reyes, Diana Rodríguez Guido, Rafael Lemus González, Yulia Ledeneva, René García Hernández, Celso Hernández Tenorio.

Institución: Instituto Tecnológico de Toluca, Laboratorio de Electrónica de posgrado Grupo Ingeniería de Software.

Dirección: Av. Tecnológico S/N, col. Ex-rancho la Virgen, Metepec, Estado de México, C.P. 52140.

Teléfono: (+52) (722) 2.08.72.24

Correo Electrónico: jf.escobar.a@gmail.com, sdiaz@ittoluca.edu.mx

RESUMEN

En este documento se presenta una metodología para la simulación del control de movimientos de un brazo de robot SCARA a 1 Grado de Libertad accionado por un par de músculos neumáticos artificiales basados en el modelo de McKibben, la cual parte de la función de transferencia que representa los movimientos de la articulación del brazo de robot. Se han aplicado técnicas de control clásico PID (Proporcional, Integral y Derivativo) y técnicas de aproximación empleando la Red Neuronal Artificial Perceptron Multicapa.

Palabras clave: Control, Redes Neuronales Artificiales, Perceptron Multicapa, Músculo Artificial Neumático.

ABSTRACT

This paper presents a methodology for simulating the motion control of a SCARA robot arm to 1 degree of freedom powered by a pair of artificial pneumatic muscles based on the model of McKibben, which part of the transfer function representing the joint movements of the robot arm. Techniques have been applied classic control PID (Proportional, Integral and Derivative) and approximation techniques using Artificial Neural Network Multilayer Perceptron.

Keywords: Control, Artificial Neural Network, Multilayer Perceptron, Artificial Pneumatic Muscle.

1. INTRODUCCIÓN

El hombre siempre ha intentado imitar a través de máquinas o robots el funcionamiento del cuerpo humano. Los griegos tenían una palabra específica “*automatos*” para representar estas máquinas. De esta palabra deriva la actual “*autómata*” que significa, máquina que imita la figura y movimientos de un ser animado [1]. Lo anterior refiere el origen de la robótica, que en la actualidad tiene un papel muy importante en áreas médicas e industriales.

Este artículo describe la simulación del control de un brazo de robot tipo SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assambly) de 1 grado de libertad basado en el modelo del brazo humano activado mediante RNA-PM (red neuronal artificial Perceptron Multicapa), a partir de datos obtenidos de la reproducción del control PID (Proporcional, Integral y Derivativo) empleado para controlar un brazo de robot construido en el INSA (Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas) en Toulouse, Francia.

Actualmente en el Instituto Tecnológico de Toluca se desarrolla un modelo mecánico basado en el comportamiento de un brazo natural, se ha propuesto emplear un actuador por músculo artificial neumático, basado en el modelo de Mckibben, considerado como el dispositivo artificial que tiene un comportamiento muy cercano a los músculos biológicos [2], sin embargo, ha sido un gran reto desarrollar sistemas de control para este tipo de actuador debido a que son sistemas no lineales.

El contenido de este artículo está estructurado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta el estado del arte, dentro de la sección 3 se muestra la función de transferencia empleada para la simulación del control y la metodología de simulación, la sección 4 presenta los resultados de la simulación del control PID y la técnica de aproximación por Redes Neuronales Artificiales y finalmente en la sección 5 se detallan las conclusiones obtenidas.

2. ESTADO DEL ARTE

La evolución de brazos de robot accionados con músculos artificiales neumáticos tiene su origen con el físico Joseph L. McKibben en los años 50's. El primer diseño del prototipo de un actuador por músculo artificial neumático, fue desarrollado con el objetivo de motorizar de forma neumática una ortopedia para un brazo que permitía abrir y cerrar los dedos [2]. Dicho actuador presenta diversas ventajas respecto a actuadores hidráulicos y electrónicos, como son: gran fuerza inicial, gran capacidad de aceleración, no posee movimiento a tirones, ligero y robusto, puede colocarse en cualquier posición angular y no pierde sus propiedades lo que le permite ser utilizado en ambientes peligrosos [3].

El músculo artificial neumático está compuesto por un tubo interno de caucho, que alojará aire a presión, recubierto por una malla de fibras trenzadas. Uno de los extremos se encuentra cerrado por una placa y es por donde el músculo aplica la fuerza al exterior. En el otro extremo se sitúa una válvula de regulación, que permite contraer o relajar el tubo interior de caucho [3]. La estructura de un actuador por músculo artificial neumático se muestra en la figura 2.1.

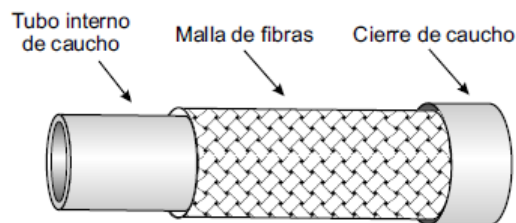


Fig. 2.1. Estructura de un actuador por músculo neumático artificial.

La investigación realizada demuestra que se han desarrollado brazos de robot utilizando músculos artificiales neumáticos, tal es el caso del empleado por Situm [4], quien desarrolló el segmento del brazo incorporando un par de músculos de la marca FestoPneumatics, o el propuesto por Choi [5], un brazo de robot accionado por dos pares de músculos artificiales neumáticos, cuyo objetivo principal de ambos es el reducir los riesgos que enfrenta el ser humano en áreas de peligro del sector industrial. Situm y Choi [4,5] coinciden que la principal problemática de incorporar actuadores por músculo artificial neumático, es la dificultad para desarrollar un sistema de control, debido a que son sistemas no lineales.

La propuesta más cercana al comportamiento del modelo del brazo humano, empleando músculos artificiales neumáticos basados en el modelo de Mckibben y refiriendo los movimientos naturales del brazo humano, es el realizado por el investigador Bertrand Tondu en el laboratorio de robótica del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA) en Toulouse, Francia [2]. Al igual que Situm y Choi [4,5], Tondu maifiesta que una de las dificultades que presenta este actuador es su comportamiento no lineal.

Se han propuesto técnicas de control PID [7] para el problema de la no linealidad obteniendo buenos resultados, aun así, el Instituto Tecnológico de Toluca busca alternativas orientadas al aprendizaje como lo son las Redes Neuronales Artificiales [6] cuya ventaja principal es su capacidad de incorporar efectos no lineales e interacciones entre variables del modelo sin necesidad de incluirlas a priori. Por lo anterior se desarrolló la simulación de un sistema de control que mejora el tiempo de respuesta que logra el sistema de control PID y minimiza las oscilaciones que presenta este tipo de actuador empleando RNA-PM.

3. FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

En teoría de control, a menudo se usan funciones de transferencia para caracterizar las relaciones de entrada-salida de componentes o de sistemas que se describen mediante ecuaciones diferenciales lineales invariantes con el tiempo [8]. El control de cualquier sistema significa aplicar o ejercer fuerzas para que el sistema trabaje de acuerdo con las instrucciones ordenadas, es decir, la fuerza refiere términos como movimiento, velocidad y aceleración, por lo tanto, el control de un brazo de robot requiere el conocimiento del modelo matemático del mismo (función de transferencia) y un sistema de control que actúe sobre él [9].

La figura 3.1 muestra el diagrama a bloques de un sistema de control, donde $U(s)$ es la entrada, $G(s)$ es la función de transferencia, $H(s)$ es el sistema de control y $Y(s)$ es la salida deseada.

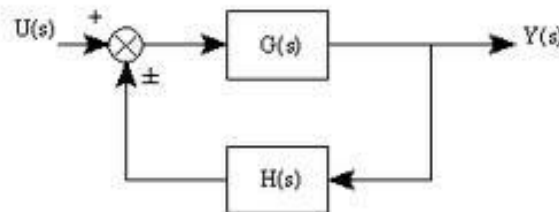


Fig. 3.1. Diagrama a bloques de un sistema de control.

El presente trabajo de investigación parte de la propuesta hecha por Tondu [2] en la que describe la función de transferencia que representa el comportamiento de una articulación manipulada por un par antagonístico de músculos artificiales neumáticos cuya expresión matemática es la siguiente:

$$G(p) = \frac{\theta}{U} = \frac{KW_n^2}{p^2 + 2ZW_np + W_n^2} e^{-\tau p}$$

Dónde:

U(s) = Presión (Bares)
 Θ = Posición (Grados)
 K = Ganancia estática
 W = Frecuencia angular no amortiguada
 Z = Coeficiente de amortiguamiento
 T = Tiempo

Remplazando G(s) por la función de transferencia G(p) y H(s) por el sistema de control PID en el diagrama a bloques de la figura 3.1, se tiene un sistema de control lazo cerrado, la evolución del comportamiento a una consigna de posicionamiento angular de 5° se muestra en la figura 3.2.

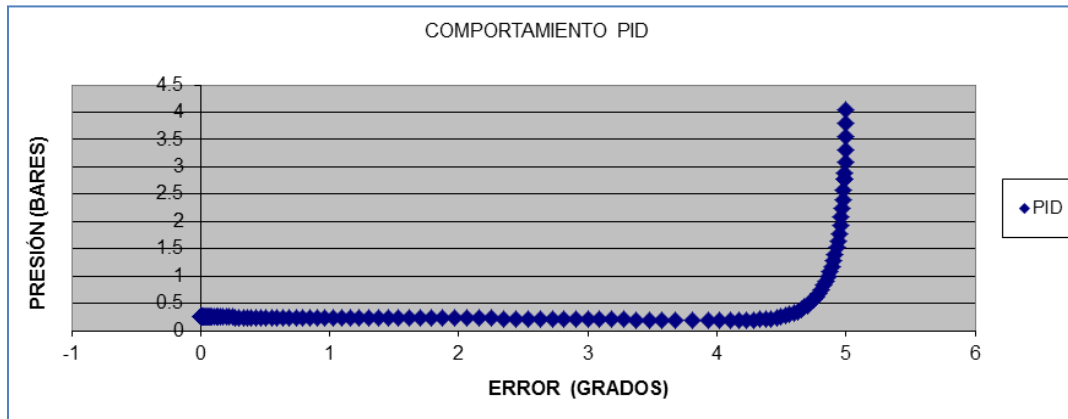


Fig. 3.2. Evolución del comportamiento PID.

A partir de la función de transferencia y de la grafica de evolución del comportamiento (Ver figura 3.2.), se desarrolló una metodología de solución basada en el comportamiento del control PID. En la etapa de adquisición de datos se utilizaron dos variables para almacenar el valor del Error (Posición angular en Grados) y la Presión (Bares). Con base en el error y la presión se construyó una RNA-PM de tipo supervisado para el entrenamiento. En la etapa de aproximación se empleó una topología no supervisada para aproximar al comportamiento PID, y finalmente se sustituyeron los valores propuestos por la Red Neuronal en el diagrama a bloques para probar la simulación del control. En la figura 3.3 se visualizan las cuatro etapas de la metodología de solución.

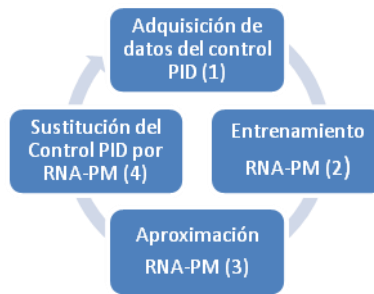


Fig. 3.3. Etapas de la metodología de solución.

Las etapas de la metodología de solución son descritas con el ejemplo que se presenta en la siguiente sección de pruebas y resultados.

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas realizadas en lazo cerrado aplicando control clásico PID fueron obtenidas a través de la herramienta Simulink de MatLab, que permitió diseñar un diagrama para representar la función de transferencia, evaluar el comportamiento y obtener los valores de entrada (Error) y salida (Presión). Posteriormente se utilizó el software Neurosolutions para el entrenamiento de la red, empleando el algoritmo de aprendizaje Backpropagation obteniendo un error mínimo cuadrático promedio de 0.004497979 . La topología planteada es de tipo supervisado y está formada por un nodo en la capa de entrada, 2 nodos en la capa oculta y un nodo en la capa de salida. En la figura 4.1 se muestra la gráfica de entrenamiento.

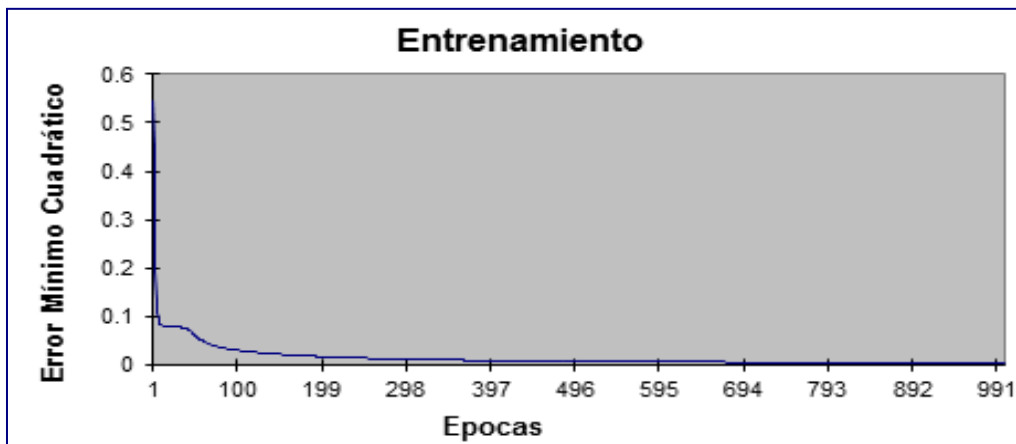


Figura 4.1. Gráfica de entrenamiento.

La técnica de aproximación por RNA-PM al comportamiento que muestra el control PID, emplea una red de tipo no supervisado cuya topología propuesta está formada por un nodo en la capa de entrada y 2 nodos en la capa oculta, sin presentar nodos en la capa de salida precisamente porque la red propondrá sus propias salidas (técnica de aproximación). La figura 4.2 muestra la aproximación de la RNA-PM en comparación al comportamiento del control PID.

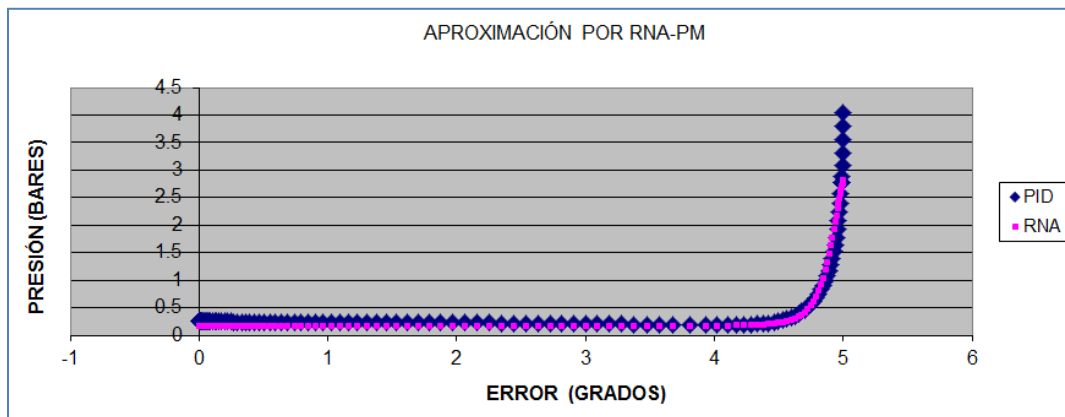


Fig. 4.2. Gráfica de aproximación por RNA-PM.

Finalmente en la última etapa de la metodología de solución se sustituyeron los valores propuestos por la RNA-PM (técnica de aproximación) dentro del diagrama Simulink de Matlab, con el objetivo de comparar la simulación del comportamiento de ambos controles. El control PID logra la consigna de 5° de posición en 3 segundos presentando oscilación y alcanza la estabilización hasta los 5.8 segundos, sin embargo, el control RNA-PM logra establecer la consigna de posición angular de 5° en 4.8 segundos logrando la estabilización sin presentar oscilaciones. A continuación la figura 4.3 muestra el comportamiento del control PID y RNA_PM en un ambiente simulado.

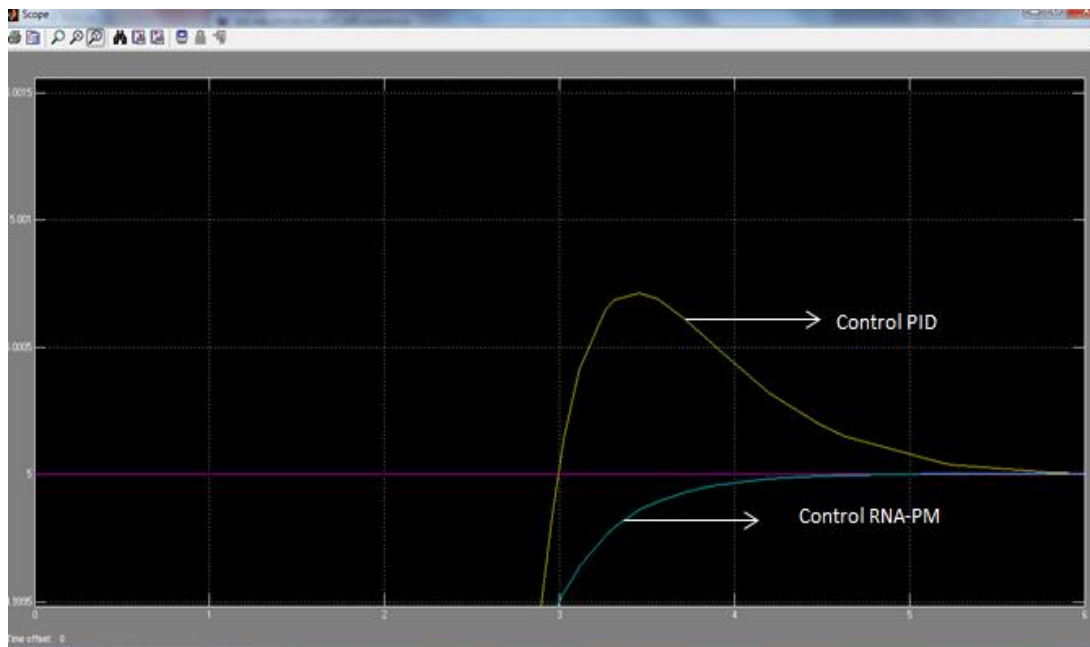


Fig. 4.3. Gráfica del control PID y RNA-PM en Simulink.

5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados de pruebas experimentales obtenidas en un entorno simulado, la técnica de aproximación por Red Neuronal Artificial mostró un comportamiento equivalente al que

presenta el control PID, lo que demuestra que la topología de Red Neuronal propuesta es capaz de aprender un comportamiento no lineal, sin embargo, la topología RNA-PM hasta la etapa de la técnica de aproximación no demuestra haber mejorado el comportamiento del control PID. Por lo tanto se emplearon los valores de salida propuestos por la Red Neuronal en un ambiente simulado, logrando mejorar los tiempos de respuesta y las oscilaciones que presenta el control PID.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por su apoyo y patrocinio para la realización de este trabajo que forma parte del proyecto “Estudio y Caracterización del Prototipo de un Mini-Musculo Artificial Neumático en Condiciones Estáticas y Dinámicas”, con clave ITTOL-PTC-002, de la convocatoria “Apoyo a la incorporación de nuevos Profesores de Tiempo Completo. Convocatoria 2009”. De igual manera agradecemos el apoyo a la DEGEST por aprobar el proyecto “Prototipo de un sistema virtual de un par de mini-actuadores de músculos artificiales neumáticos en antagonismo basados en el modelo de McKibben”, con clave TOL-DCIET-2010-102, que ha servido como base para seguir avanzando en investigaciones relacionadas a este proyecto.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Barrientos. “Fundamentos de Robótica”, Mc Graw Hill 2da Ed. 1997.
- [2] B. Tondu, P. López, “Modeling and Control of McKibben Artificial Muscle Robot Actuators”, IEEE Control Systems Magazine. Abril 2000.
- [3] Adolfo Hilario Caballero, Pablo Carbonell Cortés, “Prototipo Experimental para la Identificación y Control de Actuadores por Músculo Neumático”, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España 2003.
- [4] Zeliko Situm, Srečko Herceg, “Design and Control of a Manipulator Arm Driven by Pneumatic Muscle Actuators”, Mediterranean Conference on Control and Automation, Centre, Ajaccio, France. Junio 2008.
- [5] Tae-Yong Choi, Joon-Hong Seok, Ju-Jang Lee, “Safe Robot with Artificial Pneumatic Muscle”, IEEE International Symposium on Industrial Electronics. Julio 2009.
- [6] Javier Trujillano, Jaume March, Albert Sorribas, “Aproximación Metodológica al uso de Redes Neuronales Artificiales para la Predicción de Resultados en Medicina”, Departament de Ciències Mèdiques Bàsiques. Universitat de Lleida, España. 2003.
- [7] B. Tondu, S. Ippolito, J. Guiochet, A. Daidie, “A Seven Degrees of Freedom Robot Arm Driven by Pneumatic Artificial Muscles for Humanoid Robots”, The International Journal of Robotics Research. Abril 2005.
- [8] Katsuhiko Ogata, “Ingeniería de Control Moderna”, Prentice Hall 4ta Ed. 2008.
- [9] Subir Kumar Saha. “Introducción a la Robótica”, Mc Graw Hill 1era Ed. 2010.

GESTIÓN Y SIMULACIÓN DE UN PROYECTO DE ROBÓTICA MÓVIL, EMPLEANDO PROTOTIPOS CON CICLO DE VIDA EN ESPIRAL Y PROCESOS DE LA INGENIERÍA DE SOFTWARE

Juan José Rivera Alemán, Sergio Díaz Zagal, Citlalih Gutiérrez Estrada, Rafael Lemus González

Instituto Tecnológico de Toluca,

juanjo8585@hotmail.com, sdiaz@ittoluca.edu.mx, citlalihg@yahoo.com.mx,
ralego2005@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo describe la gestión empleada en la simulación de un proyecto de robótica móvil, siguiendo el modelo de ciclo de vida en espiral. La técnica de gestión propuesta se compone de siete etapas, contenidas dentro del modelo en espiral, combinando los procesos de simulación para evaluar correctamente los resultados; estas etapas son, obtención de requerimientos, formulación del modelo, programación, experimentación, interpretación, control de versiones y documentación. Así mismo se detallan los sub-procesos de cada una de estas etapas, los cuales pueden ser aplicados a otros proyectos de robótica móvil tanto en la parte de simulación como en la parte de manufactura, pues abarcan las áreas fundamentales de análisis, diseño, ejecución y mantenimiento que cualquier proyecto de este tipo engloba.

ABSTRACT

This paper describes the management used in the simulation of a mobile robotics project, following the model of spiral life cycle. The proposed management technique consists of seven stages, contained within the spiral model, combining the simulation processes to properly evaluate the results, these stages are requirements elicitation, model formulation, programming, testing, interpretation, version control and documentation. It also details the sub-processes of each of these stages, which can be applied to other mobile robotics projects in both the simulation and in the manufacturing, as they cover the key areas of analysis, design, implementation and maintaining any such project encompasses.

1. INTRODUCCIÓN

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Temporal significa que cada proyecto tiene un comienzo definido y un final definido. La gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto.

El proyecto está basado en la utilización de cuatro técnicas, que comúnmente en la práctica se emplean de forma separada o se emplean parcialmente juntas, debido a sus características. Por un lado el modelado asistido por computadora mejor conocido como CAD (Diseño Asistido por Computadora), en su variante de 3D (tres dimensiones), que permite moldear y dar forma a figuras complejas, con el uso de la computadora. Por otro lado se tiene a la Robótica; dentro de la cual el proyecto se limita a emplear una rama de esta ciencia, dedicada al estudio de los robots móviles, su morfología, navegación y técnicas de mapeo. Como tercer técnica se emplea la simulación, que según R.E. Shannon [1], consiste en el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un criterio o un conjunto de ellos

para el funcionamiento del sistema. Finalmente, se emplea a la Ingeniería del Software [2], como parte de la gestión del proyecto, empleando estándares y diagramas para formalizar la obtención de requerimientos, el tipo de programación y el control de versiones. El modelado, el control así como la simulación han sido desarrollados empleando el software de simulación Marilou Robotics 2010 [3], una importante herramienta software para el estudio, la creación y la evaluación de sistemas robóticos de alto desempeño.

El objetivo principal del proyecto consistió en la implementación de un algoritmo de navegación en un robot móvil y su evaluación a través de un estudio formal de simulación que integra a la vez procesos de la Ingeniería del Software [2], en las etapas de obtención de requerimientos, programación y control de versiones; además de emplear el modelo de ciclo de vida conocido como Espiral, para la gestión del proyecto, que es una técnica de la Ingeniería del Software.

La principal aportación del proyecto es el empleo de técnicas hasta ahora solo utilizadas en gestión de proyectos de software a un proyecto de robótica que además emplea también procesos de simulación. Con estas técnicas fue posible formular y evaluar cinco prototipos distintos de robots móviles; las características en común de estos prototipos fue la inclusión de sensores ultrasónicos y laser, motores independientes en cada rueda y un modelado siempre emparentado con modelos físicos reales. Las características cambiantes de estos prototipos fueron sus configuraciones móviles, entre las cuales se probaron principalmente las de tipo diferencial con una rueda loca atrás o una combinación de dos diferenciales, una al frente y otra atrás; otras características que se modificaron frecuentemente fueron las relativas al software, aplicado a los algoritmos de navegación autónoma y mapeo implementados en la lógica del robot móvil.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Actualmente se han realizado otros proyectos con el software Marilou Robotics 2010 [3], en donde la simulación y la robótica van de la mano para evaluar y experimentar nuevas técnicas de navegación, modelos de robots y escenarios, en los que se pretende probar posteriormente un sistema o conjunto de sistemas como el trabajo presentado por Marcela Urdaniz[4], donde se da a conocer una simulación realizada con el mismo software aquí descrito. Sin embargo poco se menciona acerca de la gestión del proyecto, la obtención de requerimientos, la forma en cómo se validaron los resultados y cuál fue el control de versiones que se utilizó durante el proyecto.

3. METODOLOGÍA

En la construcción de robots móviles se sigue un proceso que consiste en determinar la aplicación que tendrá el robot, el diseño del prototipo, la programación y las pruebas para su próxima implementación. De acuerdo a este proceso de manufactura, idealmente un robot se diseña, se construye y se implementa de forma eficiente, en el ambiente para el cual fue pensado. Sin embargo en muchas ocasiones la manufactura de robots móviles presenta problemas en su implementación, que no se logran predecir en la etapa de diseño o programación, lo que deriva en un prototipo deficiente, ocasionando tiempos de entrega demorados, o una inversión excesiva en material y equipo de construcción, ya que por un diseño deficiente, suelen dañarse componentes electrónicos. Una posible solución a este problema, es realizar una simulación que permite evaluar un modelo de robot en un ambiente muy similar al que habrá de ser su ambiente de operación normal. Con la finalidad de realizar las pruebas necesarias, que permitan, identificar fallas de diseño o programación, antes de realizar estas etapas en forma física; otra ventaja de la simulación, es la posibilidad de evaluar el modelo en distintos escenarios con condiciones sujetas a las leyes normales de la física, como la gravedad que hace posible lograr diseños más precisos, con un porcentaje de pruebas superior al que se somete un prototipo físico.

La metodología empleada en el proyecto se divide en siete etapas, contenidas dentro del modelo en espiral en combinación los procesos de simulación, para evaluar correctamente los resultados;

estas etapas son, obtención de requerimientos, formulación del modelo, programación, experimentación, interpretación, control de versiones y documentación (ver Figura 1).

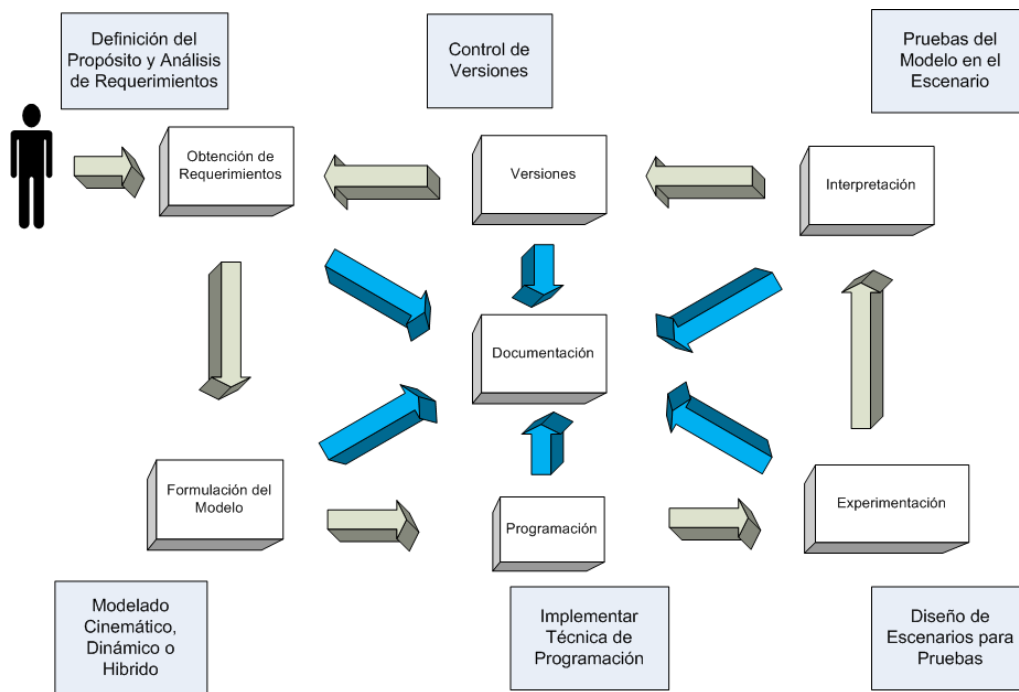


Figura 1. Esquema General del Proyecto de Simulación del Robot Móvil.

- **3.1 Obtención de Requerimientos**

La especificación de requerimientos en cualquier proyecto es la parte inicial y una de las más importantes para ser analizada a lo largo de todo el proyecto, los requerimientos en primera instancia son recopilados por lo general en lenguaje natural, a continuación son analizados para dividirlos en funcionales y no funcionales, de acuerdo a la metodología utilizada por los principales exponentes del proceso de Ingeniería de Software, como Ian Sommerville [2], o Roger Pressman [5], al finalizar este análisis, se integra un documento formal de requerimientos. Este proceso se describe en la Figura 2.

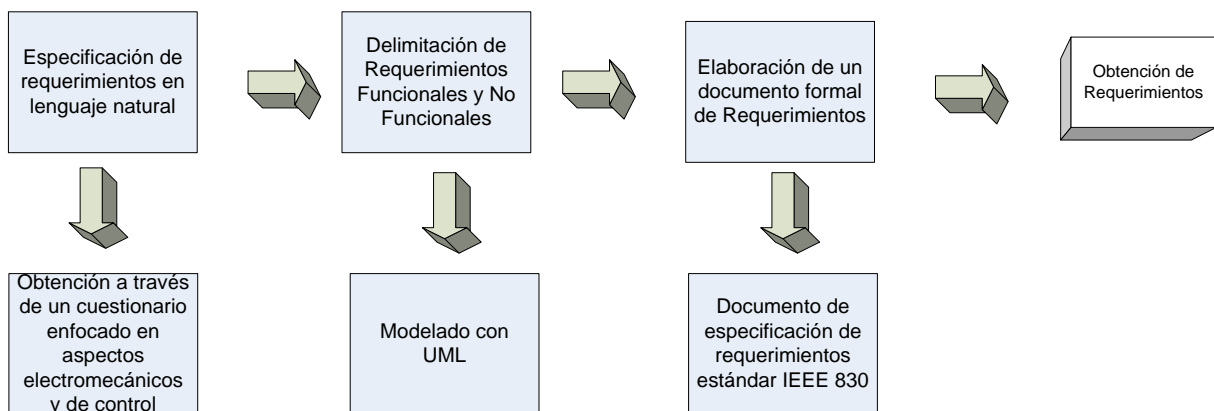


Figura 2. Proceso de Generación de la Base de Requerimientos.

- ### 3.2 Formulación del Modelo

Un modelo es una representación de un objeto o de un fenómeno [1], dentro del proyecto se busca modelar un robot móvil para lo cual es necesario primeramente obtener las dimensiones físicas del prototipo real tomadas de los requerimientos funcionales y no funcionales anteriormente mencionados, para poderlas plasmar de manera fidedigna con el software de diseño Marilou Robotics 2010 [3], a continuación como lo que se desea modelar es un robot, se deben integrar en el modelo los requerimientos funcionales para toma de datos y control, que representen los sensores y actuadores que implementa el prototipo real, finalmente debido a que el tipo de simulación que se hace la cual es a través de una animación en 3D que toma en cuenta características de cinemática y dinámica; dentro del software de diseño es necesario establecer las restricciones físicas a las que estará sujeto el modelo que se anime en el escenario 3D como son la gravedad, el peso u otras fuerzas que interactúen sobre él. Este proceso se describe en la Figura 3.

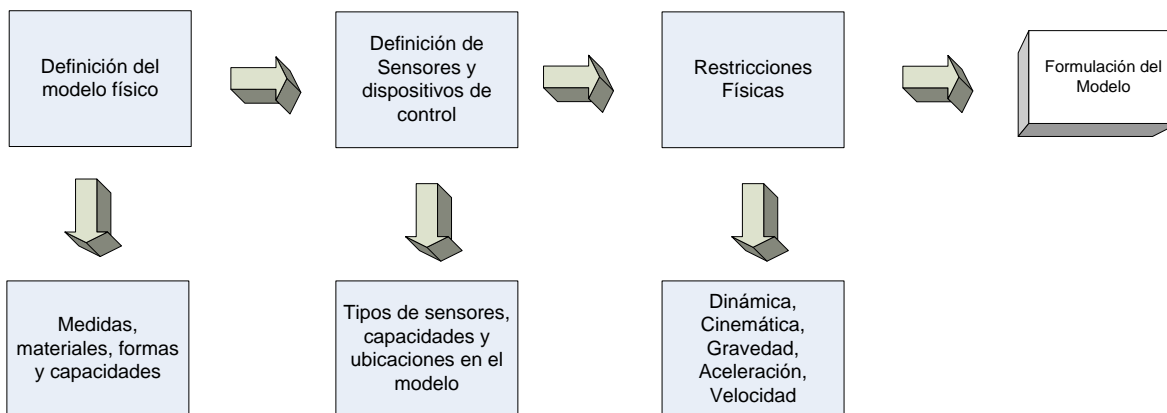


Figura 3. Proceso de Diseño del Modelo.

- ### 3.3 Programación

La existencia de robots que realicen de manera autónoma tareas de modo eficiente, depende fundamentalmente de su construcción mecánica y de su programación. Una vez construido el cuerpo mecánico del robot, conseguir que realice una tarea se convierte en la práctica en un problema de programación [8]. La generación de comportamiento en un robot consiste entonces en escribir el programa, que al ejecutarse en el robot, causa ese comportamiento cuando éste se encuentra en cierto entorno.

La autonomía y la "inteligencia" residen en ese programa. Por ejemplo, en los robots móviles el comportamiento principal es su movimiento. Los programas que se ejecutan en el robot determinan cómo se mueve éste por el entorno, reaccionando ante obstáculos percibidos por los sensores, acercándose a algún destino, etc. Y para ello tienen que enviar continuamente las órdenes pertinentes a los motores. Este proceso se describe en la Figura 4.

El software de simulación Marilou Robotics 2010 [3] a través de su módulo MODA (Marilou Open Device Access), permite la interacción directa entre la lógica del programa y los sensores que éste controla, gracias a la integración directa entre los nombres de los dispositivos y su asociación con variables definidas dentro del programa que comunican la información a estos dispositivos en tiempo real durante la simulación.

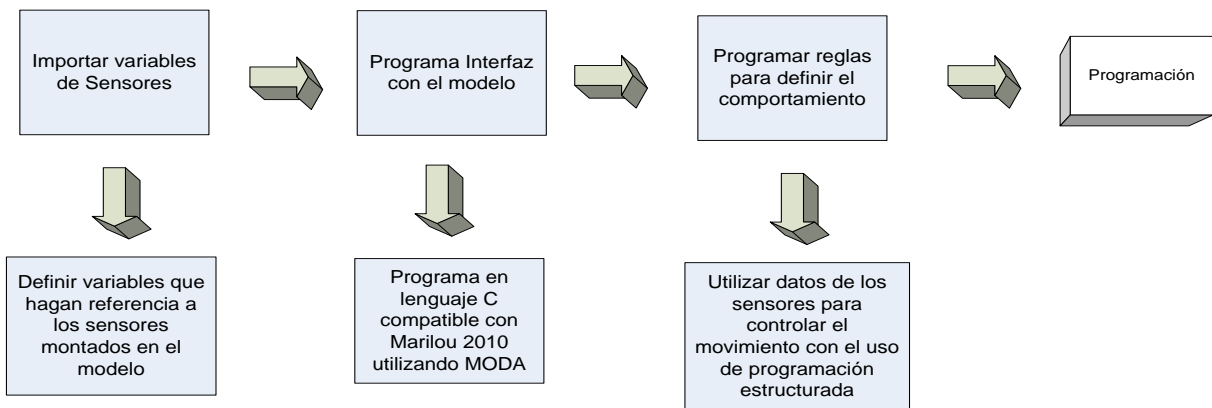


Figura 4. Proceso de Programación.

- **3.4 Experimentación**

El proceso de experimentación del proyecto consiste en el diseño de escenarios, las restricciones impuestas a estos y el montaje del modelo del robot móvil dentro del escenario.

El diseño del escenario se realiza con el mismo software con el que se modela el robot MarilouRobotics2010 [3], la ventaja es que puede estar sujeto a condiciones físicas como gravedad, masa de los objetos inmersos en el escenario, fuerzas que pueden inferir sobre el modelo, etc. Todas estas condiciones pueden ser definidas y cambiadas para observar el comportamiento del modelo dentro del escenario y corregir anomalías del sistema de navegación, que reside en la programación del robot. Este proceso se detalla en la Figura 5.

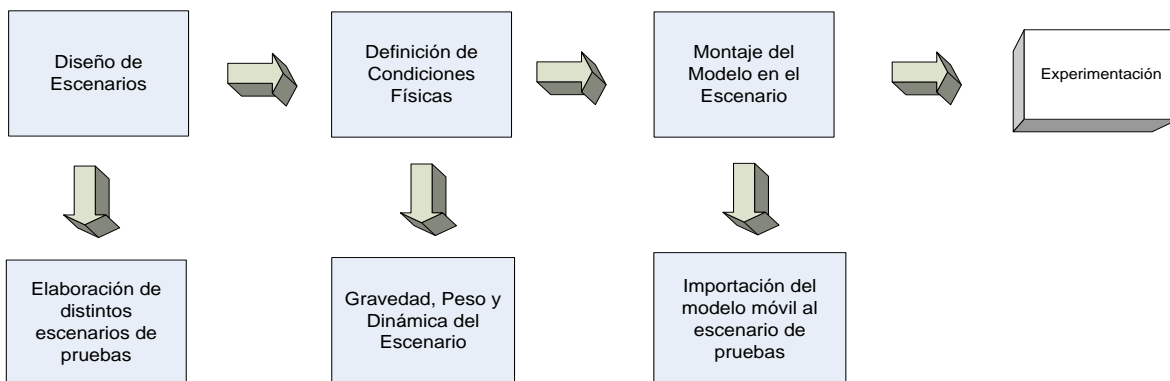


Figura 5. Proceso de Experimentación

- **3.5 Interpretación**

La interpretación se lleva a cabo en tres etapas que son análisis, recolección de datos y validación de resultados. El análisis consiste diseñar formatos que se emplean para evaluar las características cuantitativas y cualitativas del modelo a utilizarse en la simulación, la recolección de datos, tiene como base fundamental la observación y documentación de los cambios en las variables de interés, tanto cuantitativas como cualitativas en un intervalo de tiempo para su posterior graficación en un histograma y concluir con un resumen estadístico, por último en la

validación de resultados se hace una comparativa de los datos de salida del modelo simulado contra los del modelo real. Este proceso se detalla en la Figura 6.

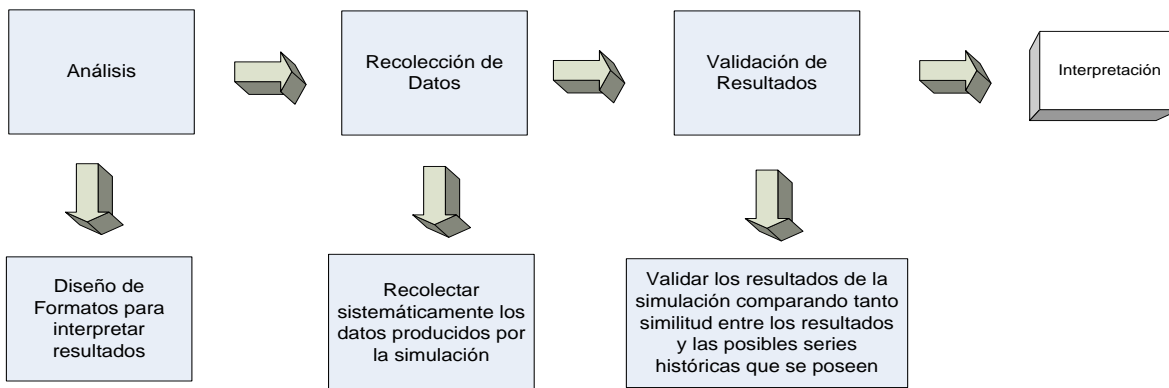


Figura 6. Proceso de Interpretación.

- **3.6 Control de Versiones**

El control de versiones tanto del proyecto en general como de la etapa de programación se gestiona haciendo uso de tecnologías especializadas en este sector, como son Tortoise Hg [8], y Dropbox [7]. Tortoise Hg [8] es un software para el control de versiones libre, que permite llevar el control del código de programación en repositorios distribuidos, y esto permite el trabajo simultaneo de varias personas sobre un mismo código, pudiendo al final fusionar los cambios de cada integrante en una sola versión que se actualiza en un repositorio principal, el cual sirve como punto de referencia para la nueva versión que se desee generar, al mismo tiempo, tanto el repositorio principal de la etapa de programación como todos los archivos referentes al proyecto como son, archivos de pruebas, presentaciones de avances y documentación final, se sincronizan con todos los involucrados en tiempo real a través de internet, empleando para este propósito una herramienta llamada Dropbox [7] que es un repositorio en línea que permite compartir directorios locales en línea y automáticamente realiza la sincronización con la otra persona con la que se comparte ese directorio, realizando una copia de los archivos tanto en el directorio local de la persona con quién se comparte, como en un directorio virtual en internet, que se crea y se sincroniza automáticamente cada que se crea un directorio local con la herramienta. En su versión gratuita Dropbox[7] ofrece una tasa de almacenamiento de 2GB, la cual puede llegar hasta un máximo de 4GB mediante un mecanismo de promoción de la herramienta en el cual cada que un usuario comparte un directorio con otra persona y esta a su vez crea una cuenta de Dropbox [7], al usuario propietario del directorio original se le aumentan 250MB extras de almacenamiento. La Figura 7 describe esquemáticamente como se lleva a cabo la gestión y el control de versiones.

3.7 Documentación

Durante la gestión de este proyecto siempre se observó indispensable la necesidad de documentar la información resultante en cada avance de manera formal, en un principio a través de un protocolo de investigación y al transcurrir el tiempo se convirtió en un documento formal de tesis; sin embargo la documentación del proyecto también incluye, bitácoras, archivos de presentaciones en seminarios, archivos generados con el simulador que incluyen los escenarios y el modelo de pruebas, código de programación, videos tomados con el simulador, una especificación de requerimientos de software bajo el estándar IEEE 830 y todas las versiones con cambios generadas de estos archivos mencionados agrupados en una carpeta de proyecto la cual es accesible a los colaboradores del proyecto y a los asesores y/o directores de tesis gracias al

proceso de control de versiones mencionado en el inciso 3.6.

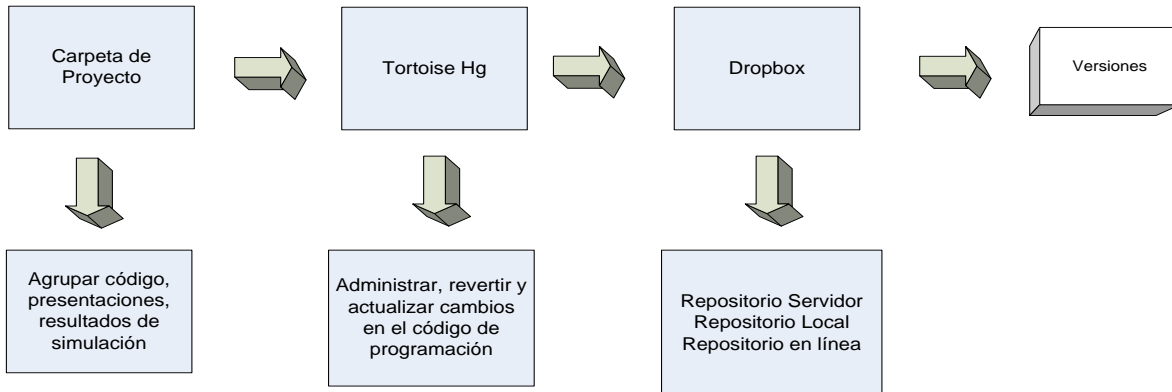


Figura 7. Proceso de Control de Versiones

4. PRUEBAS

Como se mencionó anteriormente la gestión del proyecto está gobernada por el ciclo de vida en espiral como principal soporte para las actividades principales del proyecto, pues permite la inclusión de prototipos y es un modelo evolutivo que al ser empleado con la simulación su principal desventaja que es el aumento de costos en función del tiempo, se reduce considerablemente, como se puede apreciar en la figura 8.

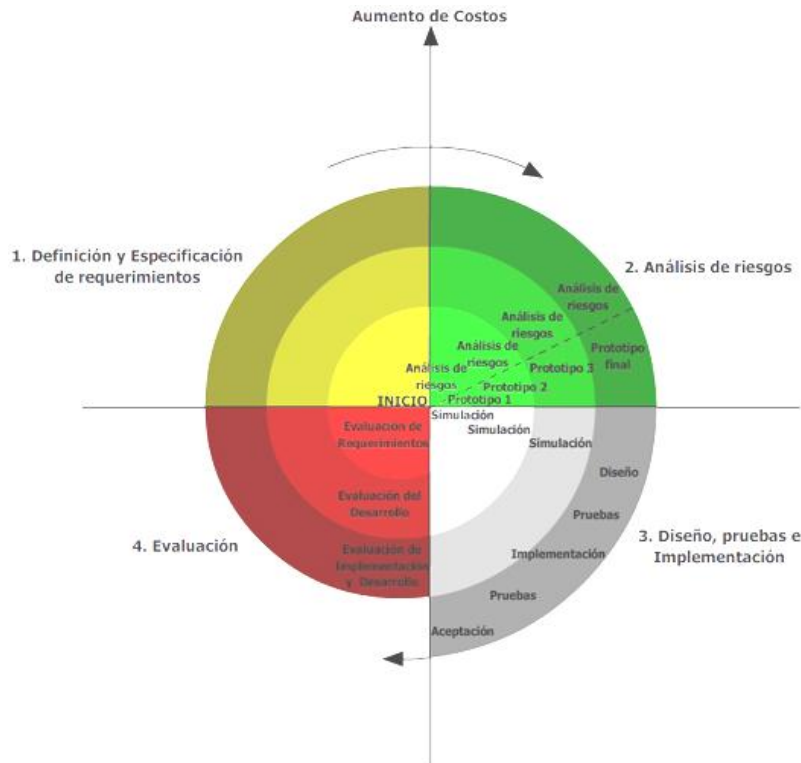


Figura 8. modelo del ciclo de vida en espiral.

empleando este modelo se generaron 5 espirales siguiendo la gestión planteada en la metodología y el resumen de las pruebas se concentra en la información presentada en la tabla i y ii.

TABLA I – ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA, REQUERIMIENTOS Y ANÁLISIS DE RIESGOS.

NO. ESPIRAL	DEFINICIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS	ANÁLISIS DE RIESGOS
Primera espiral	<ul style="list-style-type: none"> prototipo de robot móvil. programación modular. conexión con matlab. interfaz de usuario. 2 sensores ultrasónicos. 	<ul style="list-style-type: none"> cambios en los requerimientos funcionales y no funcionales. falta de experiencia en el uso de matlab. falta de experiencia en el uso del simulador.
Segunda espiral	<ul style="list-style-type: none"> prototipo de robot móvil. programación modular. conexión con matlab. interfaz de usuario. 2 sensores ultrasónicos. 	<ul style="list-style-type: none"> cambios en los requerimientos funcionales y no funcionales. falta de experiencia en el uso de matlab. utilización de software adicional de diseño en 3d.
Tercera espiral	<ul style="list-style-type: none"> prototipo de robot móvil programación modular conexión con matlab interfaz de usuario 2 sensores ultrasónicos 	<ul style="list-style-type: none"> cambios en los requerimientos funcionales y no funcionales. algoritmo de navegación deficiente en escenarios con muchos obstáculos. utilización de software adicional de diseño en 3d.
Cuarta espiral	<ul style="list-style-type: none"> prototipo de robot móvil programación modular conexión con matlab interfaz de usuario 2 sensores ultrasónicos 	<ul style="list-style-type: none"> cambios en los requerimientos funcionales y no funcionales. compleja integración de matlab con algoritmos de mapeo. utilización de software adicional de diseño en 3d.
Quinta espiral	<ul style="list-style-type: none"> prototipo de robot móvil programación modular algoritmo slam algoritmo de navegación autónoma interfaz de usuario 3 sensores ultrasónicos 1 sensor laser 	<ul style="list-style-type: none"> cambios en los requerimientos funcionales y no funcionales. complejidad de implementación del algoritmo de mapeo (slam). deficiencias en el algoritmo de navegación autónoma al conjuntarlo con el algoritmo de mapeo.

tabla ii – análisis de ciclo de vida en espiral, diseño, pruebas e implementación y evaluación.

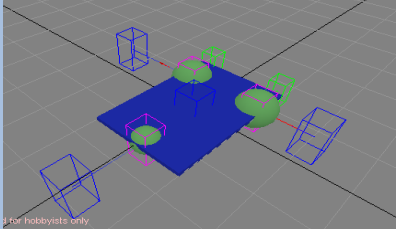
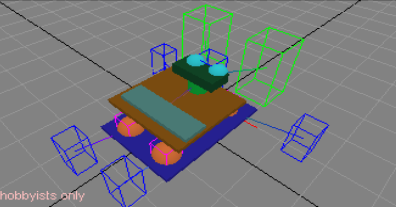
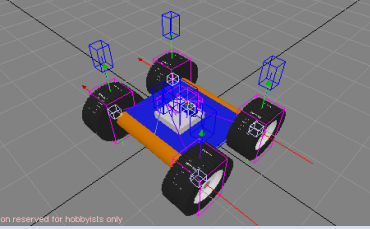
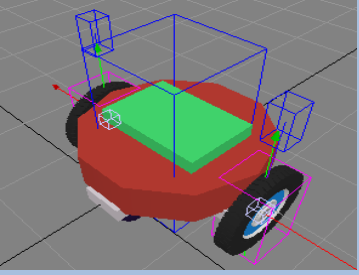
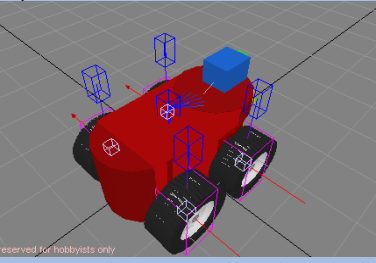
No. espiral	diseño, pruebas e implementación	evaluación
Primera espiral	<ul style="list-style-type: none"> • una primera aproximación al modelo físico real. • simulación de un algoritmo de navegación autónomo básico.  <p>figura 9. primer prototipo desarrollado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • modelo virtual carece de similitud completa con el modelo físico real. • la conexión con matlab fue posible parcialmente. • conocimiento de la programación básica con el simulador. • integración de sensores ultrasónicos y motores sencillos en una configuración diferencial.
Segunda espiral	<ul style="list-style-type: none"> • mayor similitud con el modelo real. • escenario con obstáculos moderados. • algoritmo de navegación con doble configuración diferencial.  <p>figura 10. segundo prototipo desarrollado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • modelo virtual presenta una similitud con el modelo real del 80%. • la conexión con matlab permite controlar el modelo desde una interfaz gráfica desarrollada en matlab con comandos sencillos. • integración de sensores ultrasónicos y motores sencillos en una configuración diferencial doble.
Tercera espiral	<ul style="list-style-type: none"> • modelo alternativo al modelo real. • escenario con una mayor cantidad de obstáculos. • interfaz muestra distancias del sensor ultrasónico durante la navegación.  <p>figura 11. tercer prototipo desarrollado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • interfaz muestra distancias del sensor ultrasónico • evasión correcta de obstáculos en un escenario con características similares al escenario de pruebas real.

Tabla ii – análisis de ciclo de vida en espiral, diseño, pruebas e implementación y evaluación (continuación).

No. espiral	diseño, pruebas e implementación	evaluación
Cuarta espiral	<ul style="list-style-type: none"> • modelo alternativo al modelo real. • escenario con una mayor cantidad de obstáculos.  <p>figura 12. cuarto prototipo desarrollado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • conexión con matlab se desecha debido a su complejidad de integración con el algoritmo de mapeo que se desea implementar en posteriores etapas. • modelo virtual presenta una similitud con el modelo real del 90% en características visuales y de rendimiento contra el modelo real propuesto.
Quinta espiral	<ul style="list-style-type: none"> • se rediseño el algoritmo de navegación autónoma para que se adapte mejor en escenarios con gran cantidad de obstáculos. • se integró en el diseño el sensor laser y se configuro para realizar un barrido axial suficientemente amplio para implementar el algoritmo de mapeo (slam). • se implementó el algoritmo de mapeo (slam).  <p>figura 13. quinto prototipo desarrollado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • modelo virtual presenta una similitud con el modelo real del 95% en características visuales y de rendimiento contra el modelo real propuesto. • el algoritmo de mapeo se implementó parcialmente con resultados óptimos en escenarios sin gran cantidad de obstáculos. • el algoritmo de navegación autónoma se adapta mejor en escenarios con gran cantidad de obstáculos. • el escenario de pruebas propuesto es el definitivo que se utilizara en espirales posteriores.

5. RESULTADOS

Los resultados referentes a la gestión del proyecto han sido favorables, ya que empleando el modelo en espiral, en cada vuelta se ha podido identificar y corregir problemas de cada prototipo, re-formular los requerimientos, re-utilizar código de programación y mantener un correcto control de versiones, además al emplear el software de simulación Marilou Robotics 2010, se reducen costos ya que permite un número de pruebas amplio, el modelado del ambiente real de pruebas y el modelado del robot móvil, así como el uso de dispositivos comerciales, propios de la robótica utilizados en los prototipos desarrollados, los cuales son una representación virtual de modelos de dispositivos físicos reales.

6. CONCLUSIONES

Una de las principales aportaciones de este trabajo fue la capacitación en la utilización del software para simulación, la integración de técnicas normalmente utilizadas solo en proyectos de Ingeniería de Software, que posibilitaron la formalización del trabajo en aspectos tan delicados como la obtención e interpretación de requerimientos, el modelado de la programación y el control eficiente de versiones del código.

La utilización del modelo en espiral como respuesta a la necesidad de formalizar la gestión del proyecto, tiene como principales objetivos, mejorar el análisis de la información, apoyar a la toma de decisiones, la re-utilización del código de programación, la evaluación y validación de cada uno de los prototipos; así como la re-formulación de nuevos requerimientos que se adapten mejor a cumplir el propósito principal del proyecto; el cual está enfocado al estudio e implementación de un algoritmo de navegación autónoma para un robot móvil, así como un algoritmo de mapeo y su representación gráfica en tiempo real de la simulación; con todas las aplicaciones que el empleo de estas técnicas pueden aportar para proyectos futuros en forma de componente o como base de investigación para desarrollar otros proyectos de robótica con ésta misma gestión, enfocados al aprovechamiento de la simulación como una técnica precedente a la manufactura eficiente de robots móviles y el ahorro de costos.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por su apoyo y patrocinio para la realización de este trabajo que forma parte del proyecto “Estudio y Caracterización del Prototipo de un Mini-Musculo Artificial Neumático en Condiciones Estáticas y Dinámicas”, con clave ITTOL-PTC-002, de la convocatoria “Apoyo a la incorporación de nuevos Profesores de Tiempo Completo. Convocatoria 2009”. De igual manera agradecemos el apoyo a la DEGEST por aprobar el proyecto “La Ingeniería de Sistemas como modelo integral para el desarrollo de aplicaciones adaptativas”, con clave 4389.11-P, que ha servido como base para seguir avanzando en investigaciones relacionadas a este proyecto.

8. REFERENCIAS

- [1] Robert Shannon; Johannes J. D. *Systems simulation: the art and science*, (IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Vol. 6(10), Inglaterra)pp. 723-724(1999).
- [2] Ian Sommerville, *Ingeniería del Software*, “Ingeniería de Requerimientos”, (Pearson, 7ª Ed., México), pags. 105-150 (2005).
- [3] Marilou Robotics Studio, anyKode, Francia2008-2010, www.anykode.com
- [4] Marcela V. Urdaniz, María A. Ortiz, et al., *Diseño y Simulación de una Órtesis Robótica para Rehabilitación de la Marcha*, (Universidad Nacional de Entre Ríos, Revista Iberoamérica de Ingeniería Mecánica, Argentina)(2007).
- [5] Roger S.Pressman, *Ingeniería del Software*, (Mc Graw Hill, 5ª Ed, México), pags. 23-27 ,(2005).
- [6] Anibal Ollero Baturone, *Robótica. Manipuladores y robots móviles*, (Marcombo, España), pags. 8-11, 28-36, 300, 370-375,(2007).
- [7] Dropbox, www.dropbox.com
- [8] Tortoise Hg, Mercurial, <http://tortoisehg.bitbucket.org>

AVANCES EN EL SISTEMA DE CONTROL PARA ORDENADOR BASADO EN EL DISEÑO UNIVERSAL PARA PERSONAS TETRAPLÉJICAS

M.C.I.E. Ing. Luis Humberto Sánchez Medel¹, M.A.T.I. Ing. Isaías Avendaño Cortés²,
Ing. Germán López Andrade³

^{1,2} Departamento de Ing. en Sistemas Computacionales y ³Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

1smedel@gmail.com, 2tecnoitsh@hotmail.com, 3loager@gmail.com

Resumen.- El diseño universal (DU) dicta que los diversos dispositivos empleados por el ser humano deben de adaptarse al mismo con el objetivo de que todos podamos hacer uso independientemente nuestras características físicas.

Un sector importante de la población hace uso de tecnologías dedicadas para desplazarse, comunicares, realizar tareas y trabajos rutinarios, dichas tecnologías son conocidas como huérfanas (TH).

El acercamiento de DU y TH brinda la posibilidad de generar nuevas interfaces inteligentes que permitan mejorar la interacción hombre-computadora para personas que han sufrido un accidente que merme sus capacidades motoras superiores e inferiores, el propósito de este artículo es mostrar los resultados del diseño e implementación de un sistema de interacción basado en reconocimiento de gestos faciales para el control del mouse y teclado de la computadora.

Abstract. - The universal design (UD) demands that the dispositives used by the human been must be adaptable with the objective that everyone could make use of it regardless the physical capabilities.

An important sector of the population makes use of these technologies to displace themselves, communicate, do chores and work; such technologies are known as Orphan (OT).

The approach of UD and OT brings the opportunity to develop new intelligent interfaces that allows to improve the human computer interaction to persons that have suffered an accident which stops their physical superior and inferior capabilities, the objective of this article is to show the results of the design of an interaction system based in facial gestures recognition to control the mouse and keyboard of a computer.

Palabras clave: Reconocimiento de gestos faciales, visión por computadora, inteligencia artificial.

1. INTRODUCCIÓN

La libertad de movimiento es un hecho para la mayoría de las personas desde el momento en que nacemos, sin embargo la pérdida del mismo por enfermedad o causas externas nos conduce a emplear diversas formas de tecnología asistencial (TA) [1].

La computadora es un dispositivo que permite la comunicación con otras personas y sirve interface con diversos dispositivos electrónicos, por lo que asegurando una buena interacción con la misma es posible automatizar muchos procesos; dichos argumentos sirven como inspiración para diseñar

un sistema que acerque el diseño universal a las tecnologías huérfanas reduciendo la brecha a una aplicación de software.

El incremento de recursos computacionales ha provisto los medios necesarios para una mejor interacción humano-computadora, como el control por voz y video. Dentro de los diferentes tipos de interacción, el reconocimiento de imágenes de seres humanos ocupa un lugar importante debido a que es utilizada para rastrear, identificar rostros, manos y diversas partes del cuerpo que aportan información al sistema de cómputo.

El presente artículo se dedica a mostrar los resultados del algoritmo propuesto para la detección de gestos faciales basado en imágenes diferenciales, operaciones morfológicas y localización de bordes en la imagen para agilizar el procesamiento de los datos.



Fig. 1. Resultado del proceso de detección de gestos faciales e interface implementada

2. ESTADO DEL ARTE

Las interfaces naturales de usuario (NUI) permiten una interacción con el ordenador de una forma más nativa a las características de comunicación del mismo, existen actualmente desarrollos relacionados con sistemas de visión por computadora en 2D [2] y 3D [3], reconocimiento por voz [4] y gestos [5].

Los sistemas de reconocimiento de gestos actuales tienden a reconocer el movimiento de todo el cuerpo, sin embargo para las personas que se hayan limitadas en sus miembros superiores o inferiores este tipo de interacción no es factible.

Una alternativa es el reconocimiento de gestos faciales empleando sensores electrónicos de presión, pero requiere de hardware adicional al de la PC. La propuesta de este artículo es la combinación de los métodos de reconocimiento por voz e imagen para la manipulación de elementos en la PC, centrándose primeramente en el reconocimiento de imágenes.

2. SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA

El sistema de visión por computadora propuesto emplea una webcam cuya ubicación se halla frente al usuario, por lo que la detección del gesto facial será aquella que esté más próxima al centro de la imagen. El primer paso es la adquisición de la imagen y preprocesar la imagen para corregir brillos, efectos sal y pimienta y otros efectos que puedan causar falsos positivos. Se obtiene una imagen RGB normalizada empleando la ecuación 1.

$$r = \frac{R}{R+G+B}, g = \frac{G}{R+G+B}, b = \frac{B}{R+G+B} \quad (1)$$

Se empleó también el plano HSV para el proceso de la imagen, debido a que eliminaba la mayoría de las condiciones de ruido por brillo de la imagen, las formulas son mostradas en las ecuaciones 2,3 y 4

$$h = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 * [(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b) * (g-b)]^{1/2}} \right\}, h \in [0, \pi] \text{ para } b \leq g \quad (2)$$

$$h = 2\pi - \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 * [(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b) * (g-b)]^{1/2}} \right\}, h \in [0, 2\pi] \text{ para } b > g \quad (3)$$

$$v = \max \quad (4)$$

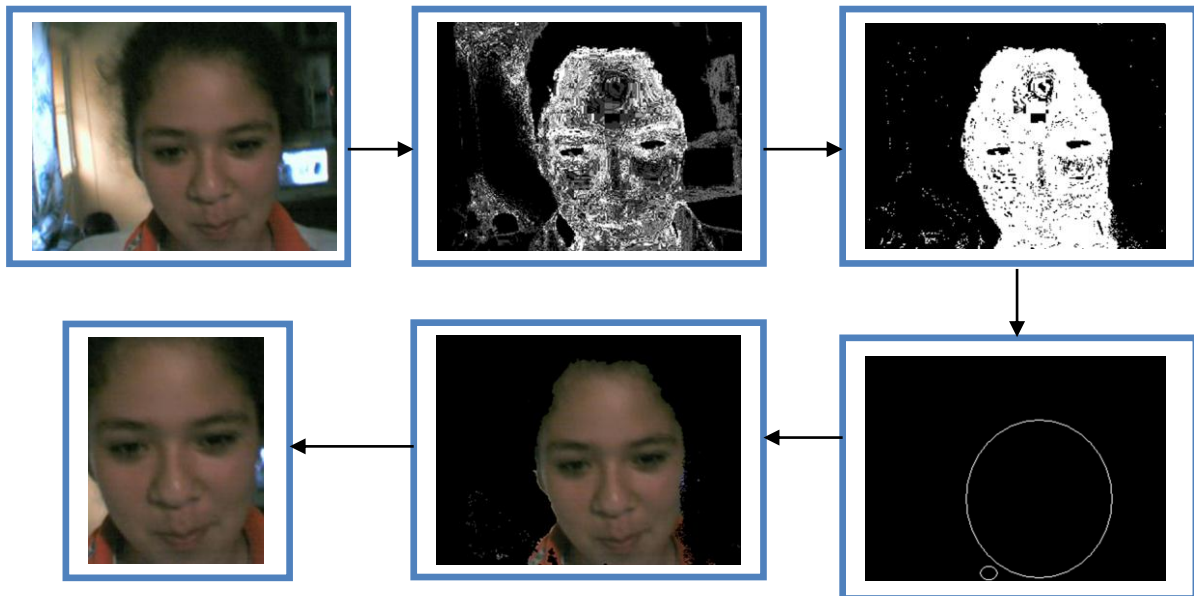
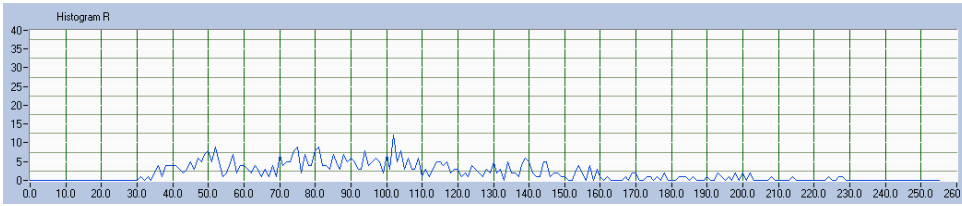
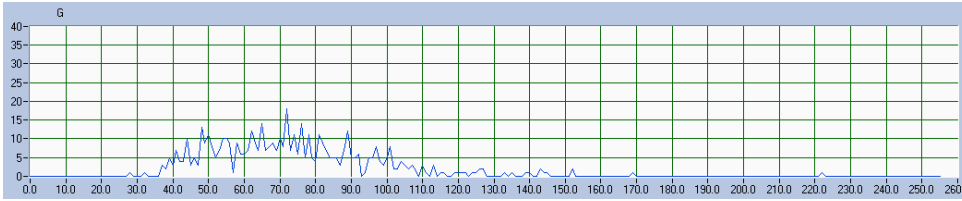


Fig. 2. Etapas del proceso de detección de gestos faciales

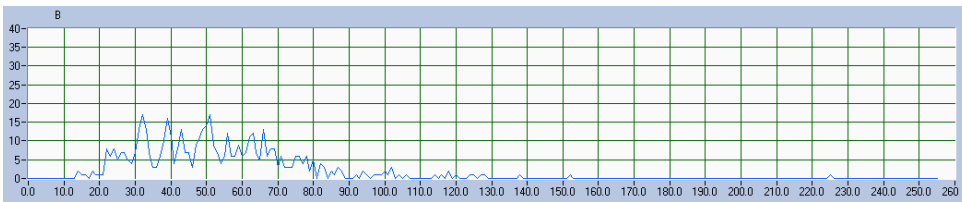
La detección y localización del rostro se determina mediante la detección de píxeles parecidos al color piel en diversos planos del color, para esto se realizó un estudio sobre la incidencia de colores piel en diversos planos de color. Los resultados de la incidencia del color se muestran en la Fig. 3 y 4.



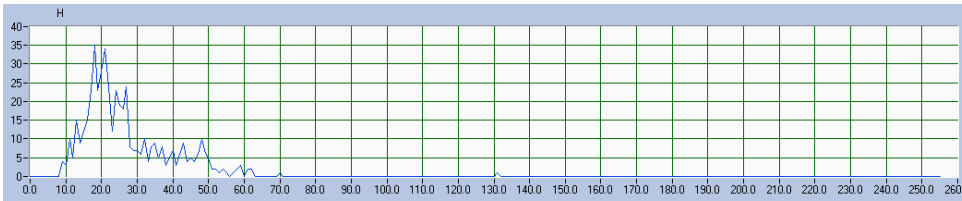
R



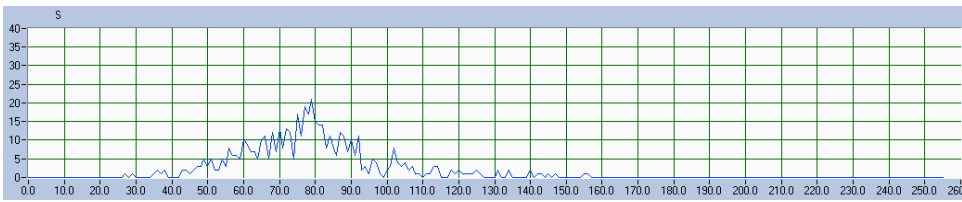
G



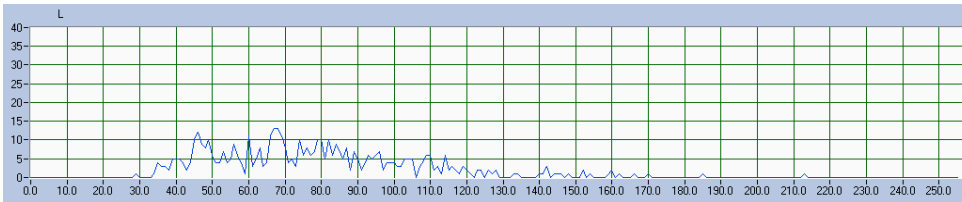
B



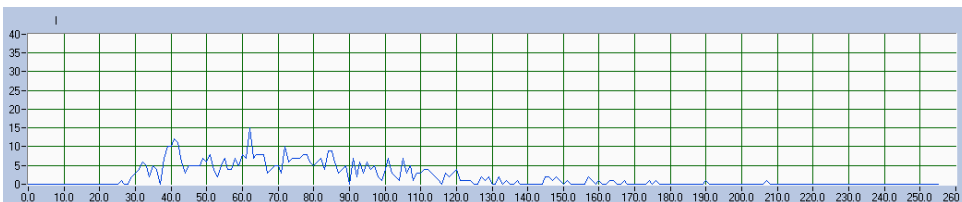
H



S



L



I

Fig. 3 Histogramas de los planos R, G, B, H, S, L e I de los valores seleccionados manualmente. El eje de las abscisas son el valor de los pixeles en cada plano, el eje de las ordenadas es la repetición sobre cada pixel

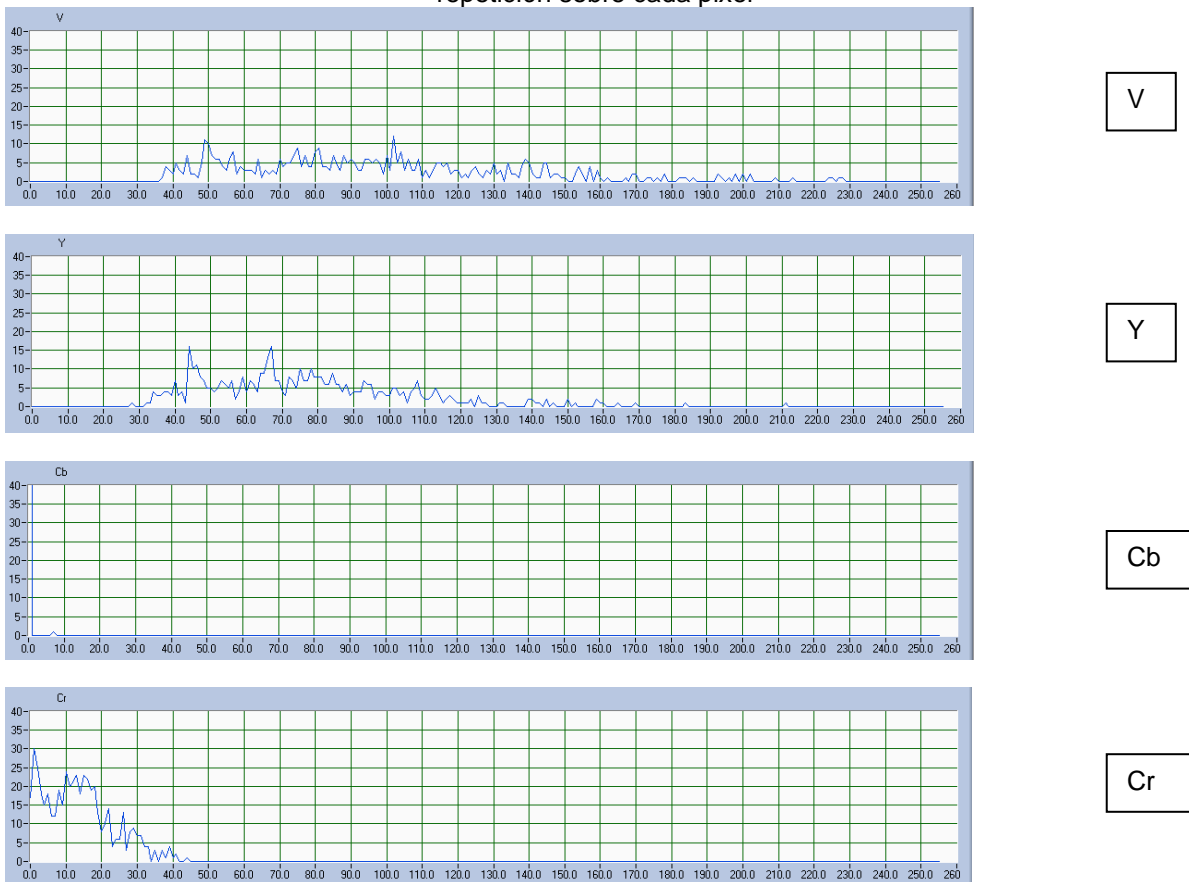


Fig. 4 Histogramas de los planos V, Y, Cb y Cr. Los valores seleccionados manualmente, el eje de las abscisas son el valor de los pixeles en cada plano, el eje de las ordenadas es la repetición sobre cada pixel

Una vez detectados los pixeles candidatos a piel, se les aplica una suma entre los diversos planos empleados, el resultado se muestra en la Fig. 2, mientras más clara sea la región de pixeles, es mayor la probabilidad que sean pixeles color piel. Debido a que el rostro humano parece un óvalo, se emplea el algoritmo de hough para detección de círculos, el resultado se muestra e la Fig.2. Se escoge el círculo más grande y este es el candidato a rostro para analizar mediante imagen diferencial los gestos.

Se emplea el plano V de HSV y se obtiene su imagen diferencia para procesar los bordes para reducir los falsos positivos [6] como indica la Eq.5.

$$Dif = \sum_{x=0}^{x=xf} \sum_{y=0}^{y=yf} |I(x, y) - I(x - 1, y)| + \sum_{y=0}^{y=yf} \sum_{x=0}^{x=xf} |I(x, y) - I(x, y - 1)| \quad (5)$$

Los gestos son determinados por la posición de las cejas, ojos y boca; la imagen diferencial permite detectar los bordes de la imagen y mediante filtros morfológicos es posible eliminar información innecesaria y centrar el análisis en los objetos de interés, como indica la Fig.3.

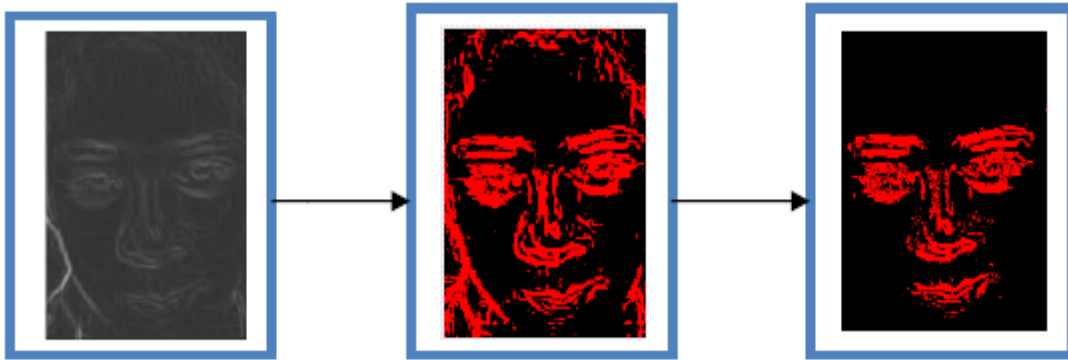


Fig. 5 Imagen diferencial generada por medio de la ecuación 1 y aplicación de filtros morfológicos.

Los filtros morfológicos empleados son: eliminación de partículas y eliminación de regiones que se hallen cerca de los bordes de la imagen, como muestra la Fig. 5. La remoción de partículas solitarias es un proceso realizado por la función de erosión [6].

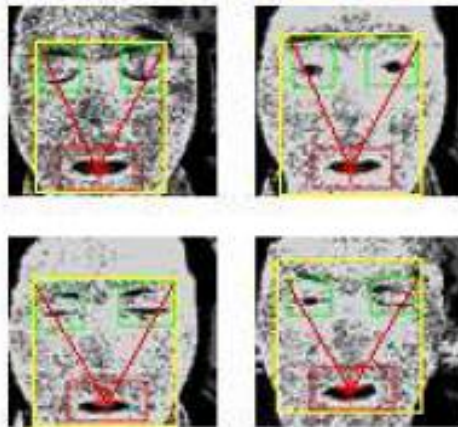


Fig. 6 Resultado parcial de la detección de gestos faciales

El proceso de detección de gestos faciales se realiza una vez detectado el rostro a procesar; mediante la ubicación de cuadros que miden la intensidad de los píxeles que contienen es posible ubicar la boca, los ojos y las cejas como lo muestra la Fig. 2. La distancia entre la boca y las cejas determina el gesto producido y la salida es el movimiento que deberá tener el cursor como indica la Fig. 6.

4. RESULTADOS

Los resultados se muestran en la Tabla I, donde el tiempo de procesamiento y respuesta lo hace a casi 30 cuadros por segundo en un equipo Intel i7 Q720, los ambientes en que se detectaron fueron de fondo complejo y con condiciones de luz blanca, debido a que el uso de las PC tiende a ser en este ambiente y otras condiciones de luz imposibilitan la visualización de información además de saturar el sensor.

Tabla I

TIPO DE FONDO	TP	FP	Frames per second (FPS)
Sólido	93%	7%	30
Complejo	82%	8%	28

Tabla I Resultados del proceso de detección de gestos faciales

REFERENCIAS

1. David Feil-Seifer, *Human Robot Interaction*, USC Center for Robotics and embedded systems, CRES-02-01, 2010
2. Ulrico Canzler, Karl-Friedrich Kraiss, "Person-Adaptive Facial Feature Analysis for an Advanced Wheelchair User-Interface", Conference on Mechatronics & Robotics 2004, Volume Part III, pp. 871-876, September 13-15, Aachen, Sascha Eysoldt Verlag.
3. Microsoft, Project NATAL, <http://www.xbox.com/en-US/live/projectnatal>
4. Pacnik, G., K. Benkic and B. Brecko, "Voice operated intelligent wheelchair — VOIC", Proc. of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, vol.3, pp.1221-1226, 2005.
5. P. Jia and H. Hu (2005), "Head Gesture Based Control of an Intelligent Wheelchair", p.1, The 11th Annual Conference of the Chinese Automation and Computing Society in the UK (CACSUK05), Sheffield, UK, 10 September 2005.
6. Stuart J. Russell, *Artificial Intelligence a modern approach*, (Edit. Pearson Hall, USA), 321, 2004.
7. Trahanias, P. E. and et al. 1997, *Navigational support for robotic wheelchair platforms: an approach that combines vision and range sensors*, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Albuquerque, NM, 1265-70.

SLAM-R: ALGORITMO PARA LA LOCALIZACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE OBSTÁCULOS

Rafael Lemus¹, Sergio Díaz¹, Diana Rodríguez¹, Citlalih Gutiérrez¹, Juan José Rivera¹,
Rafael Cruz¹, Jorge Fabián Escobar¹, René García², Yulia Ledeneva².

¹ Instituto Tecnológico de Toluca, Laboratorio de Posgrado en Electrónica.

² Unidad Académica Profesional Tianguistenco Incorporada a la UAEM.

ralego2005@gmail.com, sergio diazz@yahoo.fr

RESUMEN

El presente artículo detalla un algoritmo para la localización y mapeo simultáneos (SLAM) de un robot móvil, utilizando un telémetro láser y un identificador de radiofrecuencia (RFID) para el reconocimiento de objetos. La experimentación se realizó mediante el software de simulación Anykode Marilou [1], con el cual se construyó un robot móvil virtual con las características del Pioneer 3-AT [2] [3], con un telémetro láser Hokuyo URG-04X [4] y el lector RFID ID-12 de Innovations [5]. Aunado a lo anterior, se muestran las ventajas de integrar el RFID a los sistemas de navegación, con el objetivo de disminuir el error de la posición del robot durante el transcurso del tiempo y a su vez identificar lugares u objetos en entornos internos.

ABSTRACT

This article outlines an algorithm for simultaneous localization and mapping (SLAM) for a mobile robot using a laser range finder and a radio frequency identifier (RFID) for object recognition. The experiments we realized with the simulation software Anykode Marilou [1], by which we built a virtual mobile robot with the characteristics of Pioneer 3-AT [2] [3] with a laser rangefinder Hokuyo URG-04X [4] and RFID reader ID-12 of Innovations [5]. Added to this are shown the advantages of RFID integrating navigation systems with the aim of reducing the position error of the robot during the course of time and in turn identify places or objects in internal environments.

1. INTRODUCCIÓN

A principios del siglo XXI el avance tecnológico en la robótica, se centró en la fabricación de robots auxiliares en procesos industriales, a estos robots industriales se les conoce como manipuladores. Sin embargo, los robots manipuladores carecían de un factor importante (movilidad), que a través del tiempo fue indispensable para las tareas que se requerían. Es así como se introdujo una nueva clasificación de robots denominada Robots Móviles [6]. Los robots móviles son aquellos que tienen dispositivos mecánicos que permiten su desplazamiento en un entorno determinado, donde una de las principales áreas de interés para los investigadores es crear sistemas autónomos de navegación capaces de reproducir el comportamiento de navegación del ser humano [7].

En los últimos años ha crecido el interés por los robots móviles con capacidad de identificar su entorno (localización), y con capacidad de reaccionar respecto al mismo sin la necesidad de intervención humana. El proceso de localización puede ser dividido de forma general en seguimiento de la posición, Localización basada en mapas y SLAM (Simultaneous Localization And

Mapping) [8]. Cada uno de estos niveles constituye un amplio campo de investigación que se ha extendido en función a la manera como la comunidad científica ha enfocado el problema. Usualmente los robots diseñados para operar en entornos interiores cuentan con sensores, que les permiten determinar la posición inicial para que el robot pueda estimar su posición a través del tiempo. Sin embargo, la estimación del proceso de localización se ve afectado por errores y factores del entorno que producen que el error de la posición estimada y la posición real del robot crezca con el paso del tiempo [9].

2. METODOLOGÍA

Actualmente la formalización de los proyectos es una de las características principales para otorgar calidad a los sistemas desarrollados. Por esta razón, se ha estudiado la manera de otorgar esa formalidad al sistema que se presenta en este documento, siendo el primer paso el determinar una metodología de trabajo y analizar la planificación y análisis del proyecto.

En la actualidad los proyectos están siendo analizados y planificados de acuerdo a las metodologías propuestas por la ingeniería de software. Estas metodologías se aplican a proyectos de diversa índole con pequeños ajustes necesarios para el buen funcionamiento de la misma. Por esta razón, se han estudiado las diversas metodologías y se ha decidido trabajar con la metodología en espiral (dirigida por riesgos).

El modelo en espiral fue originalmente propuesto por Boehm en 1988 [10] [11], en el que se realizan ciclos de actividades a través de los cuales es posible la entrega de productos o prototipos del proyecto sin que éste haya finalizado, es decir, proporciona el material para el desarrollo rápido de versiones incrementales del proyecto, siendo ésta una de sus principales ventajas, ya que permite el cambio en las especificaciones de los requerimientos sin que esto afecte gravemente al proyecto en su totalidad. La diferencia entre el modelo en espiral y los otros modelos del proceso de software es la consideración explícita del riesgo en el modelo en espiral.

Los ciclos del modelo en espiral se muestran gráficamente en la figura 1. Cada uno de los ciclos se divide en cuatro fases [11]:

1. Definición de objetivos. Se identifican las metas y los riesgos del proyecto, y dependiendo de éstos se planean las estrategias a seguir.
2. Evaluación y Reducción de riesgos. Se analizan cada uno de los riesgos y se definen los pasos para eliminar esos riesgos identificados. Hay al menos seis tipos de riesgos que pueden aparecer en un proyecto:
 - a. Riesgos de Tecnología. Se derivan de las tecnologías de software o de hardware utilizadas en el sistemas que se está desarrollando.
 - b. Riesgos de Personal. Asociados a las personas que trabajan en el desarrollo del proyecto.
 - c. Riesgos Organizacionales. Sobre el entorno de desarrollo del sistema o proyecto.
 - d. Riesgos de Herramientas. Problemas con aquellas herramientas de software en que se apoya el sistema a desarrollar.
 - e. Riesgos de Requerimientos. Cambios en los requerimientos del cliente y su gestión.
 - f. Riesgos de Estimación. Todos los recursos necesarios para desarrollar el sistema.
3. Desarrollo y Validación. Se elige un modelo para el desarrollo del sistema.
4. Planificación. Se revisa el proyecto y se toma la decisión de seguir con la fase siguiente de la espiral y su planificación.

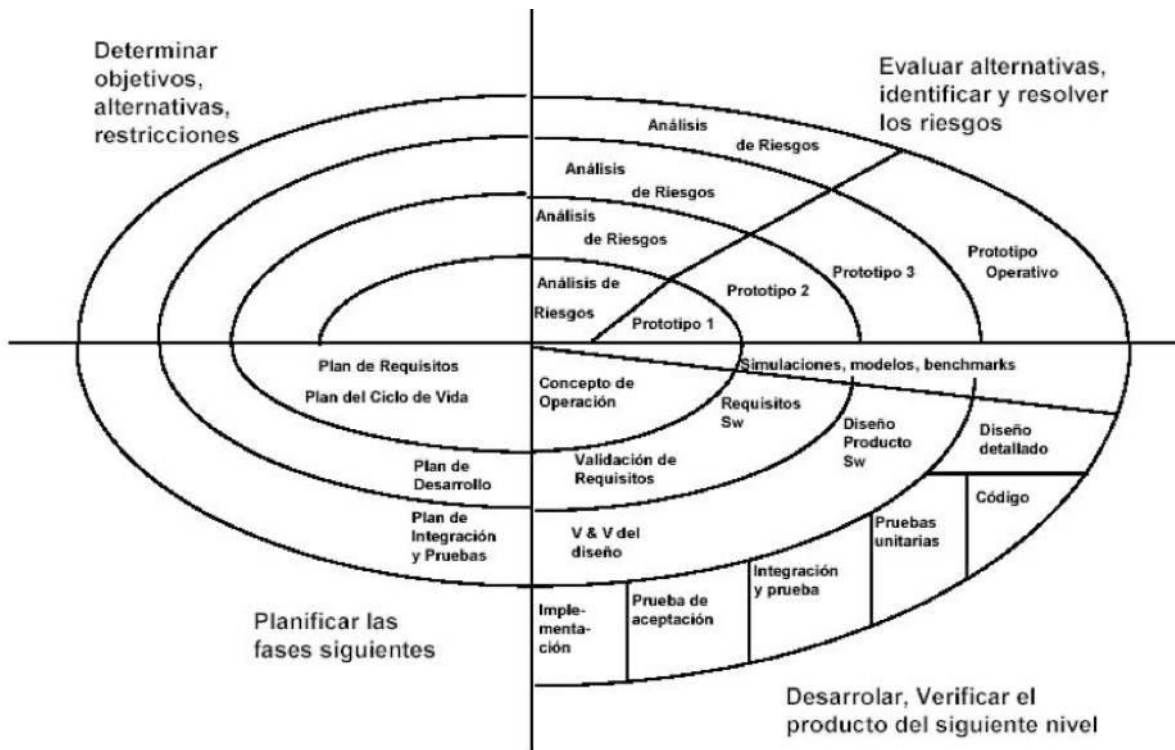


Figura 1. Modelo en espiral propuesto por Boehm [11]

La razón principal por la que se eligió la metodología en espiral para el desarrollo de este proyecto es por su capacidad para trabajar bajo determinados riesgos, siendo esta una de las principales características de un proyecto de investigación (el cambio de las especificaciones formales de los requerimientos y condiciones de trabajo), por lo que resulta ideal trabajar con un modelo que contemple estas consideraciones.

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La navegación del robot móvil emplea el algoritmo fastSLAM que trabaja mediante filtros de partículas, para la estimación en la que se utiliza un sistema híbrido donde únicamente se utiliza la posición anterior S_{t-1} y la actual S_t para determinar la posible posición del robot S_{t+1} almacenando el mapa durante todo el periodo de la exploración. Este modelo permite que el procesamiento de los datos sea mas rápido y se pueda generar un mapa en tiempo real (online), una de las modificaciones que se realizaron dentro del algoritmo fastSLAM es la inclusión de la variable R_t que aporta una nueva solución al problema de la asociación de datos mediante las etiquetas RFID usadas como referencias (Figura 2). La característica principal de los sistemas de navegación es la dependencia de los datos que los sensores obtienen. Por tanto, si los sensores emiten lecturas erróneas, la posición estimada tendrá un alto grado de error. Debido a este problema, se propuso incluir un dispositivo auxiliar (RFID) para aumentar la fiabilidad de los datos del entorno.

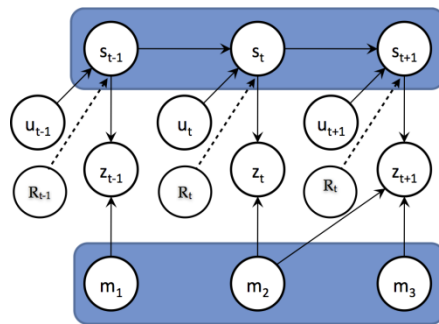


Figura 2. Modelo propuesto incluyendo etiquetas RFID como referencias (SLAM-R)

Además de emplear el uso del RFID para la mejora del algoritmo, también se utilizó para la identificación de los objetos del entorno mediante el ID que contienen cada una de las etiquetas, registrando cada una de ellas en una base de datos donde se registran las características físicas del objeto para posteriormente incluirlo de forma virtual dentro del mapa generado para una mejor representación gráfica del entorno real (Figura 3).

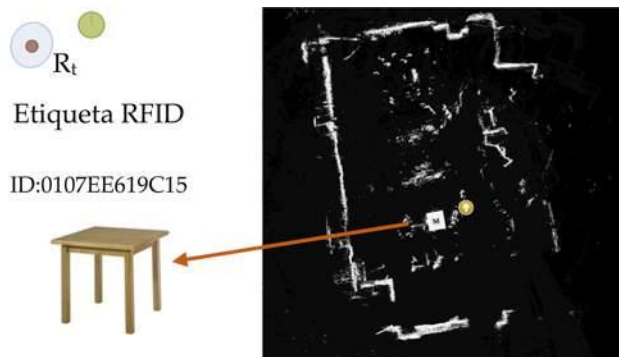


Figura 3. Reconocimiento de obstáculos mediante RFID

Para realizar las pruebas del funcionamiento del algoritmo propuesto, se programó en C++, por ser uno de los lenguajes que cuenta con soporte para implementar librerías SDL (Simple Directmedia Layer) que permiten la creación de gráficos en 2D para la generación del mapa. Para la simulación se utilizó el software Marilou creado por la empresa anycode que permite modelar el funcionamiento de robots, dispositivos electrónicos y entornos para crear un ambiente similar al real, en el cuál se diseñó el robot móvil basado en las características físicas del robot Pioneer 3AT y de los sensores que éste incluye adicionando el telemetro láser Hokuyo URG04LX. Por otro lado, también se modelaron diversos entornos estáticos con y sin objetos para analizar los posibles cambios en el sistema de navegación.

Para la conexión de ambos sistemas (Algoritmo + Simulador) fue necesario utilizar un conjunto de librerías MODA (Marilou Open Devices Access) suministradas por el software Marilou que sirven para utilizar métodos y tipos de datos que manipulan el funcionamiento de los dispositivos electrónicos simulados. Gracias a este conjunto de librerías, se logró la comunicación de ambos sistemas para transmitir la información del telemetro láser hacia el algoritmo de navegación. Uno de los problemas fue incluir el dispositivo RFID, debido a que el simulador Marilou no cuenta con dicho dispositivo, por tal motivo se optó, abrir un puerto virtual para conectar el dispositivo RFID físico mediante el puerto serial de la computadora (Figura 4).

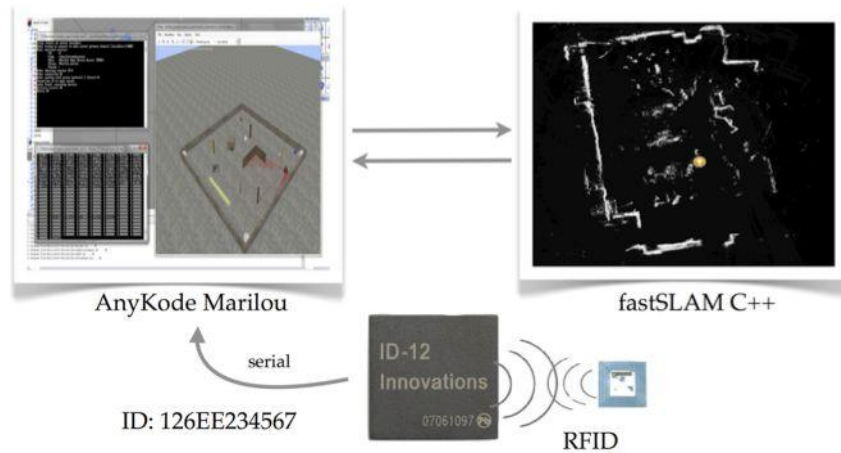
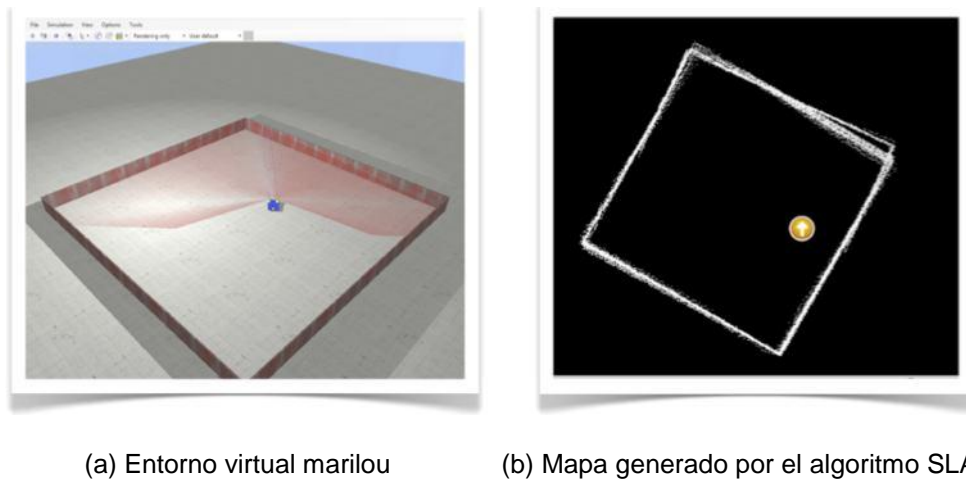


Figura 4. Sistema de interconexión entre el algoritmo de navegación y el simulador Marilou

4. RESULTADOS

La evaluación de los resultados obtenidos se hizo, mediante la generación de un mapa virtual con diversos objetos y se comparó el mapa generado por el algoritmo de navegación, con el mapa virtual creado previamente, determinando la similitud entre ambos. Se realizaron pruebas con 3 entornos diferentes dando como resultado una similitud de 95 % comparados con el mapa virtual, quedando únicamente incompletos los objetos que no están etiquetados mediante RFID.

Una de las limitaciones del algoritmo propuesto es la dependencia de las etiquetas RFID que son colocadas en el entorno para la identificación de objetos, sin embargo, esto no implica que el algoritmo no pueda continuar con la navegación ya que, en caso de que un objeto no se encuentre etiquetado, éste será representado como un obstáculo sin las características propias del mismo, que le indicará al robot que no puede desplazarse por dicho lugar. En la Figura 5 se muestra un entorno virtual sin objetos con la finalidad de comprobar la independencia del algoritmo SLAM con el sistema de RFID.

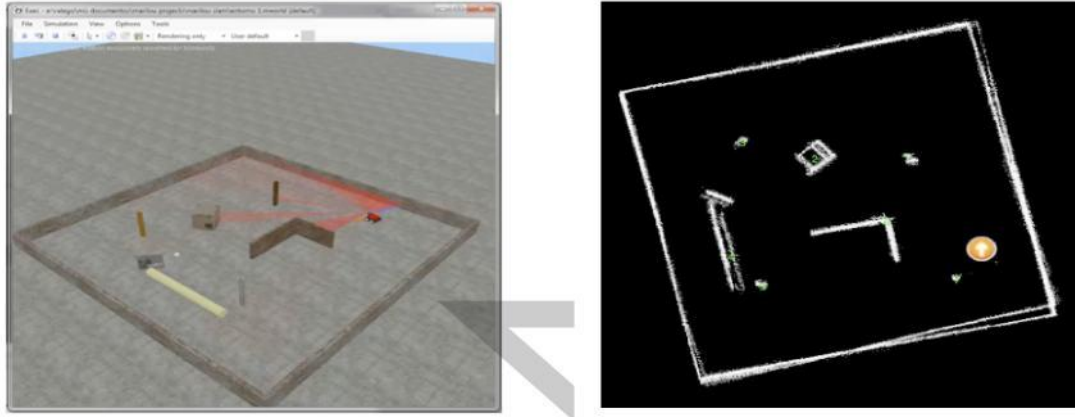


(a) Entorno virtual marilou

(b) Mapa generado por el algoritmo SLAM-R

Figura 5. Resultados del algoritmo propuesto SLAM-R sin objetos en el entorno.

Posteriormente se realizó un entorno con diversos obstáculos para verificar si el algoritmo era capaz de interpretar las etiquetas y reconocer dichos objetos durante la navegación. En la Figura 6 se muestran los resultados de la prueba.



(a) Entorno virtual marilou

(b) Mapa generado por el algoritmo SLAM-R

Figura 6. Resultados del algoritmo propuesto SLAM-R con objetos en el entorno y etiquetas RFID.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas simuladas, se concluyó que las etiquetas RFID en un entorno interior son de gran utilidad para la identificación de objetos y para disminuir el error en la estimación de la posición del robot dentro del mapa, sin embargo, se recomienda etiquetar únicamente los objetos de interés necesarios para realizar determinadas tareas (ubicación de objetos, transporte de materiales, reconocimiento de áreas, etc.), ya que etiquetar todos los objetos del entorno, puede convertirse en proceso complicado y tedioso.

Por otro lado, es importante mencionar que el trabajo realizado se probó únicamente en un modelo virtual (simulación), sin embargo, uno de los objetivos es comprobar que los resultados obtenidos corresponden al comportamiento de un modelo físico.

Un objetivo más de la investigación es considerar la navegación del robot tanto en entornos interiores como exteriores.

6. REFERENCIAS

- [1] AnyKode, "Marilou, simulate your robotics applications." <http://www.anykode.com/index.php>, 2012.
- [2] Adept, "Pioneer 3-at datasheet." <http://www.mobilerobots.com/Libraries/Downloads/Pioneer3AT-P3AT-RevA.sflb.ashx>, 2012 Febrero.
- [3] A. Segovia, "Mechanical analysis of a vertical scanning system for 3d images acquisition with microcontroller-based electronic design," *Wseas Transactions on Systems*, vol. 9, 2010.
- [4] Hokuyo, "Hokuyo urg-04lx datasheet." http://www.hokuyo-aut.jp/02sensor/07scanner/download/data/URG-04LX_spec.pdf, Febrero 2012.
- [5] Sparkfun, "Rfid innovations id-12 datasheet." <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ID-12-Datasheet.pdf>, Febrero 2012.
- [6] O. A. B., *Robótica, Manipulación y robots móviles*. Alfaomega and Marcombo, 2007.
- [7] E. H. R., *Sensors for Mobile Robots: Theory and Application*. A. K. Peters, Ltd., 1995.
- [8] D. H. and B. T., "Simultaneous localization and mapping: Part 1," *IEEE Robotics and Automation*, 2006.
- [9] B. J. and F. L., "Correction of systematic odometry errors in mobile robots," *IEEE/RSJ International Conference*, 1995.
- [10] Pressman R. "Ingeniería del Software. Un enfoque práctico". Editorial Mc. Graw Hill. 6ta. Edición. 2005.
- [11] Sommerville I. "Ingeniería del Software". Editorial Pearson. 7ª Edición. 2005.

“DESARROLLO Y CONTROL DE UN ROBOT HEXÁPODO”

M.C. Larissa Jeanette Peniche Ruiz, Br. Deyvid Victor Paredes Pisté, Br. José Alberto Lara Arana.

Instituto Tecnológico de Mérida

larissa.peniche@itmerida.mx, deyvid.pp@gmail.com, jala_131@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se describe el desarrollo de un robot hexápodo móvil controlado por computadora como proyecto de investigación. En este proyecto se emplea una estructura de policarbonato para el cuerpo y las 6 patas, las cuales cuentan con tres grados de libertad cada una y son manipuladas por un software de control a través de una interfaz hardware con base en una placa Arduino Mega ATmeg1280 con conexión USB.

En las pruebas se explora la flexibilidad y estabilidad del robot hexápodo en diferentes terrenos de difícil acceso, con diversos movimientos como caminar, girar y trotar, de las cuales se desprenden resultados satisfactorios.

Palabras clave: Robot Hexápodo, control de servomotores, Arduino, Robot explorador.

ABSTRACT

This paper describes the research project development of a computer controlled mobile hexapod robot. The frame is built using a polycarbonate structure with 6 individually articulated legs, each with three degrees of freedom. It is controlled through a hardware interface based on an Arduino Mega ATmeg1280 board with USB connection.

Tests explore the flexibility and stability of the hexapod robot in various grounds of difficult access, with movements such as walking, turning and jogging; satisfactory results were obtained.

Keywords: Hexapod Robot, servo control, Arduino, explorer Robot.

1. INTRODUCCIÓN

El término "Robótica" fue acuñado por Isaac Asimov para describir la tecnología de los robots. La robótica puede ser definida desde muchos puntos de vista, como lo definen Joseph L. Jones y Anita M. Flynn [1]: "La Robótica consiste en el diseño de sistemas, actuadores de locomoción, manipuladores, sistemas de control, sensores, fuentes de energía, software de calidad — todos estos subsistemas tienen que ser diseñados para trabajar conjuntamente en la consecución de la tarea del robot".

La palabra robot fue usada por primera vez en el año 1921, cuando el escritor checo Karel Capek (1890 - 1938) estrena en el teatro nacional de Praga su obra Rossum's Universal Robot (R.U.R.). Su origen es de la palabra eslava *robot*, que se refiere al trabajo realizado de manera forzada [2]. La mayoría de los expertos en Robótica afirmarían que es complicado dar una definición universalmente aceptada. Un robot es un Ingenio mecánico controlado electrónicamente, capaz de moverse y ejecutar de forma automática acciones diversas, siguiendo un programa establecido [2].

Los robots se clasifican de diferentes formas según el punto de vista, funcionalidad y arquitectura. Con base a su arquitectura [1][3], los robots se pueden dividir en:

Poli-articulados. Bajo este grupo están los robots de muy diversa forma y configuración; están estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas y con un número limitado de grados de libertad. En este grupo se encuentran los manipuladores y algunos robots industriales, y se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o reducir el espacio ocupado en la base

Móviles. Cuentan con gran capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores.

Androides. Éstos intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemático del ser humano. Actualmente los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica, destinados fundamentalmente al estudio y experimentación.

Zoomórficos. Los robots zoomórficos, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos. A pesar de la disparidad morfológica de sus posibles sistemas de locomoción es conveniente agrupar a los robots zoomórficos en dos categorías principales: caminadores y no caminadores. El grupo de los robots zoomórficos no caminadores está muy poco evolucionado. En cambio, los robots zoomórficos caminadores múltipedos son muy numerosos y están siendo experimentados en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos, pilotados o autónomos, capaces de moverse en superficies muy accidentadas. Las aplicaciones de estos robots serán interesantes en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes.

Híbridos. Estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición. De igual forma pueden considerarse híbridos algunos robots formados por la yuxtaposición de un cuerpo formado por un carro móvil y de un brazo semejante al de los robots industriales. En parecida situación se encuentran algunos robots antropomorfos y que no pueden clasificarse ni como móviles ni como androides, tal es el caso de los robots personales.

2. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un prototipo de robot hexápodo poli-articulado controlado por computadora capaz de mantener su estabilidad en diferentes terrenos.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los requerimientos para construir y controlar un robot hexápodo.
- Diseñar la estructura articulada de cada pata.
- Determinar los movimientos adecuados que permitan el correcto y armónico desplazamiento del robot.
- Diseñar secuencias de desplazamiento y movimientos individuales del robot hexápodo.
- Construir y probar el prototipo inicial de una pata.
- Desarrollar y probar el software de control para una pata.
- Desarrollar el software de control para las 6 patas
- Diseñar una interfaz gráfica intuitiva.
- Integrar el software con el robot hexápodo.

4. HIPÓTESIS

El Robot hexápodo es capaz de caminar, girar (en dos sentidos) y trotar de forma estable en diversas superficies.

5. ALCANCES.

La construcción física del robot hexápodo incluye:

- Diseño de la estructura
- Ensamble de servomotores y accesorios.
- Cableado con la placa Arduino.
- Integración de una batería recargable.

En el aspecto de software, el proyecto incluye:

Desarrollo de una aplicación específica (a la medida) para plataforma Windows.

Interactividad en el control desde la aplicación al robot.

Rutinas de control para las 6 patas articuladas armónicamente para diversos tipos de movimientos, a saber:

- Caminar
- Girar
- Trotar
- Levantarse y acostarse
- Movimientos individuales de cada pata y en dúo.
- Desplazamiento lateral.

6. LIMITACIONES

Entre las limitaciones del robot se encuentran que, en esta etapa, se encuentra físicamente conectado a una computadora.

No cuenta con sistemas de medición, ni sensores, por lo que no se aplican funciones de visión ni de seguimiento de trayectorias o evitación de obstáculos.

7. ARQUITECTURA DEL PROYECTO

La arquitectura del proyecto consta de las siguientes partes, el usuario es quien ejecuta la orden en la interfaz, este software traduce esta orden y la convierte en una instrucción que es interpretada por la plataforma de control, en este caso es el IDE de arduino Mega, el arduino mega traduce esta instrucción en pulsos eléctricos que son recibidos de la placa, estos son controlados y distribuidos a los servomotores que conforman el hexápodo, esta descripción se visualiza en la (Figura 1).

Partes individuales a considerar en la arquitectura del proyecto:

- Usuario
- Interfaz de Usuario
- Software de control
- Arduino Mega
- Hexápodo

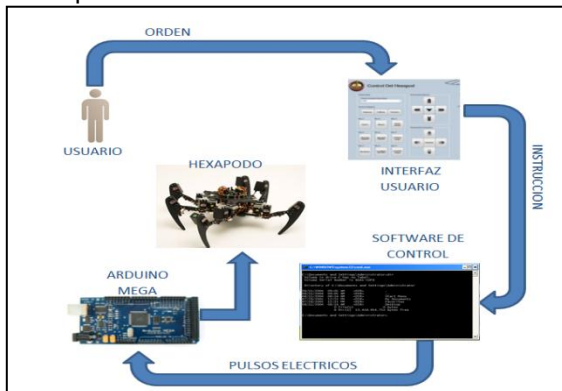


Figura 1.Arquitectura del proyecto

8. DESARROLLO

El proyecto se apega a la metodología de Desarrollo de Prototipos, la cual permite iteraciones para refinar los requerimientos hasta obtener un prototipo funcional satisfactorio. El prototipo lleva a la fecha dos iteraciones, que se describen a continuación.

Este proyecto en especial se centra en el objetivo de la realización de un hexápodo con estabilidad y flexibilidad que le permita ser manipulado y controlado con libertad por el usuario en diferentes tipos de superficie a través de un sistema de software de computadora hecho a la medida. Tomando en cuenta este objetivo se piensa que este proyecto debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Tener una interfaz intuitiva y de fácil manejo para usuarios
- Estructura del robot ligera y resistente.
- Diseño y construcción de un robot hexápodo poli-articulado con tres grados de libertad para cada una de las 6 patas.
- Contar con secuencias de desplazamiento para diferentes movimientos.
- Articulada por servomotores, tres por cada pata.
- Software capaz de controlar los movimientos de caminar, girar y trotar a través del puerto serial.
- El usuario podrá elegir el tipo de movimiento a través de la interfaz.

8.1 Primera Iteración

En la primera iteración se elaboraron el diseño mecánico y físico del hexápodo, para tres grados de libertad. Se decide que la estructura del robot sea construida con policarbonato que es un material ligero y resistente. Para la estructura que soporta al robot, se diseñan 4 piezas con CorelDraw x3, que son: la estructura central en forma rectangular con 6 salientes para las patas y una para asentar las baterías está formada por dos piezas la parte inferior y la parte exterior, la siguiente parte es la parte del codo que es la encargada del movimiento horizontal de la pierna en esta parte de adhiere dos servos, la parte 3 es la parte de la pata, esta es la que se mueve de forma vertical y se le adhiere un servo, la última parte se puede considerar como un extenso de la pata esta hecha para que tenga flexibilidad la pata tiene forma ligeramente curvada y terminada en punta. En la Figura 2 se muestra el diseño en CorelDraw de la parte del cuerpo y la parte del extenso de la pata.

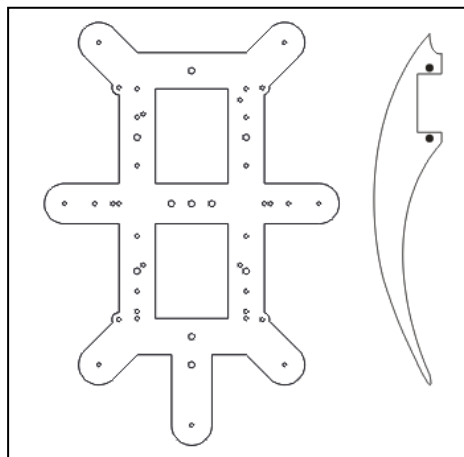


Figura 2. Diseño de CorelDraw del cuerpo y la Pata.

Se usó una placa de microcontrolador Arduino Mega basada en ATmeg1280 (Figura 3) programada con propio el lenguaje Arduino. La placa contiene el microcontrolador ATMEGA328, gracias al cual se puede realizar una conexión mediante COM virtual y comunicar la computadora con la interfaz Arduino a través del puerto USB. Arduino cuenta con su propio IDE llamado también Arduino IDE [4].

Los servomotores usados en el robot hexápodo para lograr el movimiento son de 3KG de torque VS-3A marca VIGOR (Figura 4).

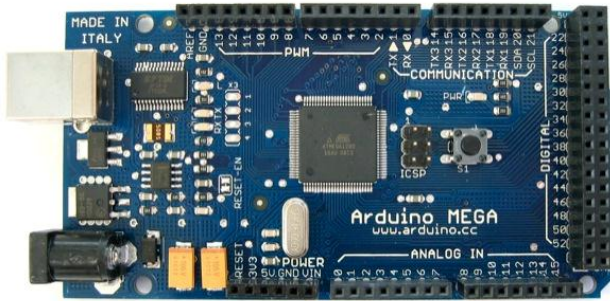


Figura 3.Arduino Mega



Figura 4. Servomotor VS-3 VIGOR

Se usaron un total de 18 servomotores, que funcionan con un voltaje de hasta 6v. Éstos son controlados por medio de una serie de pulsos que son enviados en un tiempo establecido; según el tipo de señal que sea enviada indica el ángulo en el que el servomotor se posicionará. La velocidad del servomotor es controlada por la frecuencia de pulsos eléctricos enviados al servo.

A continuación se detalla el algoritmo general aplicado para programar una pata del hexápodo poli-articulado.

- Se declaran las variables para cada servo de una pata.
- A través de los pulsos enviados, se posicionan los servos adoptando un ángulo inicial.
- Se lee la señal del puerto serie, para interpretar las instrucciones.
- Se escoge la instrucción a ejecutar con la estructura de control switch – case, en este caso se escoge “caminar”.
- Se mueve el servomotor del eje Y hacia arriba, mientras el servomotor del eje X se desplaza hacia adelante en una posición positiva.
- Los servos se posicionan al ángulo inicial.
- Se repiten los pasos anteriores para caminar.

En la Figura 5 se muestra el ensamble del hexápodo, cuando se tienen dos patas montadas a la estructura y se está ejecutando el algoritmo antes descrito.

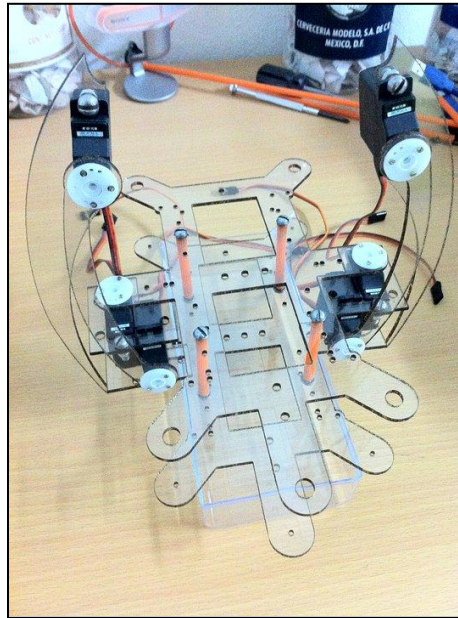


Figura 5. Ensamble del Hexápodo con dos patas

En esta primera iteración del prototipo se alimentó a la placa Arduino Mega con una pila de 9v, mientras que para los servomotores se usó una pila de 6v con 7 A de corriente, para alimentar a los 18 servos.

El desarrollo del software de control de los servos se realizó por medio del lenguaje Arduino; éste maneja principalmente la estructura de control *switch – case*, que resulta útil y favorece la legibilidad y rapidez en el desarrollo.

El programa interpreta el valor de la variable almacenándolo en una zona de memoria temporal (oculta), después lo compara con el valor seguido de cada *switch – case*, y si coincide, realiza el flujo de acciones correspondientes, hasta encontrar un *break*, con el que finalizará la ejecución.

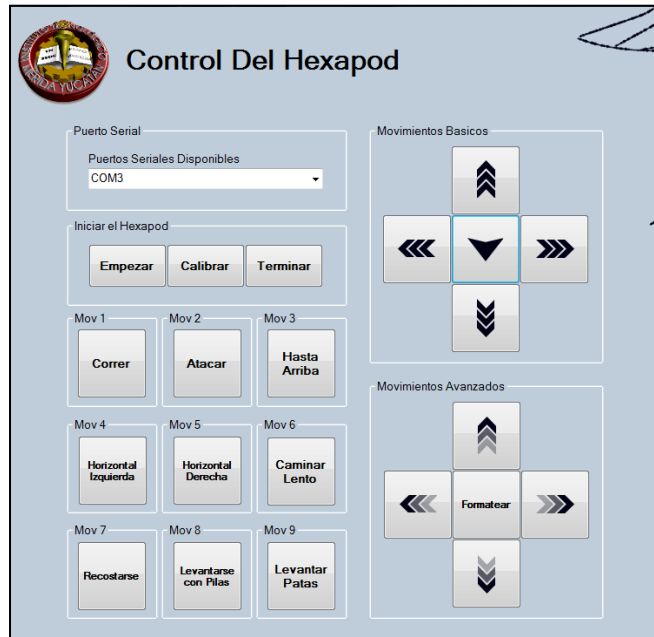
8.2 Segunda Iteración

En la segunda iteración se realizaron cambios significativos en el prototipo ya que se decidió rediseñar la estructura del robot hexápodo para mejorar la estabilidad en la estructura principal. Además, se desarrolla la interfaz software de control del hexápodo para facilitar su manejo por parte de los usuarios.

En el diseño del hexápodo se reestructuró una parte de la pata ya que la anterior no proporcionaba mucha estabilidad, entonces se creó una extremidad más corta, reduciendo la altura del prototipo, pero con esto adquirió más fuerza y estabilidad. En esta segunda iteración se reacomodó la placa obteniendo mayor estabilidad.

La interfaz que se creó en esta iteración se hizo con el lenguaje de programación Visual Basic 2008, con el uso del puerto serie (COM X). Al abrir el puerto se manda la señal por este medio y se

ejecuta posteriormente en la placa para las posibles instrucciones. Esta interfaz se creó para que cualquier usuario, aunque no tenga conocimientos en computación, pueda controlar el hexápodo (Figura 6),



9. RESULTADOS

Al término del ensamblado de todas las partes del robot hexápodo se hicieron pruebas en la estabilidad de la estructura, con el desarrollo de algunos movimientos clave. Los movimientos que se programaron para las pruebas iniciales fueron los de adelante, atrás, girar derecha y girar izquierda.

Mientras que en las pruebas para comprobar la hipótesis se hicieron en varias superficies entre las que estaban, rocoso, lisa, tierra, con baches, resbalosa. En todas las superficies se comprobó que el hexápodo se puede mover, algunas superficies con poca flexibilidad, otras con mayor fluidez, pero todas con estabilidad. En la Figura 7 se muestra el robot hexápodo poli-articulado ensamblado y funcionando al 100%.

Un detalle a considerar es que la interfaz software ayuda al control, sencillamente porque lo hace más fácil para el usuario, ya que se sustituye la forma típica de mandar la señal por la terminal.

No se logró independizar al hexápodo de la pila por falta de recursos, se empleó una pila de 6v con 7 amperes de corriente, este ayuda a tener el dispositivo en uso por aproximadamente 5 horas.



11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusiones se tiene que los hexápodos, por su articulación, son especialmente controlables y que la sincronización de sus servomotores hace a estos tipos de robots más dinámicos que los robots comunes con ruedas.

La interfaz de computación permite un manejo aceptable del prototipo hasta cierta libertad de control.

Recomendaciones, se puede decir que el uso de servomotores es lo más adecuado por su fuerza de torque y precisión. Se recomienda el uso de una pila tipo lipo para mantener ligereza en el prototipo.

Se debe tener mayor atención al diseño en la parte mecánica para evitar problemas posteriores y gastos innecesarios en el diseño.

12. TRABAJO A FUTURO

Se planea que el prototipo tenga al menos dos iteraciones más para dotar al robot de autonomía completa (inalámbrico). Además se desarrollará el software de control multiplataforma y, en la última iteración, se desarrollarán interfaces para diversos dispositivos, como Smartphone, tablets y/o celulares.

REFERENCIAS

[1] Joseph L. Jones and Anita M. Flynn. *Mobile robots: Inspirations to implementation*. A K Peters Ltd, (1993).

[2] Robótica. Universidad de Guadalajara. México. Recuperado el 20 enero del 2012. proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/

[3] *Introduction to Robotics. Mechanics & Control*, J. Craig, Addison-Wesley 2da edition, 1989

[4] placa controladora Arduino. arduino.cc/es/, *Microcontroladores ATMEGA328*. Recuperado el 20 enero 2012 <http://arduino.cc/es/Main/ArduinoBoardMega>

CONTROL DE UN BRAZO ROBOT A TRAVÉS DE SEÑALES ELECTROMIOGRAFÍAS

Ing. Daniel Roberto Chacón Matú, Dr. Humberto Salgado Burgos, Dr. Francisco José Heredia López

Facultad de Matemáticas y Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi de la Universidad Autónoma de Yucatán
Av. Itzaes #490 x 59 Centro

nefashu4@hotmail.com, hlopez@uady.mx, humberto.salgado@uady.mx

Resumen

En la actualidad las prótesis de miembro superior siguen siendo del tipo mecánico. Esta es la razón por la cual se investiga el desarrollo de prótesis automáticas e inteligentes para que los pacientes no tengan que aprender a usarlas, si no que ellas se adecúen a cada paciente.

1. Introducción

En el cuerpo humano se generan diferentes señales bioeléctricas debido al funcionamiento de órganos tales como: el cerebro, el corazón, los ojos y los músculos. Estas señales reciben nombres característicos dependiendo del órgano en el que se originan. Para los órganos mencionados: electroencefalográficas, electrocardiográficas, electrooculográficas y electromiográficas, respectivamente. Las señales bioeléctricas son utilizadas principalmente en diagnóstico médico para detectar patologías en los órganos que las producen. Particularmente aquellas que son generadas de manera voluntaria resultan útiles para controlar interfaces hombre – máquina. Las señales electromiográficas (EMG) o también conocidas como mioeléctricas son señales eléctricas que se producen en los músculos cuando estos se contraen o relajan.

Estas señales, a pesar de presentar niveles de voltaje en el orden de los microvolts, pueden medirse con un equipo adecuado (electromiógrafo) y esta información ser empleada para diagnosticar patologías del sistema muscular. Otra aplicación que se le ha dado a estas señales está en el control de interfaces hombre – máquina, donde las señales EMG medidas en músculos activados voluntariamente por un usuario, se procesan y se utilizan como comandos para controlar dispositivos electromecánicos o interfaces de tipo software. Este campo en el que se conjugan la electrónica y los sistemas biológicos tiene muchas áreas de aplicación en: la industria, la medicina, el hogar y recientemente el entretenimiento.

El control de interfaces hombre – máquina tales como: dispositivos de entrada y salida en una computadora, dispositivos como prótesis mioeléctricas, robots móviles, brazos robóticos o de brazos simulados mediante software, son algunas de las aplicaciones en las que tiene cabida el control utilizando señales mioeléctricas.

Algunos trabajos previos que se han publicado sobre el control de sistemas mecánicos con señales electromiográficas son los siguientes:

En [3] se controla un brazo robot industrial Bosh SR-800 utilizando un juego de electrodos en el bíceps y tríceps donde se obtienen las señales con un circuito analógico básico para electromiografía y el procesado de la señal es hecho por una PC y el control por medio de DSP.

En [12]; desarrolló un sistema de control mioeléctrico para una prótesis virtual utilizando una red neuronal, la adquisición de la señales mioeléctricas se realiza usando electrónica analógica tradicional y las señales amplificadas son digitalizadas por medio de una placa de adquisición de datos de 12 bits de resolución comercial.

En [5] desarrollaron un sistema que a partir de señales electromiográficas y encefalográficas utilizando electrónica analógica y una tarjeta de adquisición de datos y una PC, controla varios sistemas mecánicos.

2. Metodología

El sistema que se está implementando permitirá realizar la adquisición y el procesamiento de señales EMG para el control de un brazo robot. El diagrama del sistema se muestra en Figura 1.

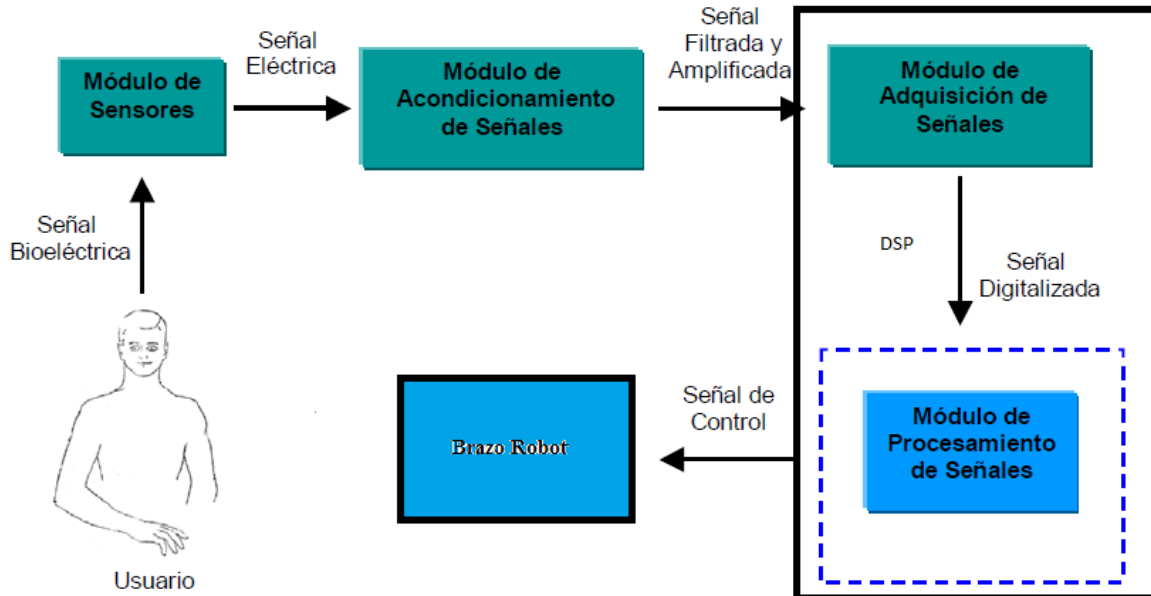


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema

En forma general, el módulo de sensores se encargará de detectar las señales EMG generadas a partir de las contracciones musculares del brazo de un usuario y convertirlas en señales eléctricas, las cuales pasan al módulo de acondicionamiento de señales donde son amplificadas ya que presentan niveles de voltaje muy pequeños y filtradas para eliminar componentes de ruido que las distorsionen; en el módulo de adquisición de señales se realizará un proceso de digitalización por medio de los convertidores Analógicos-Digitales del Digital SignalProcessing(DSP) y finalmente en el módulo de procesamiento de señales se realiza el tratamiento de la señal digital mediante algoritmos computacionales dentro del DSP.

El módulo de procesamiento de señales incluirá dos fases: extracción de características, para conocer aspectos representativos de las señales EMG y clasificación a partir de las características extraídas, con el fin de categorizarlas dentro de una de las posibles clases que hayan sido definidas, esto último con la finalidad de emplearlas como ordenes de control.

2.1 Módulos de sensores

En los módulos de sensores o electrodos existen dos tipos que pueden emplearse: Inserción (Invasivos): por lo general son agujas muy finas que registran la actividad muscular de forma extracelular de pequeños grupos celulares.

Superficiales (No invasivos): Recogen la actividad eléctrica de varios grupos celulares. Con estos electrodos se puede obtener una idea de la electrogénesis global de musculo, pero no detectan potenciales de baja amplitud o de elevada frecuencia.

Existen una gran variedad de electrodos y características de ambas clases. En este trabajo se utilizarán electrodos superficiales RedDot de cloruro de plata que son para monitoreo de electrocardiografía que la empresa **3M** ofrece. Estos electrodos son de bajo costo, y resultan adecuados para electromiografía como lo reporta [4], que presenta en sus resultados registros de buena calidad utilizando estos electrodos.

2.2 Modulo de acondicionamiento de señales

Este modulo estará compuesto por dos integrados ADS1298 de la empresa Texas Instruments que es un chip diseñado para adquisición de señales biológicas que cumple las normas internacionales propuestas por la Internacional Society of ElectrophysiologicalKinesiology que son:

- *Impedancia de entrada:*
> $10^{10}\Omega$ en DC y > 10^8 a 100Hz.
- *Ganancia de amplificación:*
200 - 100.000 $\pm 10\%$ en incrementos discretos
- *No linealidad en la ganancia:*
 $\leq \pm 2.5\%$
- *Estabilidad en la ganancia:*
Las variaciones deben ser de 5%/año.
- *CMRR:*
>90dB A 60Hz.
- *Respuesta en Frecuencia:*
1-3000Hz medido a -3dB.
- *Corriente de bias de entrada:*
< 50nA
- *Aislamiento:*
 $20 \leq \mu A$ de corriente de *leakage* medida entre el paciente y tierra.
- *Ruido:*
< 5 μV RMS medido con una resistencia de alimentación de 100k Ω

Este chip se encarga de adquirir las señales de hasta 8 electrodos simultáneamente y digitalizar dichas señales. Esta información será recogida por un DSP el cual se comunica por medio de un protocolo estándar al ADS1298 llamado Serial Peripheral Interface (SPI).

El Modulo de acondicionamiento de señales utilizará también circuitos de protección al paciente y al mismo equipo, esto utilizando las normativas del manual de seguridad eléctrica para equipos médicos de Webster. Esta protección contará desde la aislación de tierras en el circuito, utilización de opto acopladores para aislar el ADS1298 del DSP, etc.

2.3 Modulo de Adquisición y procesamiento de señales

Este módulo estará compuesto solamente por un DSP que por medio del protocolo de comunicación SPI adquirirá la información de los 8 electrodos que puede manejar cada ADS1298.

Las señales se procesarán utilizando dos técnicas para la discriminación y filtrado que son: VarianceWeightedAverage(VWA) y DecentralizedKalmanFilter (DKF). Estos dos algoritmos han demostrado ser muy adecuados para filtrar señales electrofisiológicas[3].

Para el control se utilizará un PD(Proporcional Derivativo) para el movimiento del brazo robot que se utilizará en este proyecto.

3. Discusión

El presente trabajo espera obtener el control de un brazo-robot del tipo antropomórfico utilizando las señales electromiográficas en tiempo real. El brazo-robot tiene cuatro grados de libertad que serán controlados utilizando 16 canales, para la obtención de las señales con sus respectivas referencias, estos canales estarán distribuidos de la siguiente manera: dos en el bíceps, dos en el tríceps, cuatro en la escapula y los últimos ocho en el grupo muscular del antebrazo.

El sistema será capaz de adaptarse al usuario, por medio de los algoritmos VarianceWeightedAverage(VWA) y DecentralizedKalmanFilter (DKF).

El sistema constará de dos ADS1298 por la cantidad de canales. Para el procesamiento y control se utilizará el dsPIC30F1010 de la empresa Microchip inc. Contará con sistema de protección eléctrica para el usuario. Se empleará un brazo-robot previamente desarrollado(Chacón,2011).

En la actualidad, los trabajos realizados han sido controlados por medio de una PC; con este sistema propuesto no habrá comunicación hacia a la PC. Esta innovación traerá facilidad de manejo, accesible para el público en general, un buen control del brazo-robot y un gran inicio para una prótesis médica.

Bibliografía

- [1] John G Webster *Medical Instrumentation application and design, Cuarta edición, John Wiley & Sons Inc.*, (2010)
- [2] Vander ,Sherman Luciano, *Human Physiology the mechanism of body funtion*, octavaedicion, McGraw Hill, 2010.
- [3] Natalia M López, Fernando di Sciascio, Carlos M Soria and Max E Valentinuzzi, *Robust EMG sensing system based on data fusion for myoelectric control of a robotic arm*, BioMed Central, (2009)
- [4] Irving Aaron Cifuentes González, *Diseño y construcción de un sistema para la detección de señales electromiográficas*, UADY, (2010).
- [5] Andre Ferreira, Wanderley C Celeste, Fernando A Cheein, Teodiano F Bastos-Filho, Mario Sarcinelli-Filho and Ricardo Carelli, *Human-machine interfaces based on EMG and EEG applied to robotic systems*, BioMed Central, (2008).
- [6] De Luca, C.J., "The use of surface electromyography in biomechanics", *Journal of Applied Biomechanics*, 13(2), pp. 135-163, (1997).
- [7] Kleissen, R.F.M., Buurke, J.H., Harlaar, J., Zilvold, G. "Electromyography in the Biomechanical analysis of human movement and its clinical application". *Gait and Posture*, 8(2), pp. 143-158, (1998).
- [8] Winter, D.A. "Biomechanics and Motor Control of Human Movements", Editorial University of Waterloo Press, Canada, 2nd, (1992).
- [9] Mayer S., Geddes L. A., Bourland J.D., Ogborn L.,. Faradic resistance of the electrode/electrolyte interface, *Med. & Biol. Eng. & Comput.*, 30, 538-542, (1992).
- [10] Jonsson B., Riechmann S., Reproducibility in Kinesiologic EMG-investigations with intramuscular Electrodes, *Acta Morphologica Neerlandica Scandinavica*, 7, 73-90, (1968).
- [11] Basmajian J. V. and De Luca C. J. . *Muscles Alive. Their functions revealed by Electromyography* (Fifth edition), Williams and Wilkins, Baltimore, (1985).
- [12] Alcimar Soares, Adriano Andrade, Edgard Lamounier, Renato Carrijo, *The Development of a Virtual Myoelectric Prosthesis Controlled by an EMG Pattern Recognition System Based on Neural Networks*, *Journal of Intelligent Information Systems*, 21:2, 127-141, (2003).
- [13] Daniel Chacon, *Control de un sistema multiarticulado compuesto por servomotores a través de una interfaz USB dentro de un ambiente virtual en LabVIEW*, UADY, (2011).

EL ROBOT DELTA, UNA PLATAFORMA HÁPTICA ROBUSTA. ANÁLISIS CINEMÁTICO.

David Morales Aldana, Carlos Brito Loeza, Arturo Espinosa Romero.
Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas.
dafe.morales@gmail.com, cblnetidg@gmail.com, arturoemx@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo, se realiza el estudio cinemático del robot Delta. El análisis cinemático llevado a cabo proporciona información de posición y velocidad del robot en el espacio articulación y en el espacio Cartesiano. Las ecuaciones cinemáticas se obtienen mediante métodos geométricos y planteando restricciones al mecanismo; también se obtiene la matriz jacobiana a partir de las ecuaciones de restricción. En el trabajo se plantea una trayectoria deseada la cual sea entrada para un algoritmo de control.

ABSTRACT

In this paper, we make a kinematic study for a Delta robot. The kinematic analysis carried out provides position and velocity of the robot in joint space and Cartesian space. The kinematic equations are obtained by geometric methods, posing restrictions on the mechanism, but also the Jacobian matrix is obtained from constraint equations. This paper presents a desired trajectory which is input to a control algorithm.

1 INTRODUCCIÓN.

En la actualidad aplicaciones computacionales como interfaces gráficas que interactúan con seres humanos y que solo proveen información visual, pueden ser enriquecidas agregando información de tipo sensorial como el del sentido táctil que es un tipo de información háptica.

La háptica [1] describe la manera de sentir, así como capacidades motrices dentro de la piel, articulaciones, músculos y tendones.

Un sistema háptico (Figura 1) está formado por un dispositivo háptico, sistema que genera una salida la cual es percibida por los sentidos, el usuario que es un receptor de información háptica y un controlador háptico el cual procesa flujos de información háptica e implementa su transmisión. Los dispositivos hápticos se comportan como pequeños robots que intercambian

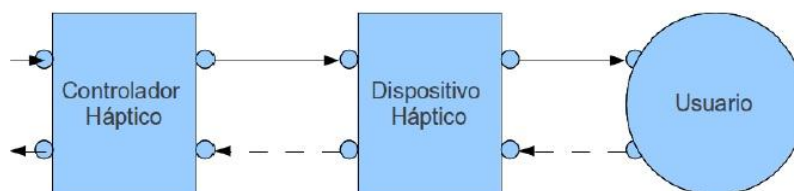


Figura 55. Sistema Háptico.

energía mecánica con un usuario [2]. Una manera de clasificar a los dispositivos hápticos es por sus grados de libertad (DOF, por sus siglas en inglés) ya sea de movimiento o fuerza. Cada grado de libertad puede ser pasivo o actuado, medido o no. Como ejemplos de dispositivos hápticos tenemos los dispositivos de 1 DOF tales como el háptico knob [3], una tijera háptica [4] y una pinza controlada por fuerza [5]; dispositivos de 2 DOF como el pantógrafo [6] o el ratón de Wingman retroalimentado por fuerza de Logitech; los dispositivos de 3 DOF como los dispositivos hápticos Omega [7], Phantom 2 DOF [8] y el controlador de videojuegos Falcon de Novint. Existen

dispositivos con un mayor número de grados de libertad como el Phantom 6 DOF [9], el Delta de 6 grados de libertad y el Freedom 4 [10] los cuales tienen 6 DOF.

Algunas características [1] que son comúnmente consideradas como deseables para un dispositivo háptico son: baja inercia y fricción, mínimas restricciones de movimientos impuestas por la cinemática del dispositivo para obtener libertad de movimiento, isotropía de uso que significa tener propiedades de inercia, fricción, rigidez y frecuencia de resonancia balanceadas en todas las direcciones, de esta forma los usuarios no tendrán que compensar (inconscientemente) fuerzas parasitas, finalmente la ergonomía apropiada que permite al operador humano concentrarse en sus sentidos cuando está usando o manipulando una interfaz háptica, evitando dolor e incomodidad que pueden reducir el rendimiento en general, debido a los cambios de atención.

Los sistemas utilizados como dispositivos hápticos comúnmente son sistemas mecánicos conocidos como robots y se busca que tengan determinadas características de tal manera que la selección de un robot impacte fuertemente en el desempeño del dispositivo háptico. Esto por lo tanto debe ser hecho con mucho cuidado. En este caso, los robots tipo Delta [11], de arquitectura paralela, parecen ser los más indicados para la construcción de este tipo de dispositivos puesto que este robot se ha probado como una plataforma excelente para operaciones "pick and place" de alta velocidad debido a la baja inercia del mecanismo, alta potencia con relación al peso, alta rigidez y alta capacidad de carga útil en comparación con robots seriales homólogos como se menciona en [11]. En un robot, el movimiento resultante de la estructura se obtiene por la composición de los movimientos elementales de cada eslabón con respecto al anterior. Por lo tanto, para manipular un objeto en el espacio, es necesario describir la posición y orientación del efector final. Parte de este documento está dedicado a la formulación de las ecuaciones de cinemática directa e inversa de un robot Delta; la cinemática directa permitirá conocer la posición y orientación del efector final expresado como una función de las variables de las juntas de la estructura mecánica con respecto a un marco de referencia base. La solución de la cinemática inversa consiste en conocer los valores de las variables de las juntas correspondientes a la posición de una postura dada del efector final. La derivación de estas ecuaciones se hará siguiendo muy de cerca el trabajo de R. Clavel [13].

2 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS.

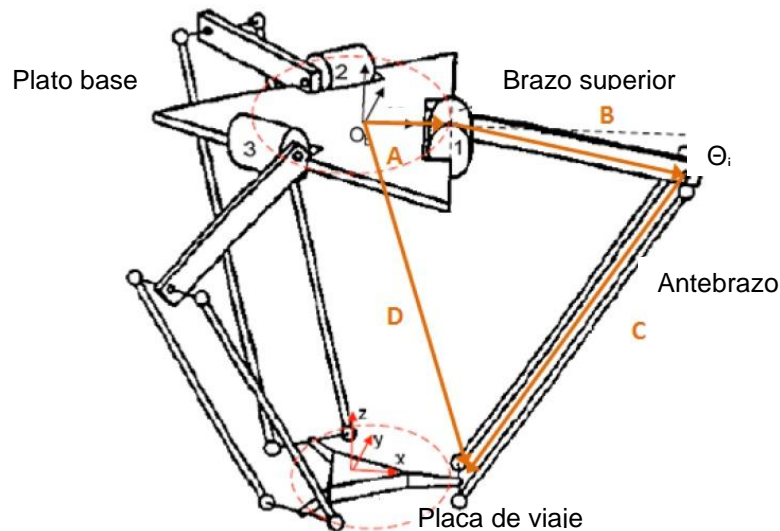


Figura 56. Robot Delta.

El robot Delta [12] es un manipulador de cadena cerrada como el de la figura 2, por lo cual los tres actuadores de este mecanismo trabajan en conjunto para producir tres grados de libertad Cartesianos. En un robot de arquitectura paralela es más difícil calcular las ecuaciones cinemáticas

en comparación con un robot serial. Para simplificar el modelo y reducir el número de parámetros, se realizan las siguientes restricciones del modelo.

- La placa de viaje, siempre se mantiene paralela al plato base y su orientación con respecto del eje perpendicular al plato base es constante. Así las juntas de tipo paralelogramo (antebrazo) pueden ser remplazadas por simples varillas sin alterar el comportamiento cinemático del Robot.
- Las juntas de revolución (entre el plato base y la parte superior del brazo y entre el antebrazo y el plato viajero) son puestas idénticamente en un círculo inscrito en el plato base, así, el plato viajero puede ser reemplazado por un punto P, el cual conecta a los tres antebrazos.

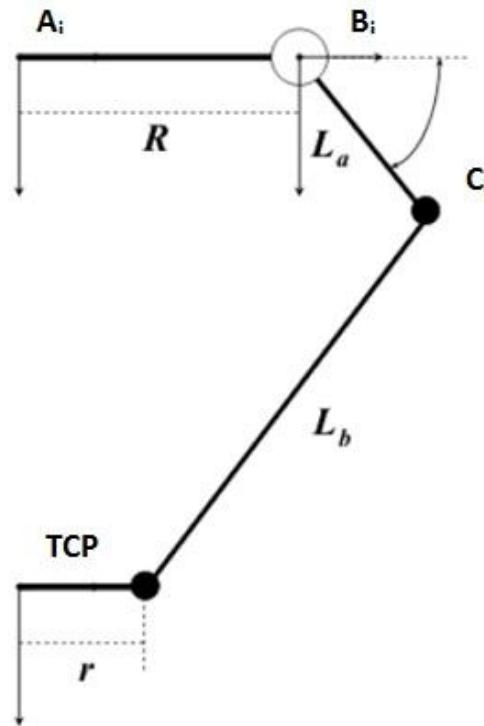


Figura 57. Robot Delta y los parámetros y marcos de referencia.

El marco base es elegido en el centro del círculo, inscrito en el plato base, con el eje z apuntando hacia arriba y el eje x perpendicular al eje del motor 1. Debido a la simetría del robot Delta, cada brazo puede ser modelado por separado. El nuevo modelo para uno de los brazos se muestra en la figura 3. El índice i es utilizado para identificar cada uno de los 3 brazos; cada brazo está separado por un ángulo de 120° . Para cada brazo se elige un marco de referencia diferente, localizado en el mismo lugar del marco base pero rotado $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 120^\circ$ y $\theta_3 = 240^\circ$ para cada uno de los brazos respectivamente. Los diferentes marcos de referencia están descritos por la matriz de rotación alrededor del eje z del marco de referencia. La matriz de rotación está dada por:

$${}_{0}^{A_i} R = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Las suposiciones anteriores acerca de que los tres antebrazos están en un punto, nos permite considerar la distancia del marco de referencia base a uno de los motores como $\Delta R = R - r$. Así los antebrazos están conectados en un punto P. Cada ángulo de cada brazo superior tiene un valor inicial de 0, paralelo al eje x del marco de referencia base. El valor del ángulo θ_i se incrementa cuando el brazo superior se mueve hacia abajo y disminuye cuando el brazo superior se mueve hacia arriba. El parámetro l_A representa la longitud del brazo superior y el parámetro l_B representa la longitud del antebrazo. Con la información anterior, se establecen dos modelos geométricos conocidos como cinemática directa y cinemática inversa.

3 CINEMÁTICA DIRECTA.

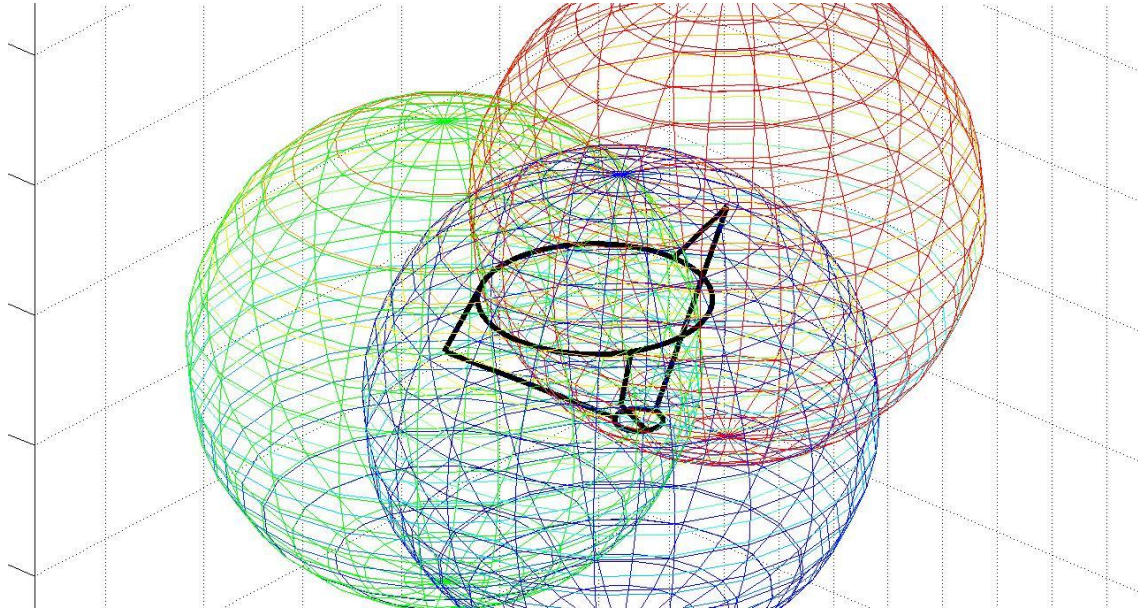


Figura 58. Robot Delta visualizado con las esferas.

La cinemática directa determina la posición (x,y,z) del plato viajero con respecto del marco base, dadas las configuraciones de cada ángulo "i" de las juntas de revolución actuadas. Considere 3 esferas con centro en el codo (P_{Ci}) de cada cadena del brazo del robot, con las longitudes de los antebrazos l_B como radios. El modelo de cinemática directa para un robot Delta se calcula con la ayuda de la intersección de estas tres esferas (figura 4). Cuando visualizamos las esferas, estas se intersecan en 2 lugares. Un punto de intersección donde z es positiva y otro donde z es negativa. Basado en el marco base, donde el eje z es positivo hacia arriba, el punto central de la herramienta (TCP, por sus siglas en inglés) está en el punto donde se intersecan las 3 esferas, cuando z es negativa. Para conocer las configuraciones de las articulaciones del robot Delta, se definen cuatro marcos de referencia, como se muestra en la figura 3, una matriz homogénea [2], consta de una matriz de rotación y la traslación entre los dos marcos de referencia. Las matrices homogéneas definidas para el robot Delta son:

$$H_0^{A_i} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 & 0 \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$H_{A_i}^{B_i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta R \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$H_{B_i}^{C_i} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & 0 & \sin \theta_i & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta_i & 0 & \cos \theta_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$H_{C_i}^{C_i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_A \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Tomando en cuenta el modelo geométrico, podemos tomar la ventaja de $\Delta R = R - r$, entonces el vector ${}^0p_{C_i}$ que describe las coordenadas del codo para cada uno de los tres brazos está dado por el origen, O_{C_i} , del marco de referencia $H_{C_i}^0$ en donde:

$$\begin{aligned} H_0^{C_i} &= H_0^{A_i} H_{A_i}^{B_i} H_{B_i}^{C_i} H_{C_i}^{C_i} \\ &= \begin{bmatrix} \cos \alpha_i \cos \theta_i & -\sin \alpha_i & \cos \alpha_i \sin \theta_i & \cos \alpha_i (\Delta R + l_A \cos \theta_i) \\ \sin \alpha_i \cos \theta_i & \cos \alpha_i & \sin \alpha_i \sin \theta_i & \sin \alpha_i (\Delta R + l_A \cos \theta_i) \\ -\sin \theta_i & 0 & \cos \theta_i & -l_A \sin \theta_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (6)$$

El punto ${}^0p_{C_i}$ está dado por:

$${}^0p_{C_i} = H_0^{C_i} O_{C_i} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i (\Delta R + l_A \cos \theta_i) \\ \sin \alpha_i (\Delta R + l_A \cos \theta_i) \\ -l_A \sin \theta_i \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Con la ecuación (7) obtenemos las coordenadas del codo de cada una de las articulaciones. A partir de los codos, creamos tres esferas con centro en ${}^0p_{C_i}$ respectivamente y radio l_B (figura 4). La ecuación de una esfera con centro en el punto p_0 esta dada por la ecuación (8)

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 = b^2, \quad (8)$$

donde b es el radio de la esfera y el centro p_0 está dado por el vector $[x_0 \ y_0 \ z_0]^T$. Sustituyendo el valor del centro de la esfera por ${}^0p_{C_i}$ en la ecuación (8):

$$(x - \cos \alpha_i (\Delta R + l_A \cos \theta_i))^2 + (y - \sin \alpha_i (\Delta R + l_A \cos \theta_i))^2 + (z + l_A \sin \theta_i)^2 = l_l^2 \quad (9)$$

La ecuación (9) es la que describe una esfera con centro en ${}^0p_{C1}$ y radio l_B . Si sustituimos esta ecuación con los valores de cada articulación obtenemos un sistema de ecuaciones de segundo grado con tres incógnitas. Al resolver el sistema de ecuaciones se obtiene el valor de x , y y z correspondientes a la configuración del robot Delta dada por los ángulos θ_1 , θ_2 y θ_3 . Los valores de x , y y z corresponden a las coordenadas del punto P que representa el plato viajero con lo cual se conoce la posición del efector final como función de las variables de las juntas actuadas, que en el caso del robot Delta son de revolución. El sistema se resuelve mediante el método numérico de Newton-Raphson con un valor inicial z negativo.

4 CINEMÁTICA INVERSA.

La cinemática inversa de un robot paralelo determina el ángulo θ_i de cada junta actuada dada la posición del punto P que representa el plato viajero (x,y,z) respecto al marco base. La cinemática inversa da múltiples soluciones para el vector con los tres ángulos de revolución que satisfacen la posición específica del plato viajero. Esto puede ocasionar problemas porque el sistema tiene que ser capaz de escoger una de estas. El criterio en el que se basa esta decisión varía, pero una elección razonable es la solución más cercana, la cual es la solución en la cual el manipulador mueve sus eslabones lo menos posible.

Para un manipulador paralelo de 3 grados de libertad con una estructura como en la figura 2, cada brazo puede satisfacer el mismo TCP con diferentes aproximaciones las cuales se llaman codo arriba y codo abajo para los manipuladores seriales [12]. Juntos los tres brazos del robot resultan en 8 diferentes combinaciones del vector para una sola solución.

El modelo de cinemática inversa se obtiene al utilizar las 3 ecuaciones de cierre, restricciones, de las cadenas cinemáticas. Para hacer el cálculo de la cinemática inversa visualizaremos los vectores \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} , \vec{D} y \vec{E} como se muestra en la figura 2, donde se plantea la ecuación vectorial:

$$\vec{D} - \vec{A} - \vec{B} - \vec{C} = 0, \quad (10)$$

que puede ser vista como

$$\|\vec{D} - (\vec{A} + \vec{B})\|^2 = \|\vec{C}\|^2 \quad (11)$$

que lleva a

$$\vec{D} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix},$$

$$\vec{A} + \vec{B} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} \Delta R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_A \cos \theta_i \\ 0 \\ l_A \sin \theta_i \end{bmatrix} \right),$$

$$\|\vec{C}\|^2 = l_B^2.$$

Expandiendo la ecuación (11), se tiene que resolver

$$[x - \cos \alpha_i (\Delta R + l_A \cos \theta_i)]^2 + [y - \sin \alpha_i (\Delta R + l_A \cos \theta_i)]^2 + [z - l_A \sin \theta_i]^2 = l_B^2. \quad (12)$$

Esta ecuación puede ser vista como

$$A \sin \theta_i + B \cos \theta_i + C = 0, \quad (13)$$

donde

$$A = -2l_A z,$$

$$B = -2l_A (x \cos \alpha_i + y \sin \alpha_i - \Delta R),$$

$$C = x^2 + y^2 + z^2 + \Delta R^2 + l_A^2 + l_B^2 - 2\Delta R y \sin \alpha_i - 2\Delta R x \cos \alpha_i.$$

La solución a la ecuación (13) es

$$\theta_i = \sin^{-1} \left(-\frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B}{A} \right). \quad (14)$$

5 ANÁLISIS DE VELOCIDAD.

La matriz Jacobiana especifica un mapeo de velocidades del espacio articular a velocidades en el espacio Cartesiano. El Jacobiano determina una matriz de derivadas de primer orden. Para calcular la Matriz Jacobiana de un robot Delta se utiliza un conjunto de ecuaciones de restricción juntando las variables del espacio Cartesiano a variables del espacio articular. Las ecuaciones de restricción del robot Delta están dadas por la ecuación (11).

Si se nombra el vector s_i como el vector $D \cdot (\vec{A} + \vec{B})$ entonces la norma Euclidiana puede ser escrita como $s_i s_i^T$. El vector s_i puede ser escrito de la siguiente manera:

$$s_i = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} \Delta R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_A \cos \theta_i \\ 0 \\ l_A \sin \theta_i \end{bmatrix} \right). \quad (15)$$

De tal manera la ecuación (11) puede ser vista como

$$s_i^T s_i - l_B^2 = 0. \quad (16)$$

Si esta ecuación se deriva con respecto al tiempo

$$s_i^T \dot{s}_i + \dot{s}_i^T s_i = 0, \quad (17)$$

y con ayuda de la propiedad conmutativa del producto de matrices antisimétricas [10], es posible reescribir como

$$s_i^T \dot{s}_i = 0. \quad (18)$$

En la cual

$$\dot{s}_i = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -l_A \sin \theta_i \\ 0 \\ l_A \cos \theta_i \end{bmatrix} \dot{\theta}_i = \dot{X} - b_i \dot{\theta}_i, \quad (19)$$

donde

$$b_i = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -l_A \sin \theta_i \\ 0 \\ l_A \cos \theta_i \end{bmatrix}.$$

Para un brazo del robot Delta, la ecuación (18) se escribe:

$$s_i^T \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} - s_i^T b_i \dot{\theta}_i = \vec{0}, \quad (20)$$

que puede ser expresado en forma matricial para todos los brazos del robot como:

$$\begin{bmatrix} s_1^T \\ s_2^T \\ s_3^T \end{bmatrix} \dot{X} - \begin{bmatrix} s_1^T b_1 & 0 & 0 \\ 0 & s_2^T b_2 & 0 \\ 0 & 0 & s_3^T b_3 \end{bmatrix} \dot{\Theta} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (21)$$

A partir de esta ecuación, y considerando la relación $\dot{X} = J\dot{\Theta}$, se deduce la matriz Jacobiana

$$J = \begin{bmatrix} s_1^T \\ s_2^T \\ s_3^T \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} s_1^T b_1 & 0 & 0 \\ 0 & s_2^T b_2 & 0 \\ 0 & 0 & s_3^T b_3 \end{bmatrix}. \quad (22)$$

Esta matriz no solo es dependiente de θ , como es usualmente el caso de los robots seriales, sino también es una función de la posición TCP que puede ser calculada con el modelo de la cinemática directa del robot Delta.

6 RESULTADOS.

Como plataforma de pruebas, se ha construido un prototipo de robot Delta basado en la tecnología de bajo costo LEGO mindstorm. El prototipo tiene los siguientes parámetros:

Tabla I

Parámetro	Dimensión
l_A	5.73 cm.
l_B	17.64 cm.
R	7.982 cm.
R	1.645 cm.

Tabla I. Parámetros del robot Delta Mindstorm.

Para obtener simulaciones que permitan verificar los resultados teóricos obtenidos y obtener un diseño óptimo del prototipo a construir se implementaron los algoritmos de los modelos geométricos de ambas cinemáticas en la plataforma de desarrollo Matlab utilizando los parámetros del prototipo dados en la Tabla I.

El primer paso fue utilizar la cinemática directa para construir el espacio de trabajo del robot Delta, esto es los puntos alcanzables por el robot en el espacio Cartesiano [16]. Los resultados de estas simulaciones se presentan en la figura 5. Esto también permite hacer un análisis cinemático con el objetivo garantizar que la trayectoria deseada sea realizable por el prototipo del robot. Esta trayectoria servirá como entrada a un algoritmo de control. Las funciones de la tabla II corresponden a la tarea específica de describir un segmento de línea (figura 5), en un tiempo de 2 segundos.

En la figura 6 se observa que el robot efectivamente realiza la trayectoria que le fue asignada de una forma natural y sin sobresaltos. Esto se confirma con los valores de las variables articulares como se muestra en la figura 7.

Un aspecto importante a considerar es que el robot no atraviese o pase cerca de alguna configuración singular, esto es, configuraciones del robot donde la matriz Jacobiana queda mal condicionada lo cual implica que al invertirla para obtener las velocidades Cartesianas a partir de las velocidades articulares, estas no sean confiables o físicamente realizables por el robot, es decir pueden tomar valores muy grandes. Esto lo ejemplificamos en la figura 8 donde se muestra una simulación que presenta velocidades de θ que tienen cambios abruptos en una sección de la trayectoria.

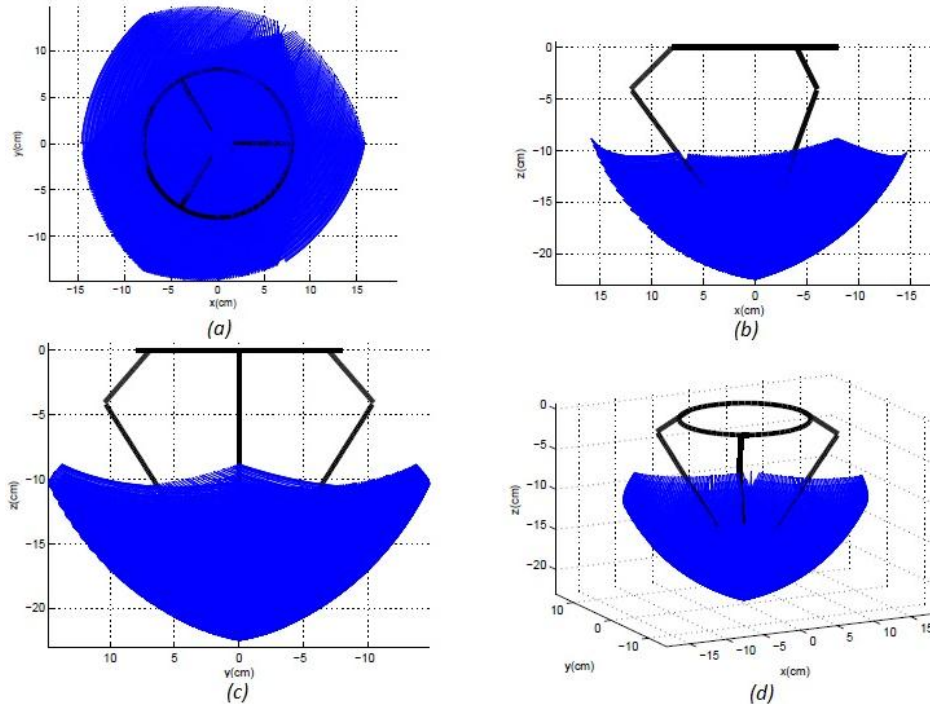


Figura 59 Espacio de trabajo del robot delta en (a) plano xy, (b) plano xz (c) plano yz y (d) en xyz.

Tabla II

Parámetro	Función definida	Velocidad
Posición x	$x = \frac{20}{3}t - 10$	$\dot{x} = \frac{20}{3}$
Posición y	$y = \frac{10}{3}t - 5$	$\dot{y} = \frac{10}{3}$
Posición z	$z = -15$	$\dot{z} = 0$

Tabla II. Parámetros de la simulación 1.

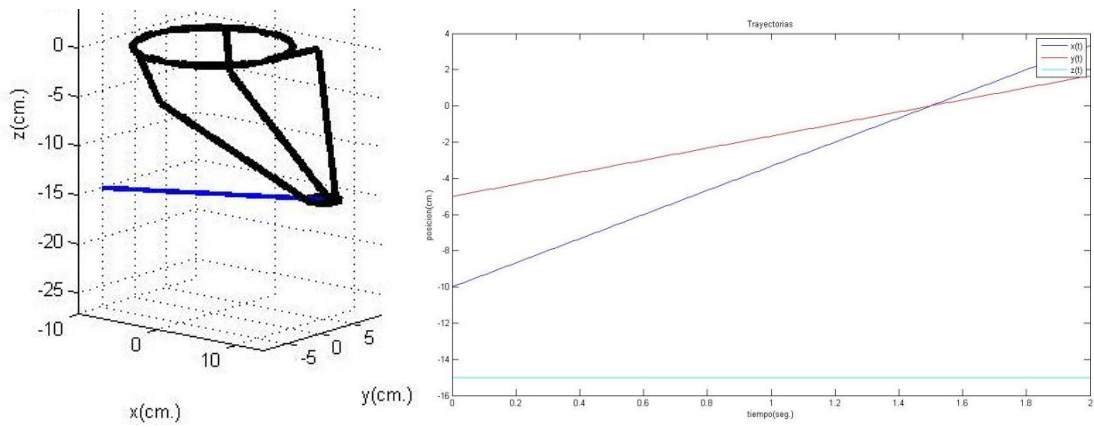


Figura 60. Robot Delta, trayectorias generadas para la simulación 1.

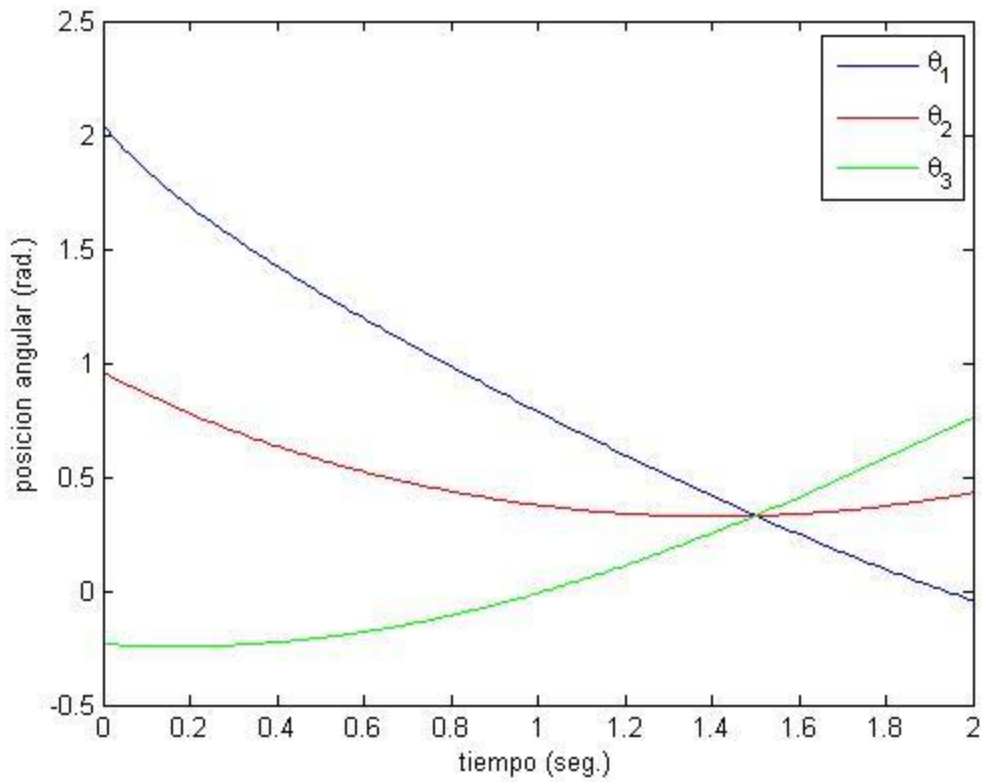


Figura 61. Posición angular obtenida a partir de la trayectoria generada en el espacio cartesiano.

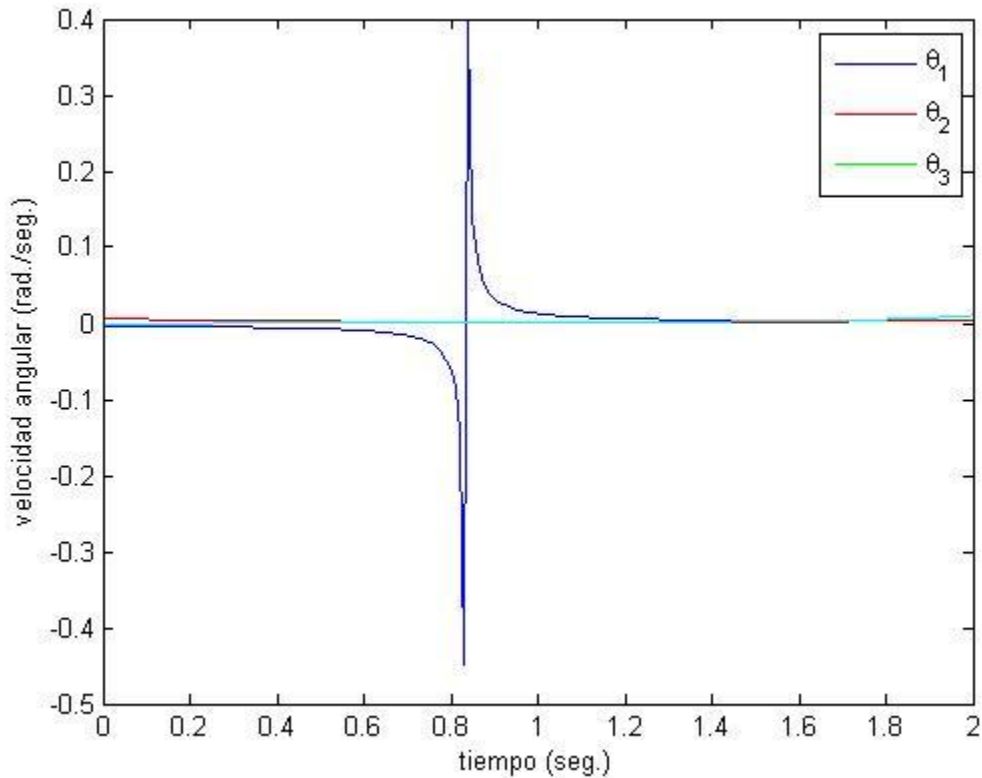


Figura 62. Velocidades articulares obtenidas a partir del Jacobiano.

7 CONCLUSIONES

Se ha presentado al robot Delta como una plataforma háptica óptima debido a la baja inercia de su mecanismo, alta potencia con relación al peso, alta rigidez y alta capacidad de carga útil. En este documento se obtienen las ecuaciones cinemáticas del mecanismo y se confirma su validez a través de simulaciones computacionales sobre un prototipo experimental. Estas relaciones cinemáticas sirvieron para generar el espacio de trabajo del prototipo y verificar que la trayectoria deseada es realizable. Estos resultados también serán usados para garantizar un diseño óptimo del prototipo a construir. Actualmente se está diseñando una interfaz serial basada en la tarjeta de desarrollo Arduino que será utilizada para controlar de forma simultánea los tres motores del robot a una frecuencia no mínima de 1000 Hertz lo cual es idóneo para un sistema háptico.

8 REFERENCIAS

1. T. Kern, *Engineering haptic devices: a beginner's guide for engineers*, (Ed. Springer, Alemania), 472, (2009).
2. V. Hayward y O. Astley, *Proc. Robotic Research*, "Int'l Symp", E. Giralt y G. Hirzinger, (Ed. Springer Verlag), 567-592, (1996).
3. S. Snibe, K. MacLean, R. Shaw, J. Roderick, W. Verplan y M. Scheef. *UIST*, **3**, 199-208, (2001).
4. A.M. Okamura, J. Webster, J. Nolin K. Johnson y H. Jafri, *ICRA*, **1**, 828-833, (2003).
5. F. Barbagli, J. Salisbury y R. Devenzenzo, *ICRA*, **1** 806-815, (2003).
6. C. Ramstein y V. Hayward, *CHI*, **Vol**, 57-58, (1994).
7. R.Q. VanderLinde, *Proc Eurohaptics*, **Vol**, 1-5. (2002).
8. T.H. Massie y J.K. Salisbury, *ASME-IMECE*, **55-1**, 295-299, (1994).
9. A. Cohen y E. Chen, *ASME*, **67**, 401-402, (1999).
10. V. Hayward y B. Armstrong, *A new computational model of friction applied to haptic Rendering*, "Experimental Robotics VI", P. Corke y J. Trevelyan, (Springer Verlag), 403-412, (2000).
11. J.P. Merlet, *Parallel Robots (Solid mechanics and it's applications)*, (Springer Holanda), 412, (2006).
12. A. Olssen, comunicación personal, (2009).
13. R. Clavel, comunicación personal, (1989).
14. L. Ángel, J.M. Sebastián, R. Saltaren, R. Aracil, J. Sanpedro, *IROS*, **Vol.**, 2134-2139, (2005).
15. M.W. Spong, S. Hutchinson y M. Vidyasagar, *Robot modeling and control*, (John Willey & Sons Inc. USA), 407, (2006).
16. J.J. Craig, *introduction to robotics. Mechanics and Control*, (Prentice Hall USA), 400, (2005).

RECONOCIMIENTO DE PATRONES RECONFIGURABLE IMPLEMENTADO EN UN ROBOT MÓVIL CON LABVIEW

M.C.I.E. Ing. Luis Humberto Sánchez Medel¹, M.A.T.I. Ing. Isaías Avendaño Cortés²,
Ing. Germán López Andrade³

^{1,2} Departamento de Ing. en Sistemas Computacionales y ³Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

1smedel@gmail.com, 2tecnoitsh@hotmail.com, 3loager@gmail.com

Resumen.- La interacción hombre-computadora ha sentado las bases para que programadores diseñen interfaces de software que se adapten a las necesidades de los usuarios empleando métodos audiovisuales y diversos dispositivos en hardware.

El campo de Interacción Humano Robot (IHR) se halla en continua evolución, no es raro pensar hoy en día en robots de servicio capaces de tomar decisiones y adaptarse a los objetivos propuestos empleando visión por computadora e inteligencia artificial.

Actualmente existen diversos robots de servicio que auxilian al ser humano, este artículo presenta los resultados de diseñar e implementar un robot móvil de servicio orientado a la portabilidad de objetos con identificación de personas en base a patrones reprogramables.

Abstract. -The human-computer interaction has settled the fundamentals so the programmers can design software interfaces that adapts to the user requirements using new audiovisual methods and also hardware dispositives.

The human-robot interaction (HRI) find itself in constant evolution, it isn't strange to think nowadays in robots used in services that are capable to take a decision and adapt themselves using computer vision and artificial intelligence.

Nowadays there are several service robots that aid the human; this article presents the result of the design and implementation of a mobile service robot used to carry objects with human identification using reprogrammable patterns.

Palabras clave: Robot de servicio, servoing, detección de personas, visión por computadora.

1. INTRODUCCIÓN

Los robot son los candidatos para llenar un gran número de roles en la sociedad moderna, desde la automatización en las fábricas a servicios médicos y de entretenimiento [1].

El concepto de IHR surge de la necesidad de mejorar la interacción con estos dispositivos e incrementar su aceptación por la sociedad como un instrumento de servicio. El enfoque de la IHR va más allá de las leyes propuestas en la novela de Isaac Asimov y ha evolucionado a ser un campo atractivo de estudio científico moderno [2].

Los centros comerciales modernos proveen un medio ambiente semicontrolado donde es posible ejecutar pruebas complejas como: interacción social, percepción, planeación de trayectorias, reconocimiento de patrones tan solo por citar algunas relevantes.



Fig. 1. Prototipo diseñado para pruebas de algoritmos de reconocimientos de patrones

El propósito de este trabajo de investigación es diseñar e implementar un sistema robótico capaz de seguir a una persona en un ambiente complejo, empleando técnicas de visión por computadora e inteligencia artificial (en un enfoque racional) para lograr su objetivo.

2. DESARROLLO

El prototipo se muestra en la Fig. 1, fue diseñado para soportar 100 kilos de peso, tiene 1.5 m de largo, 80 cm de ancho y 1.2 de alto; consta de dos partes, control en Hardware y software, de igual forma el desarrollo de este artículo se halla dividido en el hardware del robot en el cual se describe los diversos sensores utilizados y la lógica de control, así como la transmisión con la computadora que se halla en el interior del robot; en cuanto al software se muestra los diversos pasos para realizar el sistema de visión máquina e inteligencia artificial.

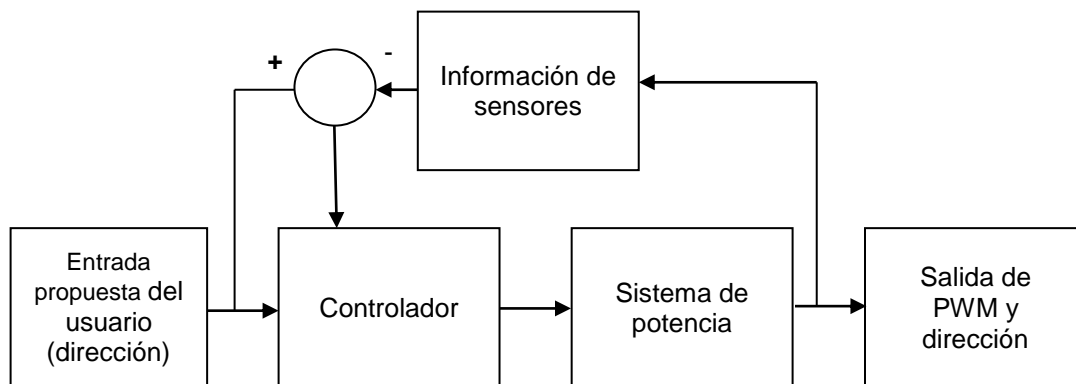


Fig. 2 Diagrama a bloques del robot móvil.

2.1 Hardware del robot

El hardware del prototipo robótico fue diseñado empleando un microcontrolador PIC18F4550 como dispositivos de control en la comunicación de los sensores, actuadores y la computadora, el algoritmo de control es basado en reglas, donde la repetición de las instrucciones de dirección incrementa ó decremента el PWM aplicado a los motores, de esta forma es posible controlar la velocidad. Los sensores empleados son:

- Sensores de presencia analógicos.- Mide la distancia de la silla a un objeto próximo, si el robot se acerca a un objeto decremента la velocidad de la misma.
- Sensores de contacto digitales.- Su función es detectar si la silla golpea contra un objeto, la respuesta de la silla es el decremента de la velocidad de los motores.
- Sensores de Luz analógicos.- Su función es detectar cuando es necesario encender las luces de la silla, esta acción es automática.
- Sensor webcam digital.- Adquiere la imagen en color que será analizada por el algoritmo de visión por computadora diseñado.

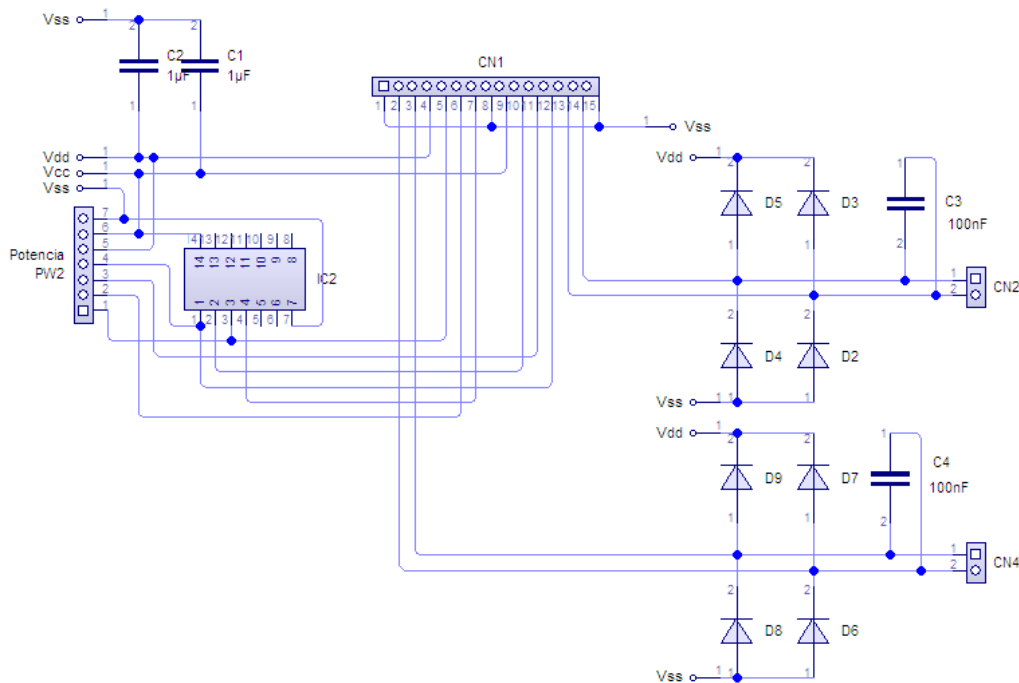


Fig 3. Diagrama del Puente H a 20A

Los actuadores son motores eléctricos de CD de alto torque cuya etapa de potencia se muestran en la Fig. 3. La etapa de potencia es de 20A protegidas con fusible para evitar un malfuncionamiento, se observó que al cambiar de dirección de forma espontánea los fusibles se abrían, por lo que se implementó el cambio de velocidad basado en reducción/incremento de PWM.

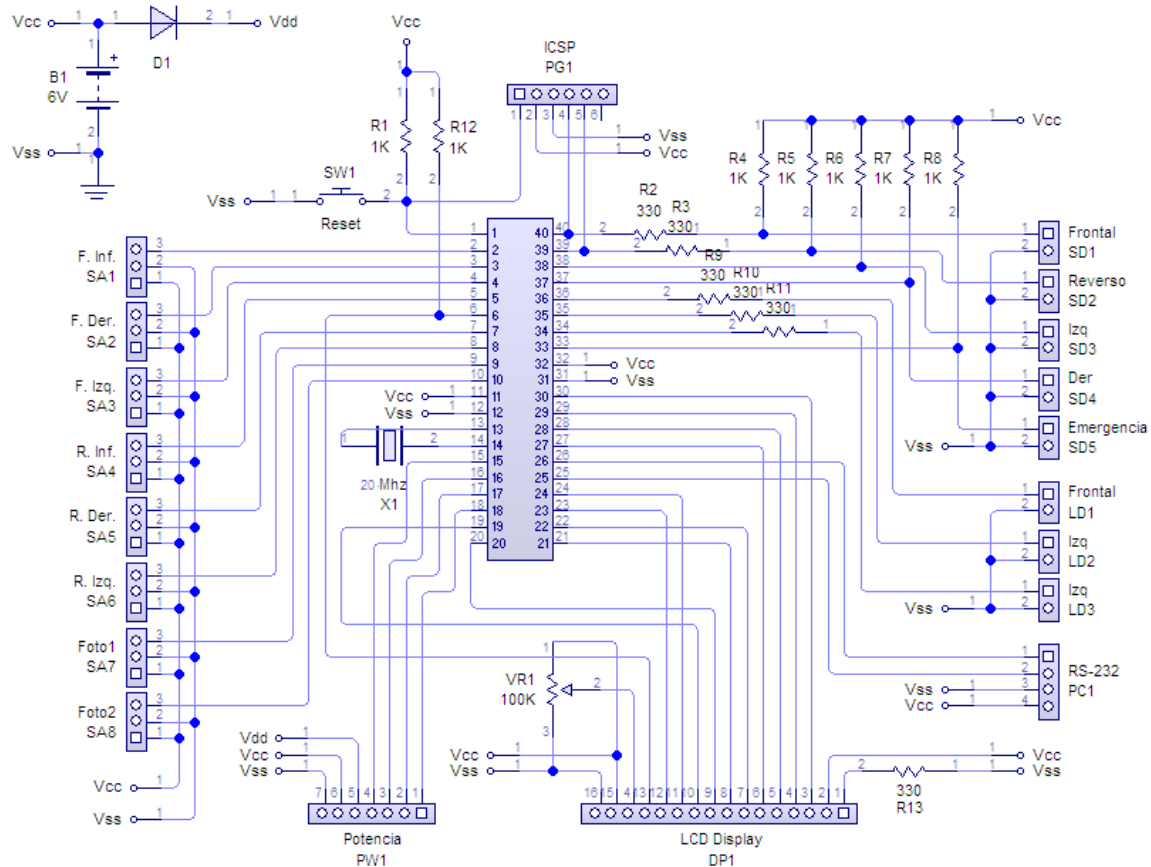


Fig. 4 Diagrama del sistema de control embebido

2.2 Control embebido

En esta sección se analizará la lógica de control utilizada en el programa del microcontrolador. Se analizarán los posibles eventos que surjan en el camino del prototipo tales como la presencia de objetos a distancia, choque contra objeto y cambios de luz inesperados.

2.2.1 Detección de obstáculos

Es necesario que el prototipo sea capaz de detectar un obstáculo a distancia para evitar chocar cuando aun se tenga la posibilidad de cambiar de dirección, esto quiere decir que debemos de tener un límite mínimo de distancia permitida ante un objeto, conociéndose esta como distancia mínima; esta distancia también deberá ser variable y configurable vía sistema de cómputo, con el fin de que si el prototipo sea usado en un lugar lleno de gente, esta no de alarma si detecta obstáculos muy cercanos.

2.2.2 Detección de obstáculo frontal y trasera

Los sensores utilizados para determinar la distancia son óptimos para detectar la presencia de un obstáculo en esta sección se detallará como se utilizará para evitar un choque. La ubicación de los sensores debe ser al frente y en la parte trasera del robot.

2.3 Sistema de visión por computadora

El sensor principal es una webcam, cuya función es adquirir la secuencia de video que es procesada en tiempo real, a pesar de que el medio ambiente donde se controlará el robot contiene iluminación semicontrolada, la imagen es preprocesada para obtener una imagen RGB normalizada empleando la ecuaciones 1, la imagen convertida se muestra en la Fig. 5.

$$r = \frac{R}{R + G + B}, g = \frac{G}{R + G + B}, b = \frac{B}{R + G + B} \quad (1)$$

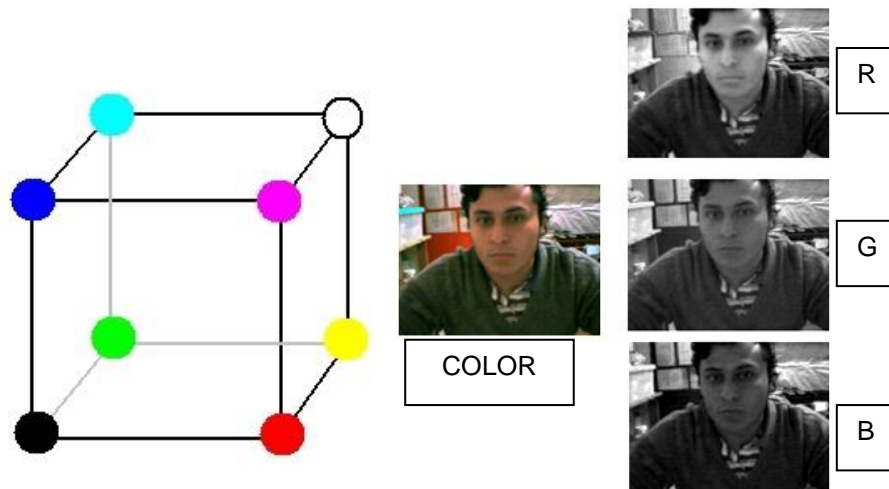


Fig. 5 La imagen en color es separada en RGB, la suma aditiva de las partes en RGB forman el color original.

El plano RGB Normalizado es empleado para eliminar condiciones de color que puedan afectar al pos procesamiento de la imagen, para evitar un cuello de botella se determinó que el tamaño de la imagen sería 220x180 pixeles aunque en la implementación se hizo reconfigurable el tamaño. Se empleó también el plano HSV para el proceso de la imagen, debido a que eliminaba la mayoría de las condiciones de ruido por brillo de la imagen como se muestra en la Fig. 6, las formulas son mostradas en las ecuaciones 2,3 y 4

$$h = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 * [(r-g) + (r-b)]}{\sqrt{[(r-g)^2 + (r-b) * (g-b)]^{1/2}}} \right\}, \quad h \in [0, \pi] \text{ para } b \leq g \quad (2)$$

$$h = 2\pi - \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 * [(r-g) + (r-b)]}{\sqrt{[(r-g)^2 + (r-b) * (g-b)]^{1/2}}} \right\}, \quad h \in [0, 2\pi] \text{ para } b > g \quad (3)$$

$$v = \max \quad (4)$$

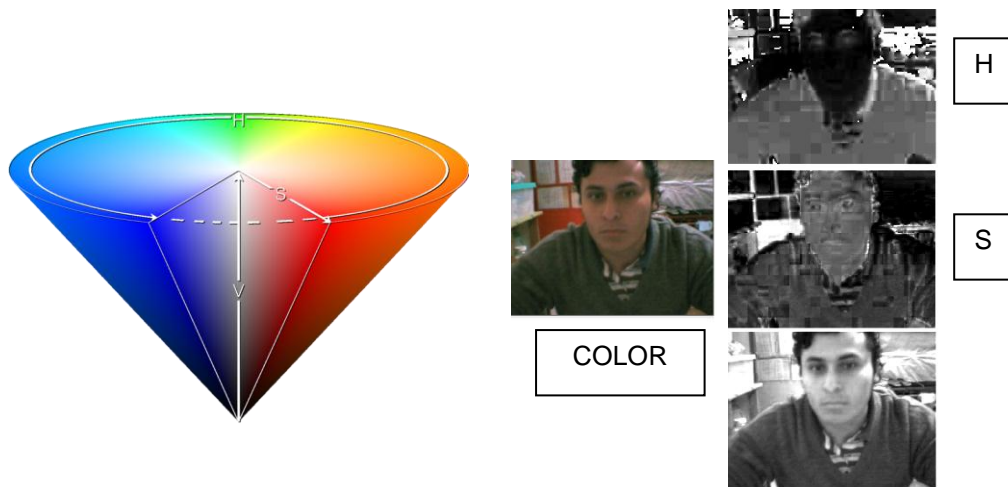


Fig. 6 El espacio de color HSV es una transformación del RGB normalizado y se representa como un cono invertido, la figura de la derecha muestra una imagen en HSV

Se emplea el plano V de HSV y se obtiene su imagen diferencia para procesar los bordes para reducir los falsos positivos [3] como indica la Eq.5. Empleando filtros morfológicos de removimiento de partículas (erosión y dilatación) y es posible completar elementos o partes de la imagen que se han perdido debido a condiciones de luz o sombras, cabe notar que también esta parte del proceso da lugar en algunas ocasiones a falsos positivos, sin embargo el hardware está preparado para trabajar con repeticiones de direcciones por lo que el efectos de estos es aminorado.

$$Dif = \sum_{x=0}^{x=xf} \sum_{y=0}^{y=yf} |I(x,y) - I(x-1,y)| + \sum_{y=0}^{y=yf} \sum_{x=0}^{x=xf} |I(x,y) - I(x,y-1)| \quad (5)$$

2.3.1 Técnica de correspondencia de patrones

Se basa en la correlación normalizada, que es el método más común para encontrar el modelo en la imagen, se basa en series de multiplicaciones por lo que consume un tiempo considerable. Para incrementar la velocidad del proceso de correlación, se reduce el tamaño de la imagen y la región de búsqueda, es por esta razón que es utilizada la detección de piel, para incrementar la velocidad de la correspondencia y la imagen diferencial para obtener un bajo índice de error de falsos positivos. Un modelo de referencia es una imagen formada de pixeles a partir de la imagen a detectar, debido a que la mayoría de la imagen contiene información redundante, emplear toda la imagen consumiría tiempo considerable, para evitar esto se emplea un proceso de muestreo que incluye una detección de bordes como indica la Fig. 7.

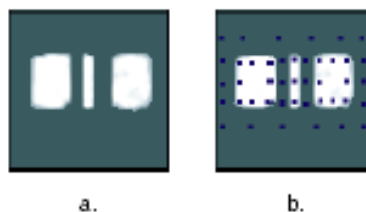


Fig. 7 Puntos tomados en el patrón modelo para la detección por correspondencia de patrones.

El concepto de correlación cruzada normalizada se refiere a considerar una subimagen $w(x,y)$ de tamaño $K \times L$ contenida en una imagen $f(x,y)$ de tamaño $M \times N$ donde $K \leq M$ y $L \leq N$, la correlación entre $w(x,y)$ y $f(x,y)$ en un punto (i,j) es dada por la ecuación 6.

$$C(i, j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} w(x, y) f(x + i, y + j) \quad (6)$$

En donde $i=0,1 \dots M-1$; $j=0,1 \dots N-1$; y la sumatoria es tomada de la región en la imagen donde w y f se traslapen. La Fig. 8 indica el procedimiento de correlación, se asume que el origen de la imagen f se ubica a la izquierda superior, el proceso de mover el modelo o subimagen w alrededor del área de la imagen computando el valor de C en dicha área. Se debe de multiplicar cada pixel en el modelo por los pixeles de la imagen que la traslapen y sumar los resultados sobre todos los pixeles del modelo, el valor máximo de C indica la posición del mejor resultado de correlación.

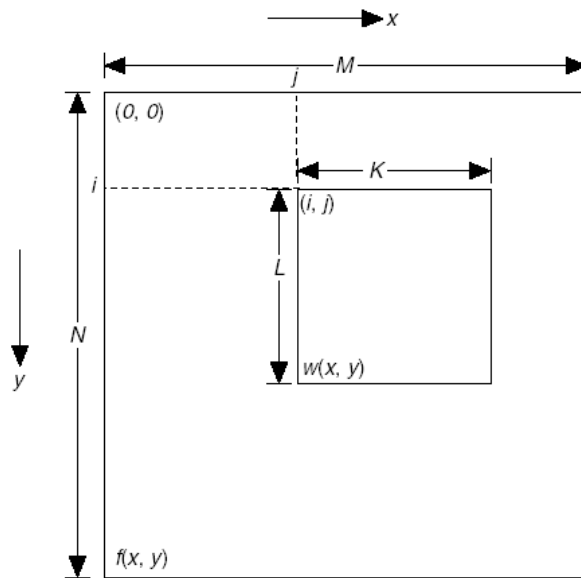


Fig. 8 Procedimiento de la correlación. El proceso de correlación recorre la detección de izquierda a derecha arriba hacia abajo.

El proceso de correlación es muy sensible a cambios de amplitud en la imagen, como intensidad, por ejemplos si la intensidad de la imagen f es doblada, también lo serán los valores de C . La sensibilidad puede omitirse si se utiliza la correlación normalizada como indica la ecuación 7:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} (w(x,y) - \bar{w})(f(x+i,y+j) - \bar{f}(i,j))}{\left[\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} (w(x,y) - \bar{w})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} (f(x+i,y+j) - \bar{f}(i,j))^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

El usuario en este punto enseña al robot el patrón que el robot deberá aprender y posteriormente seguir, un ejemplo de este tipo de patrón lo indica la Fig. 9.



Fig. 9 Figura dibujada por el usuario el cual funge como patrón a detectar por el robot.

El algoritmo por patrones emplea una correspondencia invariante al cambio y rotación, cuya respuesta es una dirección propuesta que es enviada a la tarjeta de adquisición de datos y esta determina qué dirección debe de tomar el robot. La tabla 1 muestra los resultados de la detección.

4. RESULTADOS

Los resultados se muestran en la Tabla II, donde el tiempo de procesamiento y respuesta lo hace a casi 30 cuadros por segundo en un equipo Intel i7 Q720, sin embargo en la implementación del algoritmo del robot se usa un microprocesador Intel Atom cuyo tiempo lo hace a casi 7 cuadros por segundo, por lo que no es posible usar cambios rápidos de dirección, sin embargo debido a que el robot debe de soportar 100Kg, su cambio de dirección y velocidad es gradual lo cual no afecta influyentemente al desempeño del sistema.

Tabla II

Condición de luz	TP	FP	%Resultados verdaderos	Tiempo promedio en ms
OSCURO	504	186	72%	134
NORMAL	679	21	97%	123
SATURADO	420	280	60%	138

Tabla I Resultados del proceso de detección de símbolos

REFERENCIAS

1. David Feil-Seifer, *Human Robot Interaction*, USC Center for Robotics and embedded systems, CRES-02-01, 2010
2. Stuart J. Russell, *Artificial Intelligence a modern approach*, (Edit. Pearson Hall, USA), 321, 2004.
3. Trahanias, P. E. and et al. 1997, *Navigational support for robotic wheelchair platforms: an approach that combines vision and range sensors*, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Albuquerque, NM, 1265-70.

UNA APROXIMACIÓN AL COMPORTAMIENTO DE LA BOLSA MEXICANA DE VALORES: UNA APROXIMACIÓN MEDIANTE LÓGICA DIFUSA

Juan Fernando García Mejía^{1,3}, Clara Bella Nuñez Sanchez¹, Citlali Gutiérrez Estrada²

¹Centro Universitario UAEM Atlacomulco

Carretera Toluca Atlacomulco km 60 Atlacomulco Edo de Mex

²Instituto Tecnológico de Toluca

Av. Tecnológico s/n Ex Rancho la Virgen Metepec Mex.

³Universidad Popular Autónoma de Puebla

21 sur 1103 Barrio Santiago C.P. 72410, Puebla México

e-mail fgarciam@uaemex.mx

Área técnica Inteligencia Artificial

RESUMEN

El trabajo propuesto usa los registros históricos de la Bolsa Mexicana de Valores el cual es un lugar físico donde se efectúan y registran operaciones financieras; los cuales pueden ser representados como series temporales que permitan caracterizar su comportamiento. Lo anterior por medio de técnicas de Inteligencia Artificial. El objetivo principal es analizar y desarrollar una aplicación de predicción de comportamiento que se base en inteligencia artificial; con la técnica lógica difusa a partir de series temporales que permitan caracterizar el comportamiento de la Bolsa Mexicana de Valores con fines didácticos dado que de esta no existen teorías que expliquen el comportamiento de forma concreta.

ABSTRACT

The proposed work uses historical records of the Mexican Stock Exchange which is a physical place where you make and record financial transactions, which can be represented as time series to characterize their behavior. This using Artificial Intelligence techniques. The main objective is to analyze and develop an application behavior prediction based on artificial intelligence, with the technique based on fuzzy time series to characterize the behavior of the Mexican Stock Exchange for educational purposes as this do not exist theories that explain the behavior of concrete form.

2. INTRODUCCIÓN

El análisis moderno de series temporales se debe a Yule en 1927 quien aplicó técnicas de correlación serial y autorregresión para investigar periodicidades en la serie temporal de las manchas solares de Wolfer, dando origen al análisis moderno de series temporales. [1]

Una serie temporal es un conjunto de observaciones ordenadas en el tiempo, se componen de registros relevantes, siendo variables de algún fenómeno, que serán utilizados para realizar cálculos obteniendo resultados futuros originados de registros pasados [2].

El objetivo del análisis de una serie temporal, de la que se dispone de datos en periodos regulares de tiempo, es el conocimiento de su patrón de conocimiento para prever la evolución futura, siempre bajo el supuesto de que las condiciones no cambiaran respecto a las actuales y pasadas [2].

Las series temporales caracterizan fenómenos tales como procesos administrativos, cotizaciones en cierre de acciones bursátiles, ventas mensuales en una compañía, índices de precios en el consumidor en función del tiempo.

- Método gráfico: efectúa la representación gráfica de la serie ordenada, $y(t)$ se trazan perpendiculares al eje de abscisas por los puntos cimas y fondos. La tendencia viene dada por la línea amortiguada que une los puntos medios de los segmentos.
- Media móvil: Parte de la serie temporal observada $y(t)$ La serie formada por las medias de $y(t)$, indica la línea amortiguada de la tendencia.
- Método analítico de los mínimos cuadrados: Obtiene la tendencia a partir de la recta $y(t) = a + b(t)$, siendo $y(t)$, la media anual de las observaciones trimestrales. Se calculan los coeficientes “a” y “b” de la recta de regresión.

3. LÓGICA DIFUSA

El concepto Lógica Difusa por sus siglas en ingles (FL) fue desarrollado por Lotfy A. Zadeh en 1965, como un método para la simulación del razonamiento impreciso de la capacidad humana, implementando sentencias parciales o aproximadas, esto se basa en la teoría de conjuntos difusos que utiliza expresiones que no son ni totalmente ciertas ni completamente falsas. Es la lógica aplicada a conceptos que pueden tomar un valor cualquiera de veracidad dentro de un conjunto de valores que oscilan entre dos intervalos $[0,1]$, la verdad absoluta y la falsedad total [3]. En la figura 1 se muestra de manera gráfica la evolución de la lógica difusa

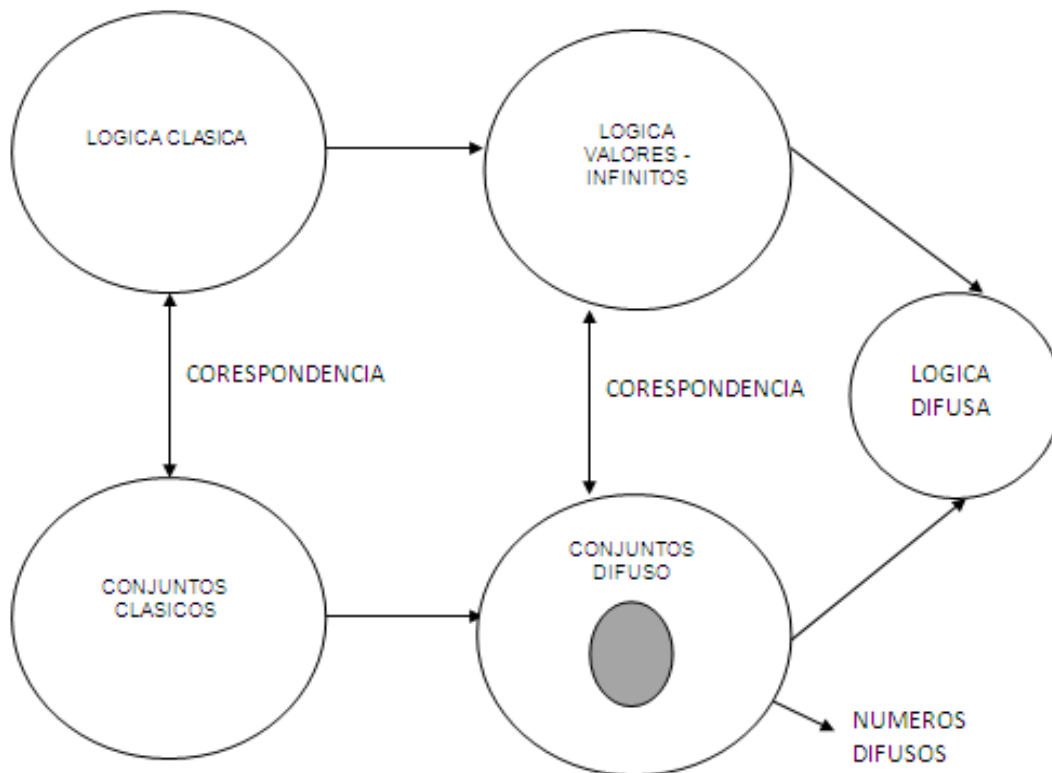


Fig. 1 Evolución de la logica difusa [24]

El algoritmo de Mamdani es una “herramienta que sirve principalmente para el análisis y control de sistemas complejos, sin embargo una buena aproximación con un modelo difuso de tipo Mamdani

puede requerir de un número elevado de reglas, por lo que la interpretación del sistema queda reducida conforme aumenta su complejidad”.[4]

En la Fig. 2 se muestra la estructura del algoritmo de Mamdani la base de conocimiento está formada por una base de conocimiento que tiene una base de datos y una base de reglas

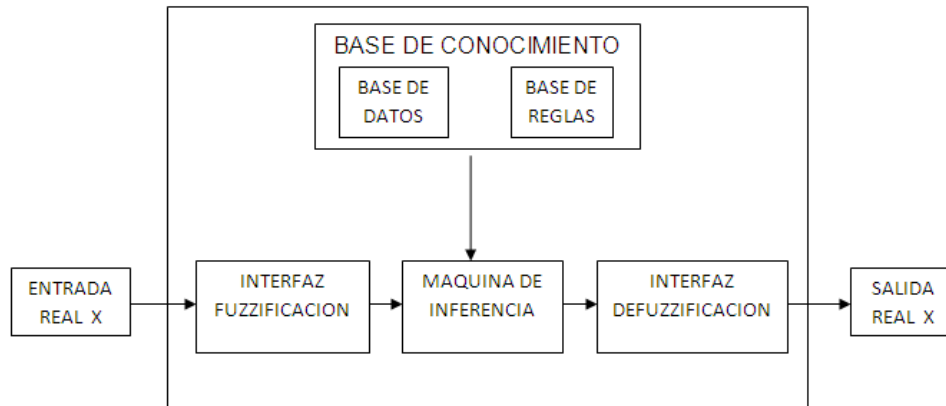


Fig. 2 Estructura básica de Mamdani, sistema basado en reglas difusas.

El algoritmo de Mamdani, tiene tres elementos principales representados de la figura 2 y son los siguientes:

- Interfaz de fuzzificación, transforma los datos de entrada en valores difusos que servirá de insumo para el proceso de razonamiento difuso.
- Sistema de inferencia, infiere a partir de la entrada de conjuntos difusos, de salida resultante difusa varios conjuntos de acuerdo a la información almacenada en el KB.
- Interfaz defuzzificación, convierte los conjuntos difusos obtenidos del proceso de inferencia en una acción precisa que constituye la producción mundial del sistema basado en reglas difusas.

4. LÓGICA DIFUSA

La figura 3 muestra el comportamiento de la bolsa mexicana de valores en un periodo que comprende de año 2006 al 2010

En la figura 4 se muestra el comportamiento del Dow Jones, (2006-2010) índice representativo de la Bolsa de Valores de Estados Unidos.

En la figura 5 se presenta el comportamiento del Nasdaq (2006-2010), índice de la Bolsa de Valores de Estados Unidos.

En la figura 6 se analiza el comportamiento del Ftse100 índice representativo de la Bolsa de Valores de Londres

En la figura 8 se presenta el Dax (2006-2010), Bolsa de Valores de Alemania

En la figura 7 se muestra el Ibex35 (2006-2010), índice de la Bolsa de Valores de Madrid

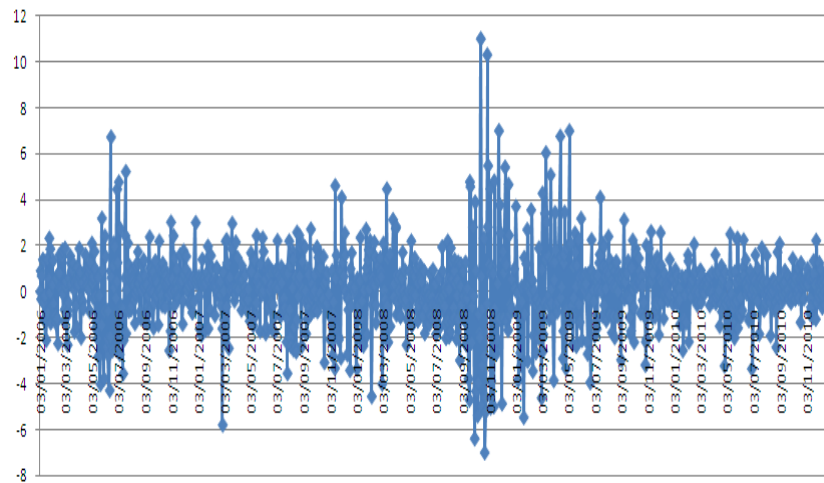


Fig. 3 BMV (2006-2010)

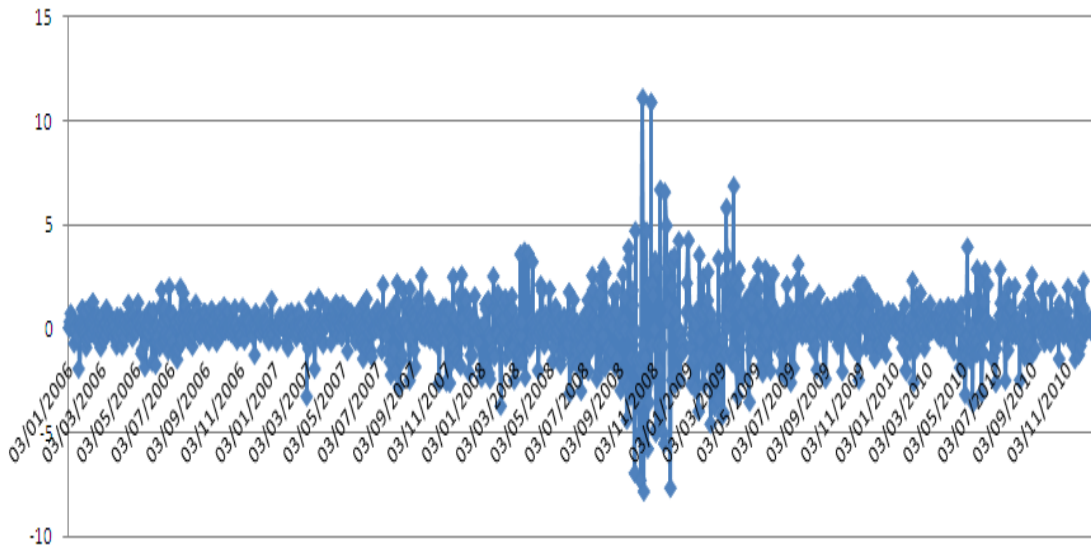


Fig. 4 Dow Jones (2006-2010)

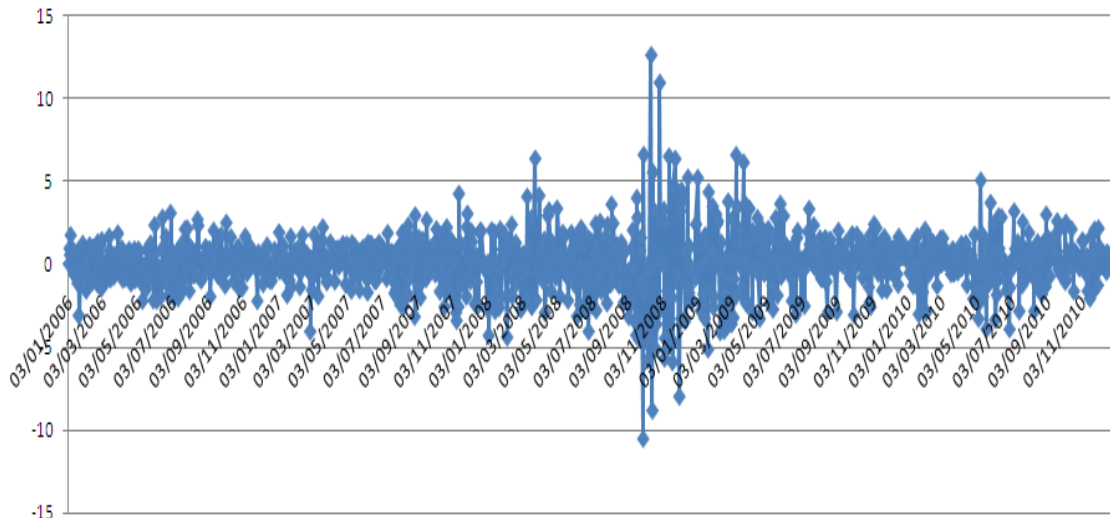


Fig 5 Nasdaq (2006-2010)

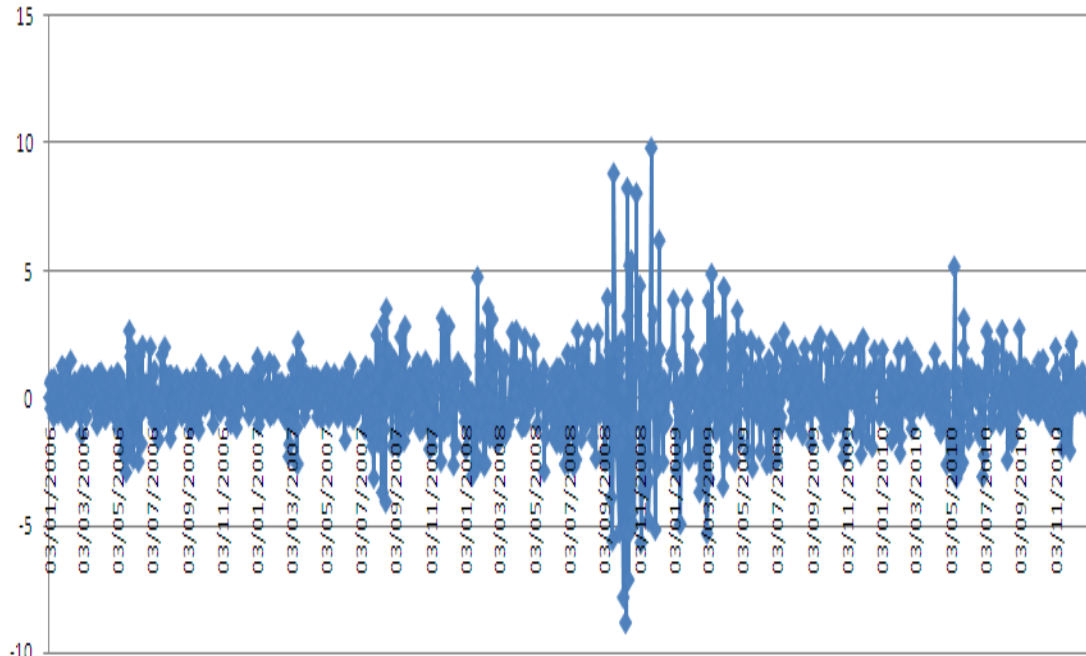


Fig. 6 FTSE100 (2006-2010)

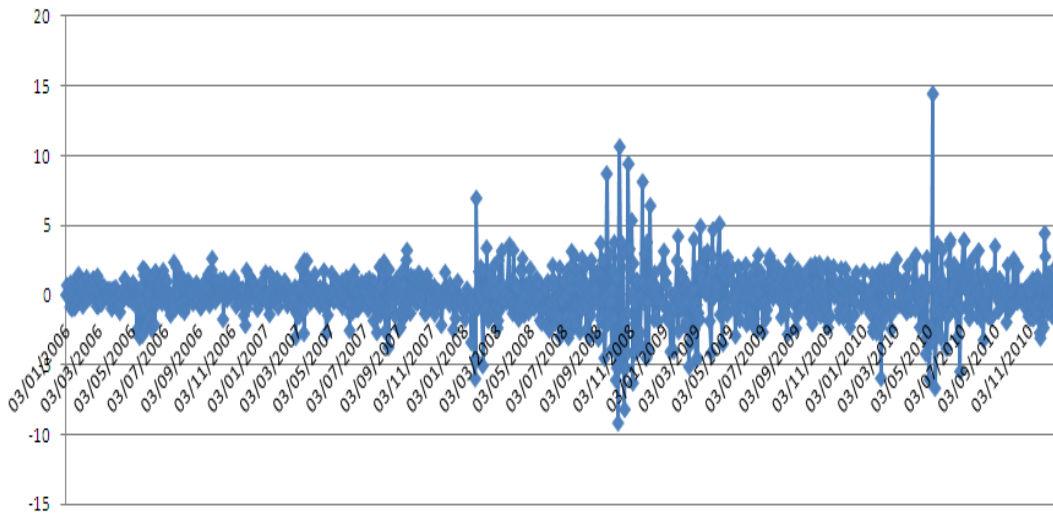


Fig. 7 Ibx35 (2006-2010)

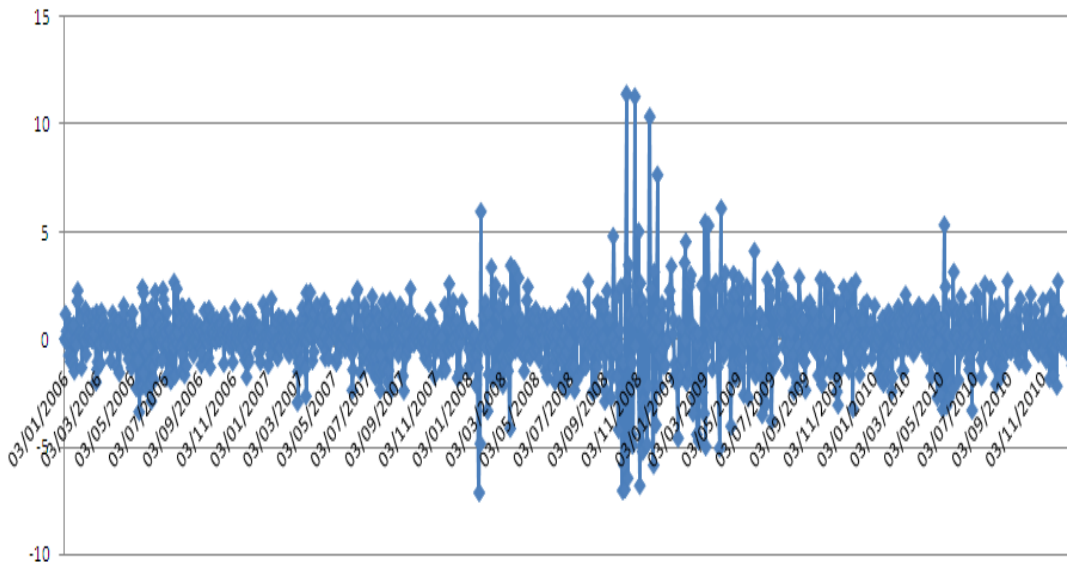


Fig. 8 Dax (2006-2010)

El total de variables que se utilizaron para realizar la caracterización de la serie temporal son los índices de cinco Bolsas de Valores, dos de las cuales corresponden a Estados Unidos (Dow Jones, Nasdaq), y las tres siguientes a Europa (Dax, FTSE100, Ibx35). Cuyas variables lingüísticas son: Muy bajo, Bajo, Medio bajo, Medio alto, Alto y Muy alto

En la maquina de inferencia se concentran todas las variables a trabajar tanto las de entradas como las de salida, lo cual permite determinar en que forma trabaja el conjunto difuso, se define el conjunto de reglas con el que se trabajo. El numero maxino de reglas que acepta una maquina de inferencia un solo conjunto difuso son 7790, fue por ello que se realizaron tres maquinas de inferencia, para un mejor análisis

En la figura 9 se muestra el conjunto difuso que caracteriza a la bolsa Dow Jones

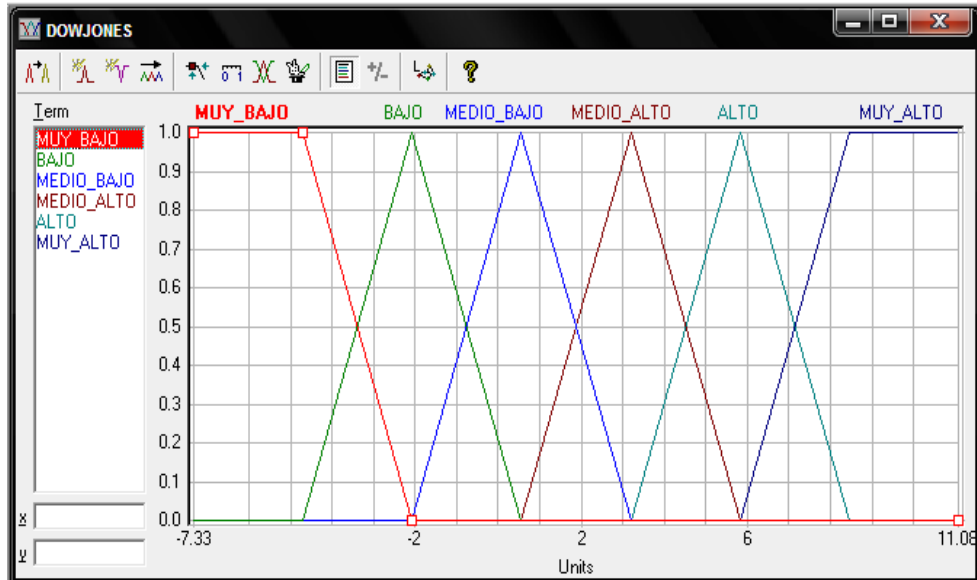


Fig. 9 Dow Jones (2006-2010)

En la figura 10 se muestran las variables lingüísticas del Nasdaq

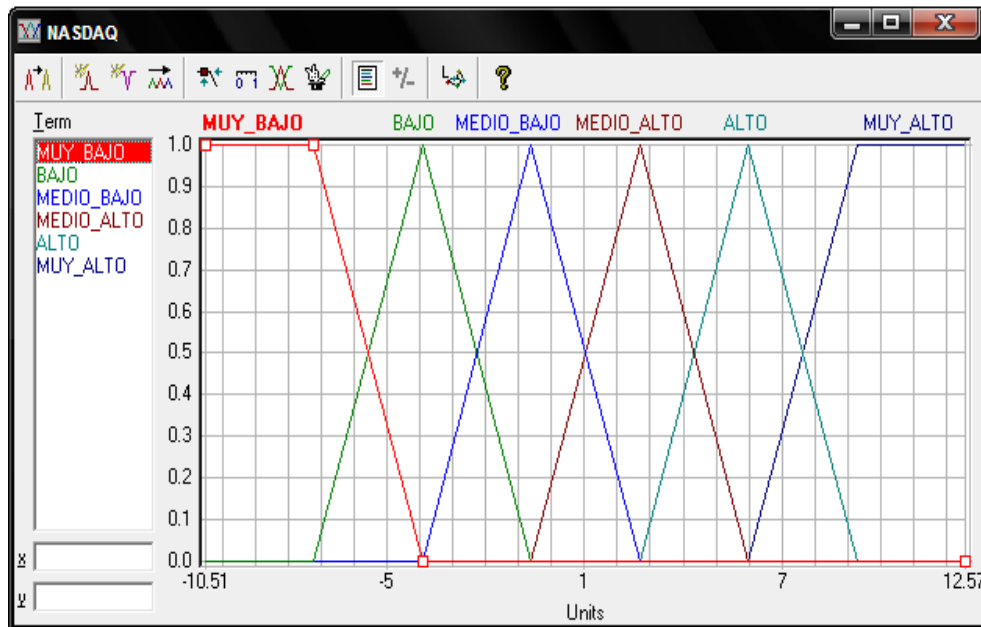


Fig. 10 Nasdaq (2006-2010)

En la figura 11 se presenta el conjunto difuso representativo de la bolsa Ibex

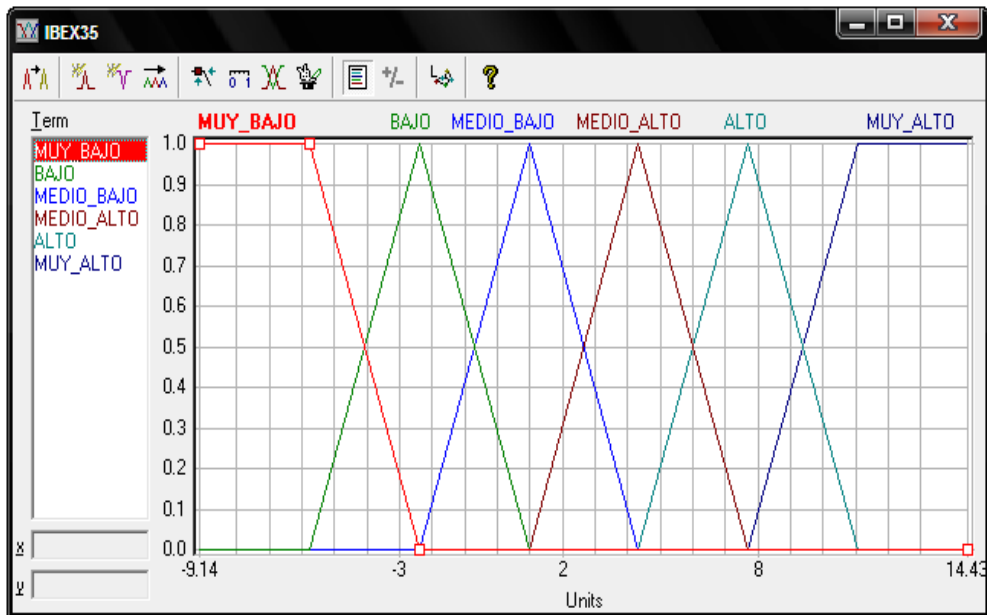


Fig. 11 Ibox 35 (2006-2010)

En la figura 12 se muestra las propiedades y términos de la variable FTSE100

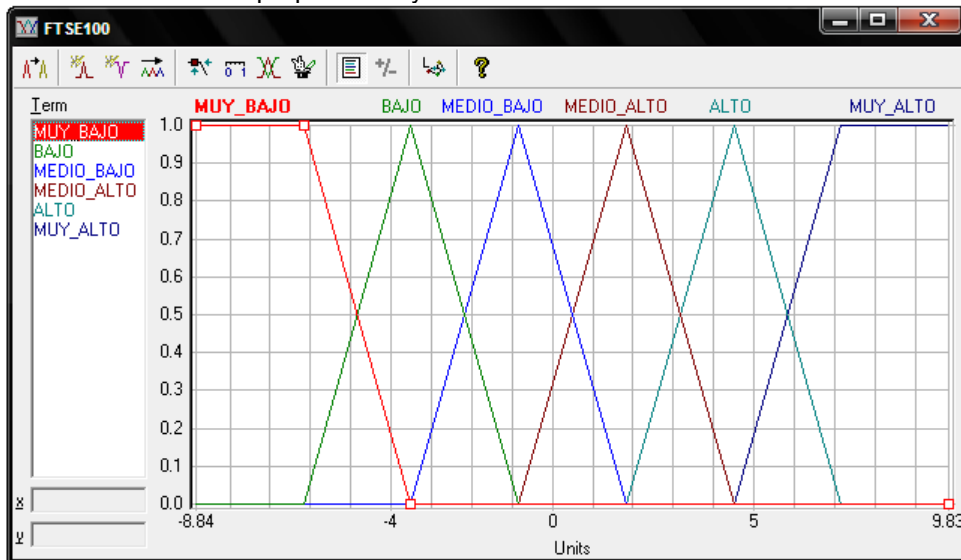


Fig. 12 FTSE 100 (2006-2010)

En la figura 13 se muestran las propiedades de la variable Dax

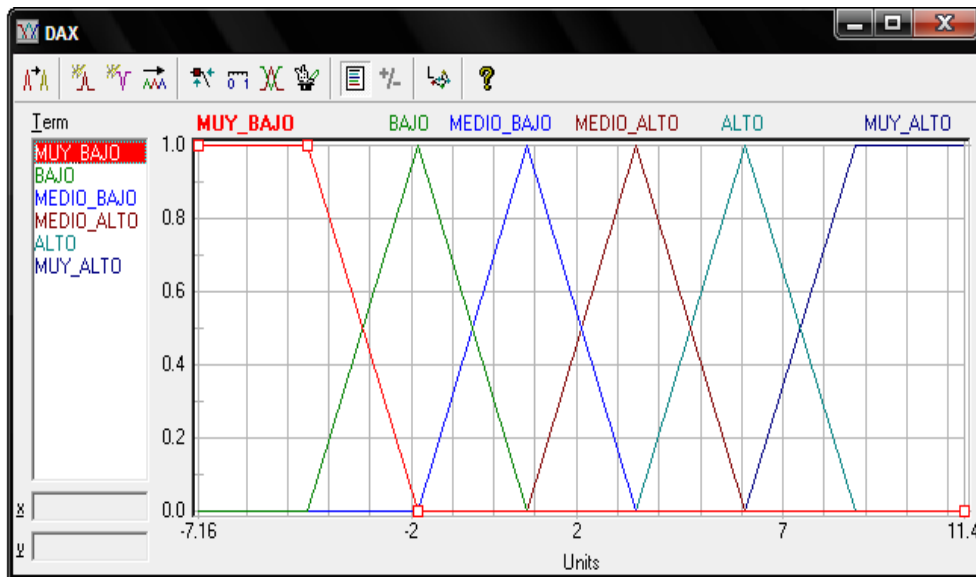


Fig. 13 Dax (2006-2010)

Con la información anterior se genera el siguiente modelo en Fuzzy Tech (figura 13) una suite de desarrollo de aplicaciones de Lógica difusa

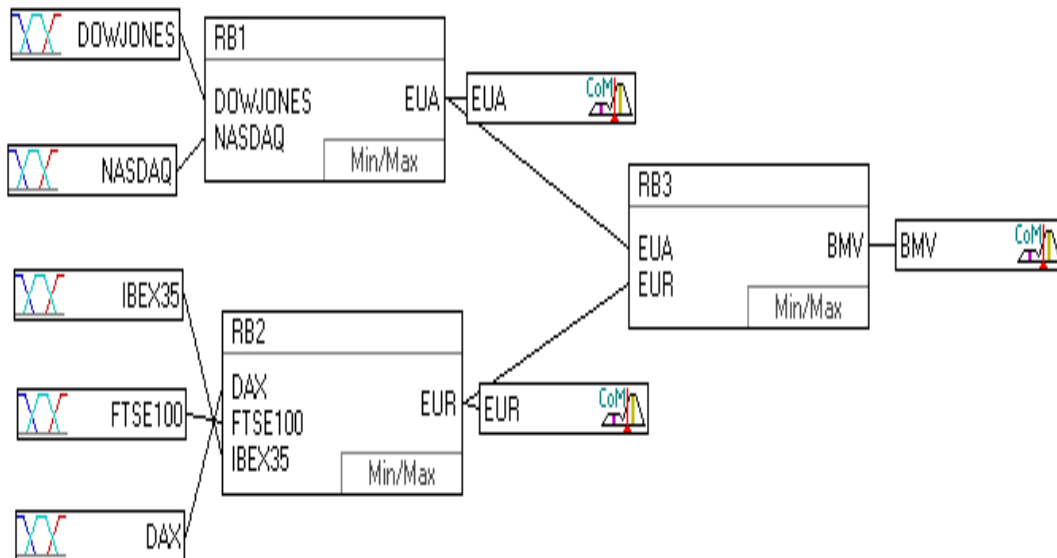


Fig. 13 Modelo final propuesto

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la investigación se puede ver que la inteligencia artificial es más imponente. Y que con ella se puede realizar una caracterización, en este caso de una serie temporal, formada con datos representativos de la Bolsa Mexicana de Valores periodo 2006- 2011. La técnica utilizada en lógica difusa mediante el algoritmo de Mamdani el cual trata de SI (condición) y (condición) entonces (serie temporal es:) las condiciones van con referente a las bolsas de Europa y Estados Unidos, y la serie temporal es la BMV.

REFERENCIAS

- [1] Historia de la probabilidad y la estadística, A. h. e. p. e., Asociación de Historia de la Estadística y de la Probabilidad en España (AHEPE), Asociación de Historia de la Estadística y de la Probabilidad de España
- [2] Pepio Viñals Monserrat *Series temporales*, , aula politécnica/matemática y estadística, edición UPC. 2009
- [3] Timothy J. Ross *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, 2010
- [4] George Bojadziev, Maria Bojadziev *Fuzzy logic for business, finance, and management*, 2º edicion2007
- [5] Cordón Oscar “*Genetic fuzzy systems: evolutionary tuning and learning of fuzzy knowledge bases*”

PROTOTIPO PARA LA GENERACIÓN DE HORARIOS ACADÉMICOS A TRAVÉS DE ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN

Claudia Rodríguez Lemus^a, María del Socorro Ríos Castro^a, Araceli Banda García^a, Raquel Aldaco Segoviano^a, Francisco Gutiérrez Vera^b

^a Instituto Tecnológico de Roque.

^b Instituto Tecnológico de Celaya.

claulemus@itroque.edu.mx, rics_2002@yahoo.com, ara-cervantes@hotmail.com,
r_aldacos@yahoo.com.mx, pancho@itc.mx

RESUMEN

Dentro de las diferentes tareas que se desarrollan en el Instituto Tecnológico de Roque, se encuentra la de hacer horarios de materias. Esta actividad distribuye a lo largo de la semana, las horas designadas a cada materia tomando en cuenta la disponibilidad de los recursos como lo son: maestros, salones, laboratorios, centro de cómputo, además del turno. Uno de los problemas que se tienen es la falta de aprovechamiento de estos recursos, lo que conlleva a alargar el horario de 7:00 hrs. A 20:00 hrs., por lo que el presente proyecto pretende optimizar los recursos y proponer con ello, horarios adecuados a las circunstancias de la institución.

ABSTRACT

Among the different tasks carried out at the Instituto Tecnológico de Roque, is the subject to schedules. This activity distributed throughout the week, the hours designated for each subject taking into account the availability of resources such as: teachers, classrooms, laboratories, computer center, in addition to the shift. One problem you have is the lack of utilization of these resources, which leads to extend the hours of 7:00 hrs. At 20:00 hrs., so this project aims to optimize resources and thus propose, schedules appropriate to the circumstances of the institution.

1. INTRODUCCIÓN

Según Michalewicz y Fogel (2010); en el mundo real, los problemas son difíciles de resolver, y se dificultan por diferentes razones:

- El número posible de soluciones en el espacio de búsqueda es tan grande como prohibir una exhaustiva búsqueda de la mejor solución.
- El problema es tan complicado que solo para facilitar alguna respuesta del todo, se debe usar solo modelos simplificados del problema en donde ningún resultado sea esencialmente inútil
- La función de evaluación que describe la calidad de cualquier solución propuesta es ruidosa o varía con el tiempo, por lo que no solo se requiere una única solución, si no una serie de soluciones.
- Las posibles soluciones son tan limitadas que la construcción de una sola respuesta es difícil, por no hablar de la búsqueda de una solución óptima.
- La persona que está resolviendo el problema está inadecuadamente preparada o imagina algunas barreras psicológicas que evitan que descubra la solución.

De acuerdo a Deb (2004), la optimización es un procedimiento para encontrar y comparar soluciones factibles hasta encontrar la mejor solución. La necesidad de encontrar soluciones óptimas en un problema viene mayormente del propósito extremo de diseñar soluciones para minimizar en lo posible los costos de fabricación, maximizar en lo posible la confiabilidad, entre otros.

1.1 Optimización Multiobjetivo.

Díaz y Fernández (2010), mencionan que hoy en día, en este mundo competitivo cuando se emprende una actividad se trata que la realización de ésta consuma la menor cantidad de recursos, debido a la escases de los mismos recursos o para lograr una eficiencia que permita diferenciarse de los demás. Es así como en las diferentes ramas de la ingeniería (y en la cotidianidad) la mayoría de los problemas pueden ser expresados como problemas de optimización, algo tan habitual como la elección de un restaurant necesita de un trabajo de optimización previo, en el cual se comparan las diferentes posibilidades que pueden ser tomadas y dependiendo del criterio con el que se comparó es el restaurant que se elije. En el mundo empresarial este tipo de problemas toman una relevancia significativa, ya que un buen estudio de las posibles soluciones para una tarea implica ahorros económicos, de tiempo, de personal, etc. Lamentablemente la complejidad de este tipo de problemas dentro de una empresa generalmente es muy alta, y para llegar a una solución optima se debe realizar una trabajo extenso.

Un problema de optimización es definido como la búsqueda de un mínimo o de un máximo (óptimo) de una función objetivo [Collette 2002]. Generalmente las variables pertenecientes a la función objetivo poseen restricciones lo que obliga a que los valores que pueden tomar las variables estén dentro de un rango en el espacio de búsqueda, que es lo que a menudo se presenta cuando se intenta optimizar, estos problemas son llamados problemas de optimización con restricciones.

Matemáticamente hablando un problema de optimización tiene la siguiente forma:

Minimizar o maximizar $f(x)$ (Función a ser optimizada o función objetivo)
 Con $g(x) \leq 0$ (con m restricciones de desigualdad)
 $h(x) = 0$ (con p restricciones de igualdad)

Donde se tiene que x es el vector de decisión. Los vectores g y h representan m restricciones de desigualdad y p restricciones de igualdad, respectivamente. Estas restricciones delimitan el subespacio donde la solución óptima debe ser buscada.

Los problemas de optimización son variados, por lo cual presentan ciertas características que permiten realizar la siguiente clasificación [Collette 2002]:

1. Número de funciones objetivos
 - a. Una Mono-objetivo
 - b. Varias Multiobjetivo
2. Tipo de variable de decisión
 - a. Número real Continúa
 - b. Número entero Discreta
 - c. Permutaciones en un conjunto de números de tamaño finito Combinatorial.
3. Tipo de función objetivo
 - a. Función la cuál es lineal respecto a la variable de decisión Lineal
 - b. Función la cuál es cuadrática respecto a la variable de decisión Cuadrática
 - c. Función la cuál es no lineal respecto a la variable de decisión No lineal
4. Forma del problema
 - a. Con restricciones Restringido
 - b. Sin restricciones Sin restricciones.

1.1 OBJETIVO

Desarrollar un Prototipo Inteligente que genere automáticamente horarios académicos mediante algoritmos de optimización.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de ciclo de vida elegido para el desarrollo del proyecto será el de Prototipos, por lo que se estará trabajando en conjunto con los Coordinadores de Carrera para mostrar avances del prototipo y a la vez, ellos realicen sus sugerencias.

Los Algoritmos Culturales (ACs) son una clase de modelos computacionales derivados de la observación del proceso de evolución cultural en la naturaleza [Reynolds 1978, 1994]. ACs tiene tres componentes principales: un espacio de población, un espacio de creencias, y un protocolo

que describe como el conocimiento es intercambiado entre los dos primeros componentes. El espacio de población puede soportar cualquier población basada en el modelo computacional, tales como los Algoritmos Genéticos y la Programación Evolutiva. Ver la figura 1.

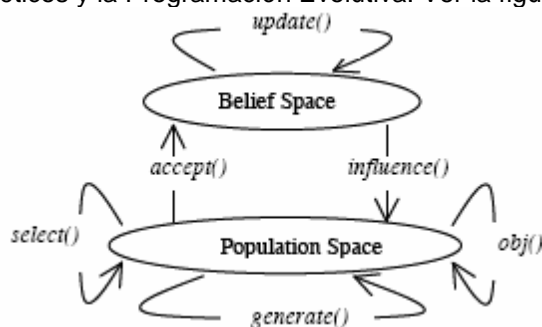


Fig. 1. Diagrama conceptual de los Algoritmos culturales

Se propone basar el prototipo en los algoritmos culturales, tomando en cuenta la población que se compone de las diferentes carreras en la Institución. Al principio, se debe generar una población inicial aleatoria de tamaño p . Cada individuo se genera mediante una distribución uniforme dentro de los intervalos dados como datos de entrada del problema.

Al evaluar un individuo se obtiene su aptitud mediante la función objetivo, y también se verifica si el individuo es factible o no. A continuación se describe el espacio de creencias, así como los pasos restantes del algoritmo.

El algoritmo hará uso de algunas variables como lo son: Relación de materias ofertadas, horas designadas a cada materia, además de maestro asignado; también tomará en cuenta los salones disponibles, turnos, laboratorios y centro de cómputo en donde también sea factible impartir clases. Estas variables las requerirá para realizar la distribución de las horas por materia a lo largo de la semana y al final generará una propuesta óptima de horarios. A continuación se presenta el algoritmo:

Algoritmo Cultural

-
- 1 Generar la población inicial
 - 2 Iniciar el espacio de creencias
 - 3 Evaluar la población inicial
 - 4 Repetir
 - 5 Actualizar el espacio de creencias (con los individuos aceptados)
 - 6 Aplicar operadores de variación (bajo la influencia del espacio de creencias)
 - 7 Evaluar cada hijo
 - 8 Realizar la selección mientras no se cumpla la condición de finalización
-

De acuerdo al algoritmo anterior, se debe establecer la población de materias por carrera que se ofertarán al inicio del semestre. Posteriormente se deberá evaluar esta población de acuerdo a cada carrera. Al Actualizar el espacio de creencias se estará generando por hora y por día el horario, tomando en cuenta el semestre de la materia, el salón asignado y el maestro titular de esa materia. Conforme se realice el llenado del horario, se aplicarán los operadores de variación que incrementarán la hora, y la siguiente materia con su respectivo maestro a programar. Posteriormente se evaluará el horario generado de la hora respectiva. El algoritmo finalizará cuando este haya generado el horario total.

RESULTADOS

Se obtendrá el Prototipo Inteligente para la Generación de Horarios, el cual buscará comunicarse con la base de datos del sistema automatizado que está implementando la DGEST en los Institutos Tecnológicos para obtener información de maestros, alumnos y carreras en tiempo real y de esta forma generar los horarios evitando la doble captura de información y los errores que conlleva esta práctica.

De esta manera se busca reducir el tiempo de la actividad de realizar horarios de una semana de 8 horas diarias por 5 días por cada Coordinador, a solamente 5 horas aproximadamente y lo podrá realizar una sola persona, lo que permitirá a los demás Coordinadores continuar con sus otras actividades.

BIBLIOGRAFÍA

- Zbigniew Michalewicz, David B. Fogel. *How to Solve It: Modern Heuristics*. Ed. Springer. 554 págs. 2010
- Kalyanmoy Deb. *Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms*. Ed. Wiley. 515 págs. 2004.
- Díaz Balladares Daniela Andrea, Fernández Olivares Boris Edgardo. *Resolución de un problema de optimización bi-objetivo a través de un algoritmo cultural*. 2010
- Landa Becerra Ricardo. *Algoritmos Culturales Aplicados a Optimización con Restricciones y Optimización Multiobjetivo*. 2002
- Yann Collette, Patrick Siarry (2002). *Multiobjective Optimization. Principles and Case Studies*.
- Cristóbal Romero, Pedro González y Sebastián Ventura. *Algoritmos Evolutivos*. Red Heur. 2011
- Claudia Rodríguez Lemus, Alberto Ochoa Zazzati. *Optimización del Servicio de Transporte Público en León, mediante la Implementación del Algoritmo de Colonia de Hormigas*. VI Verano Estatal de la Ciencia. Concejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato.
- José Manuel García Nieto. *Algoritmos Basados en Cúmulos de Partículas Para la Resolución de Problemas Complejos*

TECNOLOGÍA EDUCATIVA Y DE LA INFORMACIÓN

EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE INTERFAZ UTILIZADA PARA PRESENTAR DECLARACIÓN ANUAL POR INTERNET

M.C. Aída Lucina González Lara, M.C. Claudia García Ancira
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Universidad Autónoma de Nuevo León
aida.gonzalezlr@uanl.edu.mx, claudia.garciaa@uanl.mx

RESUMEN

En la actualidad es común el uso de sistemas interactivos por personas de diversas edades, culturas y habilidades; para que un sistema interactivo cumpla sus objetivos debe ser usable y, además, debido a la generalización del uso de las computadoras, accesible a la mayor parte de la población humana. En este trabajo se realiza una evaluación de usabilidad de una interfaz desarrollada por el SAT (Sistema de Administración Tributaria) para la elaboración de las declaraciones anuales de las personas morales, para dicha evaluación se hace un análisis de usuarios y tareas. El trabajo muestra un prototipo como resultado de la evaluación con usuarios utilizando la técnica *Thinking aloud* (Pensando en voz alta) y con las observaciones obtenidas mediante el análisis de un estudio de evaluación heurística.

ABSTRACT

Nowadays the use of interactive systems by people from diverse ages, cultures and abilities is common. In order for an interactive system to fulfill its objectives, it must be usable and, due to the generalization of the use of the computers, accessible to most of the human population. In this work an evaluation of usability of an interface developed by the SAT (Tributary Management System) for the elaboration of the annual declarations of moral people is done, for this evaluation an analysis of users and tasks is done. This work shows a prototype as a result of the evaluation with users using the Thinking aloud technique and with the observations obtained by the analysis of an of heuristic evaluation study.

INTRODUCCIÓN

Cuando los seres humanos y las computadoras interactúan, lo hacen a través de un medio o interfaz. Una interfaz es una superficie de contacto que refleja las propiedades físicas de los que interactúan, las funciones a realizar y el balance de poder y control [1].

La interfaz forma parte de un entorno cultural, físico y social y por tanto existen una serie de factores que debemos tener en cuenta en el momento de diseñarlas.

Para hacer sistemas interactivos hace falta [2]:

- Comprender los factores tales como psicológicos, ergonómicos, organizativos y sociales, que determinan como la gente trabaja y hace uso de los ordenadores y trasladar esta comprensión para
- Desarrollar herramientas y técnicas que ayuden a los diseñadores a conseguir que los sistemas informáticos sean los idóneos según las actividades a las cuales se quieran aplicar, para
- Conseguir una interacción eficiente, efectiva y segura, tanto a nivel individual como de grupo.

La utilidad de un sistema, como medio para conseguir un objetivo, tiene una componente de funcionalidad (la llamada utilidad funcional) y otra basada en el modo en que los usuarios pueden usar dicha funcionalidad que llamamos usabilidad [3].

Podemos definir la usabilidad como la medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado.

Los principios generales que se pueden aplicar a un sistema interactivo para mejorar la usabilidad son [4]:

- Facilidad de aprendizaje. Se refiere a que sea mínimo el tiempo necesario que se requiere desde el no conocimiento de una aplicación a su uso productivo. Esta característica permite que los usuarios noveles comprendan como utilizar inicialmente un sistema interactivo y, a partir de esta utilización, llegar a un nivel de conocimiento y uso del sistema máximo, para que el sistema sea fácil de aprender, éste debe ser sintetizable, es decir, el usuario tiene que poder evaluar el efecto de operaciones anteriores en el estado actual y familiar, dado que los nuevos usuarios de un sistema poseen una amplia experiencia interactiva con otros sistemas obtenida mediante la interacción en el mundo real y la interacción con otros sistemas informáticos. La familiaridad de un sistema es la correlación que existe entre los conocimientos que posee el usuario y los conocimientos requeridos para la interacción en un sistema nuevo.
- Consistencia. Representa un concepto clave en la usabilidad de un sistema informático. Un sistema es consistente si todos los mecanismos que se utiliza son siempre usados de la misma manera, siempre que se utilicen y sea cual sea el momento en que se haga.
- Flexibilidad. Se refiere a la multiplicidad de maneras en que el usuario y el sistema intercambian información.
- Robustez. La robustez de una interacción cubre las características para poder cumplir sus objetivos y su asesoramiento.

- Recuperabilidad. Es el grado de facilidad que una aplicación permite al usuario para corregir una acción una vez está reconocido un error.
- Tiempo de respuesta. Está representado por el tiempo que necesita el sistema para expresar los cambios de estado del usuario. Es importante que los tiempos de respuesta sean soportables para el usuario.
- Adecuación de las tareas. Grado en que los servicios del sistema soportan todas las tareas que el usuario quiere hacer y la manera en que éstas las comprenden.
- Disminución de la carga cognitiva. Los usuarios tienen que confiar más en los reconocimientos que en los recuerdos, no tienen que recordar abreviaciones y códigos muy complicados.

El diseño de sistemas interactivos implica realizar un diseño pensando en el usuario, centrando nuestro sistema de desarrollo en él e implicarlo tanto como sea posible, hasta pensar en incluir usuarios en el equipo de diseño.

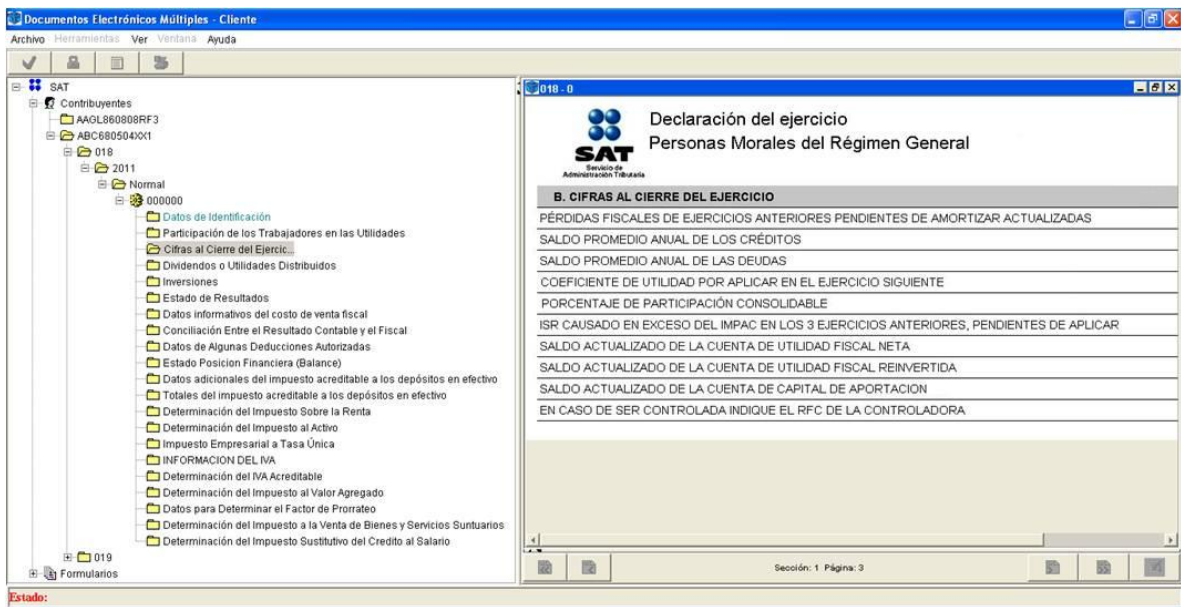
Las personas morales con fines de lucro, como las sociedades mercantiles, están obligadas a presentar la Declaración Anual durante el periodo de enero a marzo, para cumplir con esta obligación, el Servicio de Administración Tributaria (SAT) pone a disposición la Guía para elaborar y presentar por internet la Declaración Anual de 2010 con el programa DEM 2011, este programa facilita la elaboración de la declaración anual de las personas morales para que después pueda ser enviada desde la página del SAT, con el fin de facilitar los tiempos que se ocupan para tener que presentarse en las oficinas para el trámite de la declaración anual.

El sistema mencionado es una herramienta que puede ser descargada desde la página oficial del SAT [6,7].

Actualmente esta herramienta se encuentra en la versión del año 2011 (DEM Ver. 1.5.2), la cual sirve para elaborar y presentar la Declaración Anual de personas morales correspondiente al ejercicio fiscal de 2010 y hasta 2012. También puede ser utilizado por las empresas que entren en liquidación durante el 2011 para presentar la declaración correspondiente a este ejercicio.

El archivo DEM_2011.exe, incluye el sistema DEM, así como los formularios 18, 19, 20 y 21 para elaborar la declaración. El proceso de instalación se realiza automáticamente en la siguiente ruta de su disco duro c:\dem_11\anuales

Se cuenta con un manual de usuario [8], así como con su guía de instalación[9].



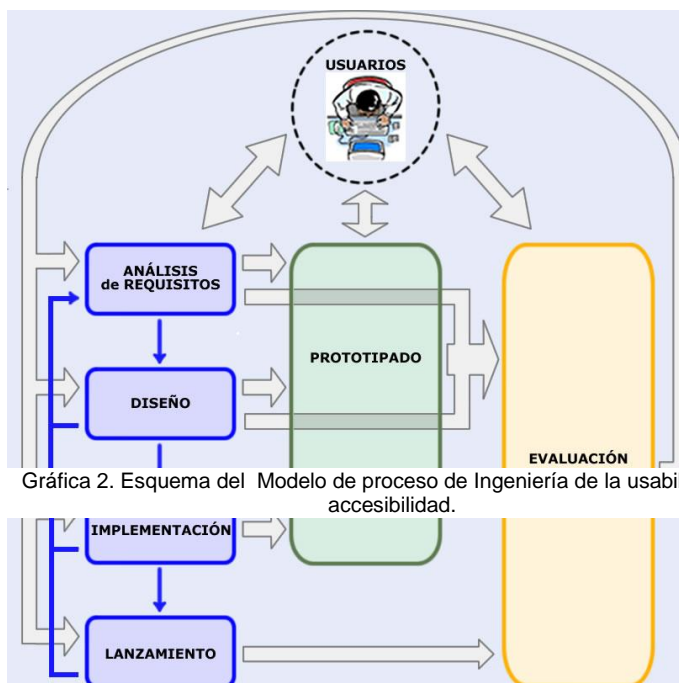
Gráfica 1. Impresión de pantalla de la aplicación DEM

METODOLOGÍA

MPIU+a (Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad) es una metodología para desarrollar un producto interactivo bajo los parámetros de la usabilidad y la accesibilidad [5].

Esta metodología consiste en una serie de actividades bien organizadas clasificadas como actividades estructuradas de los análisis de los requisitos de la usabilidad, actividades de soporte a una aproximación estructurada del diseño de la interfaz de usuario, actividades de evaluación de los objetivos de usabilidad mediante iteraciones en el diseño.

La Gráfica 2 muestra un esquema que refleja el Modelo de Proceso a seguir.



Gráfica 2. Esquema del Modelo de proceso de Ingeniería de la usabilidad y la accesibilidad.

En este trabajo se realiza una evaluación de usabilidad del sistema para la elaboración de las declaraciones anuales para las personas morales desarrollado por la Secretaria de Administración Tributaria (SAT), para dicha evaluación se hace un análisis de usuarios y tareas.

1.-Análisis de usuarios y tareas

El sistema DEM 2011 de la Secretaria de Administración Tributaria está accesible al público en general ya que puede ser descargado por cualquier persona, pero hace más énfasis en las personas morales, que están obligadas a presentar la declaración anual o contadores que presten este servicio.

El programa está disponible para la descarga desde la página de la institución, donde los usuarios que tengan la obligación de presentar la declaración anual pueden descargar el software para instalarlo en su ordenador o laptop. Así como también está disponible una guía para elaborar y presentar por internet la declaración anual con este programa.

Los usuarios que usarán la aplicación mencionada son todas aquellas personas morales con fines de lucro, como las sociedades mercantiles, que están obligadas a presentar su declaración anual, así como también contadores públicos (persona que presta el servicio de la elaboración de la declaración anual).

Después de analizar las características de los usuarios se encuentra que su edad está en un rango de 18 a los 60 años.

Estas personas morales necesitan ciertos documentos que son indispensables para elaborar un estudio de la situación financiera de la empresa, así como para realizar la declaración anual. Los documentos requeridos son:

Balanza de comprobación al 31 diciembre.
Integración de ingresos contables y fiscales.
Cédula de gastos de operación.
Cédula de gastos o productos financieros.
Clasificación de gastos.
Determinación de las deducciones autorizadas.
Estado de posición financiera (balance).
Estado de costo de ventas.
Estado de resultados.

Las Tareas a realizar dentro de la aplicación son:

1. Alta del contribuyente
2. Creación de la declaración dentro de la cual se debe llenar en los formularios la siguiente información
 - Datos de identificación
 - Estado de resultados
 - Estado de posición financiera (balance)
 - Inversiones

Conciliación contable y fiscal
Datos de algunas deducciones autorizadas
Datos adicionales del impuesto a los depósitos en efectivo (IDE)
Determinación del impuesto sobre la renta (ISR)
Impuesto empresarial a tasa única (IETU)
Determinación del impuesto empresarial a tasa única
Costo de ventas fiscal
Cifras al cierre del ejercicio
Participación de los trabajadores en las utilidades
Dividendos o utilidades distribuidos
Carpetas inhabilitadas
Determinación del Impuesto al Activo
Información del impuesto al valor agregado (IVA)

3. Validación de la declaración
4. Generación del paquete de envío (encriptación de la información)
5. Envío de la declaración al SAT por medio de la página

Después de que se haya realizado el envío del archivo correspondiente, se recibirá la confirmación de recepción y una vez validada la información por el SAT, se obtendrá acuse de recibo con cadena original y sello digital, y con ello se habrá concluido con la presentación de la Declaración Anual 2010 ante el SAT.

En caso de que hayan resultado cargos se debe realizar el pago a través de transferencia electrónica en el portal de internet del banco autorizado donde tenga la cuenta. Se tendrá por no presentada la declaración hasta que haya efectuado el pago correspondiente.

3.-Evaluación de Pruebas con el Usuario

Se realizó una prueba con usuario mediante el método "*Thinking Aloud*" ó pensar en voz alta, que consiste en pedir a los usuarios realizar una tarea de prueba y hablar con el evaluador mientras trabajan en ella, se pide que cuenten lo que están pensando: lo que están tratando de hacer, las preguntas que surgen a medida que trabajan, las cosas que leen.

Las pruebas se realizaron con dos usuarios.

Se elaboraron una serie de tareas a realizar por los usuarios para poder evaluar la usabilidad del sistema. La sesión "*Thinking Aloud*" siguió la metodología:

- a. Sesiones de 30 a 40 minutos para cada usuario.
- b. Se aplicó una encuesta al inicio para conocer al usuario.
- c. Se le explicó al usuario que se evaluaría a la aplicación y no a él.
- d. Se le dieron una serie de tareas al usuario, las cuales realizaría en la aplicación, pensando en voz alta.
- e. Los observadores no se encontraban para ayudar, sino para facilitar la evaluación.
- f. Se tomaron notas y se evaluó.

A continuación se muestra la información obtenida de las evaluaciones

- Participantes: 2 usuarios, un contador público y un ama de casa.
- Lugar y equipo: Domicilio de uno de los observadores; la prueba se realizó en un equipo con sistema operativo Windows XP, con 2 GB de memoria RAM, un disco duro de 70 GB, un procesador celeron y una pantalla con resolución de 1280 x 800.
- Tareas a realizar:
 - Creación de un contribuyente.
 - Creación de un formulario.
 - Elaborar una declaración.
 - Validación de la declaración
 - Generar un paquete de envío de la declaración.
 - Imprimir la declaración.
 - Exportar declaración.

Se realiza un resumen de resultados de las sesiones:

1. Durante el apartado de “crear” un formulario, se crea incertidumbre debido a que en la aplicación menciona una creación del formulario, cuando en realidad sólo se tiene que cargar el archivo dentro de la aplicación.
2. Dentro de la tarea de crear un formulario, dan a elegir varios tipos de formato donde no se añade una descripción del formato para saber cuál es el indicado.
3. Durante la tarea de elaboración de la declaración, se notó molestia de los usuarios debido al árbol de selección ,los usuarios comentaron que es un tanto incómodo maniobrar en la aplicación.
4. Durante la tarea de elaboración de la declaración, se notó duda en los usuarios debido a los mensajes de error en los sistemas, usuarios comentaron que no se expresaba información de ayuda para encontrar el error y que el léxico era algo incomprensible.
5. Al realizar la tarea de la validación de la declaración, se encontraron errores, se notó duda en los usuarios, comentaron que no tenía mucha descripción los errores encontrados.
6. En la tarea de validación de la declaración, usuarios comentaron que no tenía buena navegación para llegar al error mencionado.
7. Durante la tarea de generación de paquete de envío, se encontró que los usuarios no sabían qué parte del árbol seleccionar para poder general el paquete de envío.
8. Al imprimir la declaración, se notó inconformidad de los usuarios, debido a que la impresión de los campos donde se encuentran los datos era poco comprensible.
9. Durante la tarea de exportar declaración, se notó comentarios del usuario ya que no se puede poner algún nombre al archivo, ni ubicación de donde almacenarlo.

10. Durante la elaboración de las tareas asignadas, se trató de usar la ayuda pero no tenía ninguna información que realmente orientara al usuario.

4.- Evaluación sin usuarios

La técnica que se siguió para realizar la evaluación sin usuarios es la evaluación heurística, La evaluación heurística se lleva a cabo como una inspección sistemática de usabilidad de un diseño de interfaz de usuario. El objetivo de la evaluación heurística es encontrar los problemas de usabilidad en el diseño de modo que puedan ser atendidos como parte de un proceso iterativo de diseño. Para la evaluación heurística es necesario disponer de un pequeño grupo de evaluadores que examinan la interfaz y juzgan su conformidad con los principios de usabilidad reconocidos ("heurísticas") [10].

Se realizó la evaluación heurística siguiendo la Guía de Evaluación heurística para sitios web [11].

Se muestran en la Tabla 1 las conclusiones de los heurísticos controlados en esta evaluación, agrupados por categorías:

Tabla 1

Heurísticos	Resultado	Observaciones
Generales	3.0	Aunque la interfaz es sencilla en su diseño y contiene objetivos específicos, gran parte de la información no se muestra de forma precisa, y es complicada para el usuario.
Identidad e información	3.1	El logotipo y el uso se pierden en la aplicación, y faltan enlaces hacia el sitio web de la organización.
Lenguaje y redacción	2.5	En su lenguaje incluye tecnicismos que son complicados incluso para personas dentro de la rama.
Rotulado	3.5	Cada página tiene su título y están ordenadas según se deben llenar los datos de la declaración.
Estructura y navegación	2.6	La navegación de la aplicación se vuelve complicada debido al tamaño de la pantalla y la forma de acomodar la información en la aplicación, aun así hay varias formas de navegar en el sistema
Layout de la página	2.9	Hay ruido visual en la página debido a los contrastes de colores que utiliza ya que es molesta para la vista, no se aprovecha el tamaño de la pantalla dificultando el uso de la aplicación, ya que se junta el menú con la parte donde se debe llevar la información.
Búsqueda (en caso de ser necesaria)	NA	No aplica

Elementos multimedia	NA	No aplica
Ayuda	1.1	La única "ayuda" que aparece en la aplicación solo muestra la información del desarrollador, así como la versión, en ningún lugar aparece ayuda que realmente auxilie al usuario a manejar la aplicación, faltaría agregarle el manual de usuario o algún glosario de términos.
Accesibilidad	2.9	Las imágenes incluyen descripción Alt, así como en la página de inicio los colores no son adecuados, algunos textos son poco legibles.
Control y retroalimentación	3.3	Los mensajes de error no proporcionan información clara del error cometido ocasionando problemas a los usuarios para el manejo de la aplicación.

Tabla 3. Muestra el resumen de los resultados de la evaluación heurística.

Las propuestas de solución, tomando en cuenta la evaluación heurística son:

- Seleccionar colores adecuados y dejar espacios en blanco para descansar la vista
- Incluir en la sección de ayuda el manual de usuario del sistema
- Tomar en cuenta las diferentes configuraciones de la pantalla para no tener problemas con el manejo de la aplicación.
- Construir los textos con más legibilidad y utilizar un vocabulario menos técnico.
- Identificar el sistema con un logotipo más visible y que representa a la organización a la que pertenece.
- Mejorar la descripción de los errores e información de la manera de corregirlos
- Agregar opción de abrir documentos y de imprimir declaración.
- Quitar el menú de árbol para dejar más espacio al contenido de la página.
- Agregar conexión al sitio web para poder enviar las declaraciones desde el sistema.
- Quitar la opción de imprimir errores ya que no representa utilidad para los usuarios.

5.- Prototipos

Teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones se crearon prototipos mediante la herramienta justinmind [12] que es una herramienta de software utilizada para crear sitios interactivos. En las Gráficas 3 y 4 se muestran algunos de los prototipos construidos.



Gráfica 3. Prototipos de Pantalla de Bienvenida, Captura de Alta y Mensaje de validación



Gráfica 4. Prototipos de mensaje de error y de interfaz con descripción de errores.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se mostró a los usuarios los prototipos realizados y se muestran sus comentarios al respecto.

- Aprecian una interfaz más amigable para el manejo de la aplicación.
- Se nota el cambio en el léxico de la aplicación (mensajes de error, menú, ayuda) que contribuye a un mejor entendimiento de la interfaz.
- Muestran satisfacción por la inclusión de accesos directos de tareas básicas dentro de la aplicación para poder encontrar más fácilmente las tareas.
- Comentan notable mejoría en la tarea de imprimir declaración y era más legible el reporte.
- Incrementa la usabilidad la acción de enviar la declaración dentro de la misma aplicación, ya que se perdía mucho tiempo en acceder a la página y enviarla.

- Encontraron la sección de ayuda con más información para resolver los problemas o dudas durante el uso de la aplicación ya que se anexó el manual de uso.

La interfaz analizada es utilizada por muchas personas por lo que es importante que sea usable para permitir que las tareas se desempeñen de manera eficiente y que sea funcional y amigable para el usuario, es importante la realización de pruebas con los usuarios que utilizarán la interfaz de manera regular, no sólo por los desarrolladores de la interfaz. Mediante las pruebas con los prototipos el usuario notó grandes cambios ya que el uso de la herramienta era más sencillo, y se conoció que al agregar nuevas funcionalidades como el manual del usuario en la ayuda y enviar la declaración desde la misma aplicación, contribuyen a facilitar las tareas del usuario. Lo importante es identificar los aspectos que inciden en el mejoramiento de la usabilidad de las interfaces, que en ocasiones son simples, para implantarlos en el diseño

Se considera que si se invirtiera tiempo en conocer todos los aspectos relevantes y recomendaciones para elaborar una buena interfaz desde el diseño, así como el hacer pruebas con usuarios usando técnicas y prototipos sencillos antes de desarrollarla, se evitarían muchos retrabajos, y se obtendrían ahorros en los costos y tiempos de desarrollo así como en la implantación de la interfaz.

1. Laurel B. *The art of human-computer interaction*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1990
2. Preece J. *Human-computer interaction*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1994
3. Nielsen J. *Usability engineering*. AP Professional, Boston, MA, 1993
4. Dix A. et al. *Human computer interaction*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2003
5. Granollers T. et al. *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. UOC. España, 2005
6. Servicio de Administración Tributaria. (2010). Servicio de Administración Tributaria. Recuperado el 09 de Abril de 2011, de Servicio de Administración Tributaria: ftp://189.204.1.131/asistencia_ftp/programas/dem11/DEM_2011.exe
7. Servicio de Administración Tributaria. (2010). Servicio de Administración Tributaria. Recuperado el 09 de Abril de 2011, de Servicio de Administración Tributaria: ftp://ftp2.sat.gob.mx/asistencia_servicio_ftp/programas/dem11/DEM_2011.exe
8. Servicio de Administración Tributaria. (2010). Servicio de Administración Tributaria. Recuperado el 09 de 04 de 2011, de Servicio de Administración Tributaria: ftp://ftp2.sat.gob.mx/asistencia_servicio_ftp/programas/dem11/MUusuario_DEM_PM2011_1.5.2.pdf
9. Servicio de Administración Tributaria. (2010). Servicio de Administración Tributaria. Recuperado el 09 de 04 de 2011, de Servicio de Administración Tributaria: ftp://ftp2.sat.gob.mx/asistencia_servicio_ftp/programas/dem11/Manual_Instalacion_DEM_2011.pdf
10. Nielsen, J. *Heuristic Evaluation*.(2005). Recuperado el 12 de 03 de 2012, de useit.com: <http://www.useit.com/papers/heuristic/>
11. Hassan Montero, Y.; Martín Fernández, F.J.; (2003). *Guía de Evaluación Heurística de Sitios Web*. No Solo Usabilidad, nº 2 .ISSN 1886-8592
12. Justinmind. (2012). Recuperado el 12 de 03 de 2012, de justinmind: <http://www.justinmind.com/>

IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA EDUCATIVA DOKEOS EN LA SECCIÓN DE SECUNDARIA DE LA ESCUELA MODERNIZACIÓN EDUCATIVA DEL SURESTE.

L.C.C. Gilberto Alonso Uicab Burgos ¹, Ing. Aldryn Jesús Osorio Hernández. MSC.².
Modernización Educativa del Sureste AC ¹, easySOFT PC Soluciones Informáticas ².

guicabb@gmail.com ¹, aldryn@easysoftpc.com.mx ², aldryn@hotmail.com ².

RESUMEN

La incursión de nuevas tecnologías a las actividades diarias es inminente. El ámbito educativo es un lugar donde se puede sacar mucho provecho a la implementación de la misma. En los últimos años algunas instituciones han empezado a proponer cambios en su manera de transmitir conocimientos para tal fin han adoptado herramientas de comunicación como el internet en concreto plataformas educativas. La comunicación entre profesores, alumnos y padres de familia es importante y sobre todo si esa comunicación se adapta a las exigencias de disponibilidad de tiempo que se presentan en la actualidad. Los CMS (Sistemas de Gestión de Contenido) utilizando Internet, se empiezan a desarrollar para facilitar y forzar el conocimiento del alumno, sistema que provee de herramientas al maestro para crear un curso en línea aprovechando las ventajas que Internet ofrece, incluyendo además la restricción para que los alumnos inscritos en él puedan tener acceso a este material proporcionado por el profesor. El objetivo de este trabajo es implementar una plataforma educativa basada en Dokeos, la cual se utilice para apoyar a los profesores en su proceso de enseñanza y que además, permita a los alumnos de nivel secundaria reforzar el aprendizaje de un curso determinado.

ABSTRACT

The incursion of new technologies into daily activities is imminent. The educational field is a place where you can greatly benefit the implementation of it. In recent years some institutions have begun to propose changes in the way of transmitting knowledge to this end have taken communication tools like the Internet in particular educational platforms. Communication between teachers, pupils and parents is important and particularly whether or not it fits the availability requirements of time are presented today. The CMS (Content Management Systems) using the Internet, begin to develop and force to facilitate students' knowledge, a system that provides tools for the teacher to create an online course using the advantages the Internet offers, including also the restriction students enrolled in it can have access to this material provided by the teacher. The objective of this work is to implement an educational platform based on Dokeos, which is used to support teachers in their teaching process and also allows secondary level students reinforce the learning of a given course.

1. INTRODUCCION

La importancia que la Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) en diferentes ámbitos ha sido significativa. Con ella se ha acortado y disminuido la brecha digital en la mayoría de los países del primer mundo, desafortunadamente esto no ha sucedido en México debido a la resistencia al cambio generacional tecnológico por parte de las personas [20].

La educación es uno de los rubros en los cuales las TIC han tenido presencia, particularmente en México ha influido de manera importante con la aparición de Enciclomedia la cual ha resultado ser una buena herramienta de apoyo para la educación básica y media superior debido a su contenido interactivo, logrando con ello estimular al alumno de forma considerable en su aprendizaje.

Debido a los avances de las TIC, ahora es posible disponer de fuentes de información inaccesibles en otros tiempos, que residen en diversos lugares del mundo, muy lejanos entre si. Esta globalización del conocimiento se ha posibilitado gracias a nuevos paradigmas de gestión del conocimiento, nuevas tecnologías y nuevos medios de comunicación, que han surgido como resultado del desarrollo acelerado de la informática y la telemática. La educación necesita nuevos

paradigmas que han sido previamente vislumbrados por diversos pedagogos. Todo ellos promovieron una educación más libre, más centrada en el estudiante y sus necesidades y ritmos de aprendizaje más individualizados, interactiva, cooperativa, participativa y constructiva [7].

Así mismo, diversas instituciones, como la Universidad Nacional Autónoma de México han incorporado sistemas de educación de primera clase a su oferta educativa, actualmente se puede tomar bachilleratos, licenciaturas, cursos y diplomados de computación y telecomunicaciones, todos ellos vía Internet.

En la ciudad de Mérida algunas instituciones como la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y la Universidad Interamericana para el Desarrollo (UNID), una pública y la otra de carácter privado, disponen de plataformas educativas como apoyo para el desarrollo de sus planes de estudio.

Debido a la importancia del tema el presente trabajo tiene como objetivo presentar una propuesta para implementar una plataforma educativa basada en Dokeos, la cual se utilice para apoyar a los profesores en su proceso de enseñanza y que además, permita a los alumnos de nivel secundaria reforzar el aprendizaje de un curso determinado.

Para ello, se realizó una revisión documental y se analizó el caso de una institución educativa de carácter privado, presentando las ventajas que esta plataforma traerá al ser utilizada como una herramienta de gestión del conocimiento y de contenidos; esta idea está fundamentada con el fin de dar apertura a más jóvenes y personas mayores que desean estudiar un nivel profesional en horarios flexibles y que les permita engranar con sus actividades laborales si las tuviera.

2. INTERNET Y LAS APLICACIONES WEB 2.0

Uno de los elementos claves para lograr el desarrollo de la educación a distancia es el internet el cual surge a mediados de los 80's como resultado de la interconexión de ARPANET (Red de la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados) con la NSFNET (Red de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América), gracias al incremento exponencial del número de computadoras conectadas a ambas redes [21].

Este acontecimiento representa sin lugar a dudas el avance más significativo, el cual traería un sinnúmero de beneficios para la población mundial en general. En 1992 se crea la Sociedad de Internet la cual tendría como objetivo promover el uso de Internet alrededor del mundo; inicialmente Internet contaba con aplicaciones de: correo electrónico, noticias, conexiones remotas y transferencia de archivos.

Con el paso del tiempo más servicios fueron incorporándose entre ellos figuran: buscadores como AltaVista, Google, Yahoo, Bing; navegadores como: Netscape, Internet Explorer, Firefox, Opera, Google Chrome; Servicios de mensajería instantánea como el Messenger de Microsoft; salas de conversaciones y lo más reciente, la aparición de redes sociales.

Definitivamente el potencial de internet no quedó estancado en cuestiones de comunicación e información, fue más allá, alcanzó y empezó a tener presencia en la educación, área que hasta entonces requería de un maestro frente al pizarrón enseñando a sus alumnos el conocimiento que de él se desprende para que los alumnos adquirieran conforme a su criterio de asimilación. Es entonces que surge el paradigma de la gestión del conocimiento. El paradigma de la gestión del conocimiento no podía hacerse realidad sino como efecto del desarrollo de medios tecnológicos, basados en la comunicación mediante computadoras, que dan mayor poder al usuario sobre sus fuentes de información y conocimiento y sus posibilidades de aprendizaje. De esta forma la educación virtual apareció para hacer realidad ese paradigma tan anhelado por muchos educadores innovadores [21].

Un término que ha revolucionado la educación en línea es la Web 2.0, la cual subraya un cambio de paradigma sobre la concepción de internet y sus funcionalidades, que ahora abandonan su marcada unidireccionalidad y se orientan más a facilitar la máxima interacción entre los usuarios y el desarrollo de redes sociales donde puedan expresarse y opinar, buscar y recibir información de interés, colaborar y crear conocimiento, compartir contenido. Entre las aplicaciones se pueden distinguir [16]:

- Aplicaciones para expresarse / crear y publicar/difundir: Blog, Wiki

- Aplicaciones para publicar / difundir y buscar información: Podcast, YouTube, SlideShare.
- Redes Sociales: Google+, Second Life, Twitter, Facebook

Otras aplicaciones On-Line Web 2.0: Calendarios, Relocalización, libros virtuales compartidos, noticias, plataformas de teleformación, pizarras digitales colaborativas.

También existen los CMS (Sistemas de Gestión de Contenido), los cuales se empiezan a desarrollar para facilitar y forzar el conocimiento del alumno, sistema que provee de herramientas al maestro para crear un curso en línea aprovechando las ventajas que Internet ofrece, incluyendo además la restricción para que los alumnos inscritos en él puedan tener acceso a este material proporcionado por el profesor. Este tipo de herramientas CMS, se clasifican mejor como LMS (Learning Management System) y las plataformas más populares son Moodle y Dokeos.

3. LA PLATAFORMA DOKEOS.

Dokeos es un entorno de e-learning y una aplicación de administración de contenidos de cursos y también una herramienta de colaboración. Es software libre y está bajo la licencia GNU GPL, el desarrollo es internacional y colaborativo. También está certificado por la OSI y puede ser usado como un sistema de gestión de contenido (CMS) para educación y educadores. Esta característica para administrar contenidos incluye distribución de contenidos, calendario, proceso de entrenamiento, chat en texto, audio y video, administración de pruebas y guardado de registros. Hasta el 2007, estaba traducido en 34 idiomas (y varios están completos) y es usado (a septiembre de 2010) por 9900 organizaciones, según reporta el mismo sitio web de la empresa [2], medido sin filtrado de posibles duplicados.

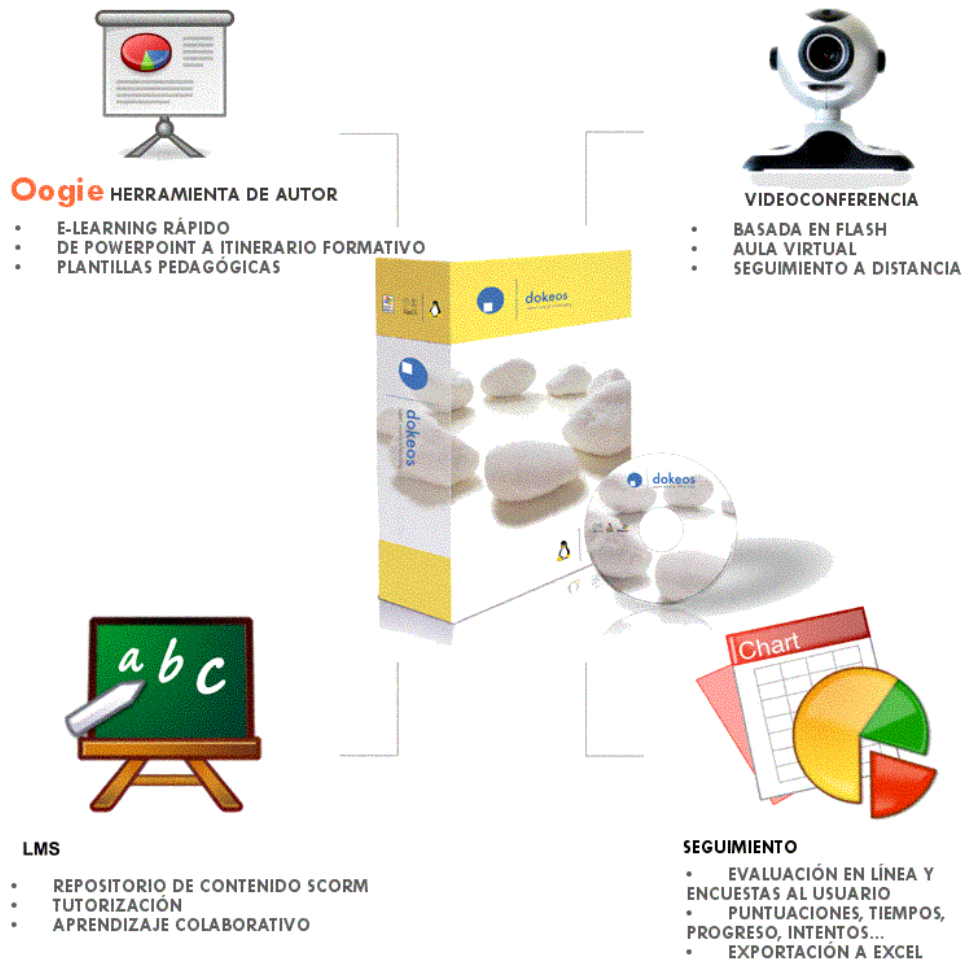


Figura 1. Algunas características de la plataforma Dokeos

Las herramientas disponibles dentro de la plataforma Dokeos son las siguientes:

- Lecciones SCORM.
- Producción de documentos basados en plantillas.
- Ejercicios: opción múltiple, llenado de espacios en blanco, cotejar alternativas, preguntas abiertas, hotspots.
- Interacción: foros, chats y grupos.
- Videoconferencia: vía Web.
- Conversión de presentaciones en PowerPoint e Impress a cursos en SCORM.
- Trabajos.
- Blogs.
- Agenda.
- Anuncios.
- Glosario.
- Notas personales.
- Red social.
- Encuestas.

- Autenticación vía LDAP y OpenID.
- Evaluaciones.
- Reserva de matrícula.
- Sesiones de usuario.

El diseño de Dokeos está basado en la pedagogía constructivista, el cual refiere que el conocimiento se adquiere mediante los propios medios del alumno y el docente solo funge como un medio para adquirirlo.

Las características esenciales de la acción constructivista son básicamente cuatro:

- Se apoya en la estructura conceptual de cada alumno, parte de las ideas y preconceptos que el alumno trae sobre el tema de la clase.
- Prevé el cambio conceptual que se espera de la construcción activa del nuevo concepto y su repercusión en la estructura mental.
- Confronta las ideas y preconceptos afines al tema de enseñanza, con el nuevo concepto científico que se enseña.
- Aplica el nuevo concepto a situaciones concretas (y lo relaciona con otros conceptos de la estructura cognitiva) con el fin de ampliar su transferencia.

Las condiciones necesarias para potenciar la enseñanza constructivista son:

- Generar insatisfacción con los prejuicios y preconceptos (facilitando que los alumnos caigan en cuenta de su incorrección).
- Que la nueva concepción empiece a ser clara y distinta de la vieja.
- Que la nueva concepción muestre su aplicabilidad a situaciones reales.
- Que la nueva concepción genere nuevas preguntas.
- Que el estudiante observe, comprenda y critique las causas que originaron sus prejuicios y nociones erróneas.

Actualmente la plataforma Dokeos[1] se utiliza en más de 5246 comunidades de aprendizaje alrededor del mundo, entre escuelas, institutos, empresas y centros de capacitación.

En México, Dokeos es utilizado en su mayoría en institutos tecnológicos y en universidades para impartir diplomados, cursos, certificaciones, estudios de postgrado.

El uso de esta plataforma, si bien no se ha popularizado en nuestro país según datos del sitio oficial de la plataforma educativa, ha venido creciendo debido al interés del profesor en mejorar la calidad de educación de sus educandos; así surge la idea de llevar esta manera de enseñanza a más personas. Dokeos es un sitio web con registro de usuarios, en donde cada usuario adopta un rol que le permite interactuar con la herramienta de distintas maneras.

La primera idea sobre esta plataforma es concebida como algo similar al sistema de enseñanza tradicional, en el que un año escolar costa varias asignaturas (los cursos) estructurados en sesiones o clases que consta de varias actividades de aprendizaje. Además como toda educación debe de ver dos papeles básicos, el del estudiante y el del profesor, donde el profesor será el creador del contenido del curso, propulsor de actividades, etc., y el alumno la persona que recibirá el conocimiento, realizará las actividades propuestas y finalmente, será evaluado.

4. CONSIDERACIONES DE SELECCIÓN DE PLATAFORMA DOKEOS SOBRE MOODLE.

Las consideraciones por las cuales se ha seleccionado a la plataforma Dokeos 1.8 sobre la plataforma Moodle 1.6, son las siguientes:

- Dokeos tiene disponible la opción de videoconferencia: Permite que un docente pueda transmitir vía una webcam. Además, puede transformar archivos de PowerPoint o Impress en presentaciones visibles para los alumnos. Sin embargo, estas características dependen de la implantación de un servidor Flash Red5.
- Dokeos tiene disponible la opción de buzón de tareas: Básicamente facilita el intercambio de archivos entre alumnos y el docente del curso: El creador del curso puede enviar

archivos a uno o a muchos estudiantes; los estudiantes pueden enviar archivos al creador del curso y también enviar archivos entre sí. Además, los archivos pueden incluir comentarios.

- En Moodle se ha descuidado la interfaz gráfica, la cual es mucho más rígida y menos amigable que la de Dokeos, que permite la total personalización de las portadas de los cursos en base a plantillas.
- Dado el enfoque pedagógico de Moodle, está diseñado para brindar todos los recursos y que el usuario decida cuáles de ellos utilizar. Esto puede derivar en confusión al comenzar a utilizar la plataforma. En el caso de Dokeos, está orientado a presentar las opciones de navegación de manera intuitiva, de manera que el usuario no es forzado a “aprender” a usar el sistema.
- En Moodle la creación y configuración de elementos está acompañada de multitud de opciones, las cuales, aunque cuentan con enlaces de ayuda, resultan excesivas. En Dokeos, los parámetros de los elementos son mínimos y comprensibles.

5. IMPLEMENTACIÓN DE DOKEOS EN MODERNIZACIÓN EDUCATIVA DE SURESTE AC.

Modernización Educativa del Sureste A.C., conocida con el nombre comercial Instituto México es una escuela que surgió como respuesta a las necesidades educativas de un amplio sector de la ciudad. De esta manera, la escuela comienza operaciones el 3 de septiembre de 1990 en una pequeña casa de la colonia García Ginerés. Dicha casa tenía cinco recámaras que fueron adecuadas como aulas y se construyó una oficina para diversas funciones. El Colegio comenzó con tan solo 40 alumnos en total en la sección preescolar y los dos primeros grados de primaria.

Como política de crecimiento, la escuela fue abriendo un grado más de primaria cada inicio de curso. En 1994, las instalaciones escolares resultaron insuficientes para el número de alumnos, alrededor de 85, por lo que se comenzó la construcción del nuevo plantel en la colonia Roma, con capacidad para 210 alumnos, y opción de crecimiento a casi 800.

En 1995, la Escuela estrenó las instalaciones más amplias, que permitieron seguir con la estrategia de crecimiento hasta completar la preparatoria en año 2000. A partir de ese momento se empieza a desarrollar un "Plan Estratégico de Crecimiento" para la construcción de áreas destinadas a cada sección.

En el curso 2004 - 2005, se pone al servicio de la comunidad educativa un nuevo edificio para preescolar y, en el curso 2006 - 2007, el de preparatoria.

A la fecha, la escuela cuenta con más de 6,500 metros cuadrados de edificio, áreas de esparcimiento y una población estudiantil de alrededor de 800 alumnos repartidos en las cuatro secciones educativas: preescolar, primaria, secundaria y preparatoria.

5.1. Instalación de la plataforma Dokeos.

El departamento de cómputo del Instituto México, propuso la realización de los cursos virtuales de las asignaturas de nivel escolar secundaria, con el principal objetivo de brindar un mejor seguimiento a cada uno de los alumnos de cada materia asignada y motivar al alumno a utilizar la tecnología computacional para mejorar su rendimiento académico.

La metodología que se utilizó para implementar la plataforma, se resume en los siguientes pasos:

1. Recopilación de Información de otras implementaciones vigentes en los ámbitos académicos.
2. Selección de alternativa de solución.
3. Determinación de los requerimientos.
4. Definición de los roles.
5. Elaboración de los cronogramas de trabajo.
6. Diseño de los cursos virtuales.
7. Personalización de la interface.
8. Instalación-configuración de la plataforma
9. Implementación de los cursos virtuales.

10. Prueba del piloto.
11. Entrega de informes y reportes.

La plataforma Dokeos (versión 1.8.) se instaló como sistema piloto en julio de 2011, y se instaló en Septiembre de 2011 como parte del servicio de intranet e internet del portal del Instituto México. Desde esta fecha, se ha capacitado a cerca de 12 profesores para el manejo de la plataforma, cursos y seguimiento de los mismos para la retroalimentación con los alumnos. Inicialmente los cursos realizados se han enfocado en asignaturas del plan de estudios de nivel secundaria, pero a partir de febrero de 2012, se han realizado cursos de temas de interés como tutoriales para el manejo de software de ofimática de Microsoft.

Estos últimos cursos tienen la finalidad de involucrar tanto a los alumnos como al personal docente, en una relación de enriquecimiento cultural sobre temas de actualidad utilizando las tecnologías de la información.

5.2. Análisis y diseño de la estructura de Dokeos.

Los cursos son la parte más importante de la estructura de Dokeos, son creados por los administrativos del sitio y dirigidos por los usuarios que se establezcan como profesores del curso. Para que un alumno, dado de alta en el sistema, pueda acceder a un curso debe estar inscrito en él, o dependerá si el curso es abierto al público en general, condiciones que serán dadas por el administrador o profesor. Cuando un administrador crea un curso, debe proceder a su configuración mediante un formulario proporcionado por Dokeos, en él que se establecen valores para distintos campos como, por ejemplo:

- Nombre y Apellido.
- Correo Electrónico.
- Usuario.
- Contraseña.
- Teléfono.
- Idioma.

Una vez que un curso es creado, la matriculación la puede llevar a cabo cada usuario de forma independiente o bien el propio administrador de forma masiva sobre un grupo de usuarios del sistema, definiendo qué usuarios serán profesores y cuáles serán alumnos.

Al implementar una plataforma educativa se obtendrán las siguientes ventajas:

1. Explotar herramientas orientadas a la educación las cuales se encuentran ampliamente relacionadas con la vida diaria de los alumnos.
2. Contar con un medio por el cual los alumnos puedan externar dudas y comentarios a través de los foros con los que cuenta la plataforma.
3. Disponer de contenido específico en línea y proporcionado por el profesor.
4. Crear un ambiente colaborativo para que los alumnos puedan construir su propio conocimiento.
5. Disponer de un historial de clases el cual pueda ser consultado por los alumnos que por alguna razón no puedan asistir a clase presencial.
6. Disponer de un canal más de comunicación en donde los papás puedan estar informados de las diferentes actividades académicas encargadas a los alumnos.
7. En caso de que algún profesor falte a su clase presencial, el material de clase ya estará disponible para que los alumnos no pierdan esa clase.
8. Contribuir para la conservación del medio ambiente al disminuir el número de horas necesarias para entregar tareas. Se podrá utilizar el apartado tareas de la plataforma para que los alumnos entreguen sus tareas.

9. Se podrá disponer de diferentes herramientas integradas a la plataforma para realizar repastos, evaluaciones o ejercicios de los temas vistos.

6. CONCLUSIONES.

La experiencia y el impacto de incorporar las TIC en los modelos de organización escolar son de muy distinta naturaleza según el tipo de centro, las capacidades del colectivo docente y el rol del equipo de dirección.

En la mayoría de los casos, las instituciones educativas ponen en marcha procesos de innovación mediante la incorporación de los recursos tecnológicos en función de las nuevas políticas públicas de inclusión de tecnología como instrumento para la mejora de la calidad educativa.

La problemática de las resistencias a las innovaciones no sólo deben ser estudiadas considerando los aspectos culturales, simbólicos o valorativos, sino que también es necesario relacionar los diferentes modelos de conducta (rechazo, bloqueo, aceptación, etc.) con los intereses sociales en disputa, siendo necesario profundizar sobre la dinámica del conflicto en el interior de las organizaciones; investigando las relaciones de poder entre los diferentes grupos que promueven o frenan los cambios, representando la perspectiva micropolítica, un enfoque valioso y convincente de la compleja vida cotidiana de las escuelas.

La escuela como institución debe repensar su modelo de gestión para responder a las nuevas exigencias de nuestra época. El lugar de la tecnología en los nuevos sistemas sociales y educativos es un hecho social objetivo. Aguerrondo [22], analizando este proceso, señala que "la inclusión de las TIC en la educación es sin duda uno de los grandes desafíos que enfrentamos en este momento de crisis y redefiniciones de nuestros sistemas escolares. La aceptación de que la tecnología en general, y la de la información y de la comunicación en particular, forman parte de nuestro mundo actual, están entre nosotros y, nos guste o no, vinieron para quedarse, con todo lo bueno y con todo lo malo que pudieran tener, es el punto de partida desde donde tenemos que pensar qué hacer dentro de la escuela".

A continuación se formulan las siguientes conclusiones:

- El uso de la guía didáctica del aula virtual, ha permitido, que la mayoría de los docentes accedan al aula virtual y generen un nombre de usuario y una clave de acceso sin dificultad, y valoran y protegen la clave de usuario para futuros ingresos.
- Se aprecia que la mayoría de los docentes participantes han logrado desarrollar la habilidad para identificar y ejecutar procedimientos de acceso a la plataforma virtual Dokeos, y agregar recurso y actividades en un curso virtual.
- Se aprecia que la mayoría de docente participantes han logrado desarrollar la habilidad reconocer los iconos de edición y utilizar herramientas de internet para agregar recursos en el aula virtual.
- La mayoría de docentes tienen habilidades para el uso de herramientas de la plataforma Dokeos, para elaborar lecciones de aprendizaje de un curso.
- La mayoría de docente posee capacidad de diseño y elaboración de Chat y foros de discusión y socialización de temas inherentes al curso.
- La mayoría de los docentes posee la capacidad para elaborar y editar la base de datos referidos a la matrícula, asistencia y evaluación del curso virtual instalado en la plataforma Dokeos.

Actualmente se están realizando encuestas a los docentes y alumnos para conocer realmente el grado de rendimiento que se está obteniendo en el uso de esta plataforma virtual en el Instituto México. Los puntos que se están evaluando en las encuestas son:

Aspectos de la ENSEÑANZA:
Enseñanza de las Ciencias
Enseñanza de la Matemática

Enseñanza en valores
Mejoras en el programa del curso
Enseñanza de la Lengua

Aspectos del APRENDIZAJE:
Valoración y respeto del conocimiento
Aprendizaje diferente
Respeto entre alumnos
Autonomía del alumno
Trabajo en equipo

Aspectos de índole SOCIAL:
Interés de los padres
Cuidado del recurso
Socialización
Impacto en la actividad económica
Impacto en lo social y cultural

De acuerdo a los resultados que se obtengan en estas encuestas, ayudaran a mejorar el aprovechamiento de los cursos actuales y para promover la implementación de nuevos cursos en diferentes niveles educativos del Instituto México.

7. RECOMENDACIONES.

Se debe planificar, organizar y ejecutar un programa de capacitación en el manejo de cursos en forma agresiva y continua; a fin de actualización a los docentes en el uso de la plataforma virtual Dokeos.

Institucionalizar el uso de la plataforma virtual en el desarrollo de los curso de todos los programas académicos del Instituto México.

Se debe ampliar las facilidades, principalmente en horarios, para que los profesores diseñen y programen cursos virtuales por especialidades.

Implementar un laboratorio de desarrollo de sistema Dokeos con el equipamiento y software adecuado.

Relacionar los cursos de la plataforma con las redes sociales (Facebook, Twitter, Google+1), en las cuales los alumnos se desenvuelven o están involucrados como parte de su vida cotidiana en la actualidad

REFERENCIAS

1. Rafael Flórez Ocho, Hacia una pedagogía del conocimiento, McGraw Hill, 1994
2. Sitio oficial Dokeos. <http://www.dokeos.com>
3. Aguilar, C. J.; Muños A. J. & Zechinelli, M. J., (2004), "Administración de contenidos digitales mediante objetos de aprendizaje", [en línea] , Disponible en: <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/colecciones/documentos/somece/16.pdf>.
4. Almenara, J. C. (2005). "Las TICs y las Universidades: retos, posibilidades y preocupaciones." Revista de la Educación Superior 34(3): 77-100.

5. Bautista, G. (2006). Didáctica universitaria en entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje.
6. Boneu, J. M. (2007). "Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos." *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, RUSC* 4(1): 8.
7. Carabantes, D., A. Carrasco, et al. (2005). "La innovación a través de entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje." *RIED. Revista iberoamericana de educación a distancia* 8(1-2): 105-125.
8. Dans, E. (2009). "Educación online: plataformas educativas y el dilema de la apertura." *RUSC. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento* 6(1).
9. Martínez, S., (2000), "Impacto de la informática en la educación". Universidad Virtual. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), [en línea] Actualizado: Agosto, 2001. Disponible en: http://www.ciberhabitat.gob.mx/universidad/u_informatica/eadei/eadei.htm
10. Duart, J. (2003). "Educar en valores en entornos virtuales de aprendizaje: realidades y mitos." Consultado en mayo 10: 2006.
11. Duart, J. M. and A. Sangrà (2000). "Formación universitaria por medio de la web: un modelo integrador para el aprendizaje superior." *Aprender en la Virtualidad*: 23-49.
12. Gayol, Y. (1997). "Las universidades internacionales, un fenómeno reciente de la realidad virtual." *Revista de la Educación Superior* 26(104).
13. López Alonso, C. and A. Séré (2004). "Entornos formativos en el ciberespacio: las plataformas educativas." *Español actual: Revista de español vivo* (82): 9-20.
14. Moncada, O. J. M. (2008). "Moodle y Dokeos. Dos plataformas de software libre para la educación a distancia."
15. Montero, F. J. G. (2008). "Plataforma virtual DOKEOS."
16. Gisbert, M., (1999). "El profesor del siglo XXI: de transmisor de contenidos a guía del ciberespacio". En: Cabero, Julio et al. *Nuevas Tecnologías en la Formación Flexible y a Distancia*, Sevilla. Editorial Kronos.
17. Salinas, J. (2004). "Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria." *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, RUSC* 1(1): 3.
18. Sangrà, A. (2001). *La calidad en las experiencias virtuales de educación superior*.
19. Silvio, J. "Tendencias de la educación superior virtual en América Latina y el Caribe." *La educación superior virtual en América Latina y el Caribe*: 5.
20. Silvio, J. (2001). *Universidades virtuales en Iberoamérica*.
21. Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras*, Pearson educación.
22. Aguerro, Inés. (2007). *Las TIC: del aula a la agenda política*. Buenos Aires: IIPE-UNESCO.

LA ESTADÍSTICA INFERENCIAL APLICADA A LAS PREFERENCIAS ELECTORALES

M.A. Roger Alberto Gamboa Salazar, M.C. Landy Elena Ávila Ancona.

Instituto Tecnológico de Mérida. Calle 60 Norte, carretera Mérida Progreso, s/n, C.P: 97118. Mérida, Yucatán, Méx.

Correos Electrónicos: laser15mx@gmail.com (Roger Alberto Gamboa Salazar);
landyelena15@gmail.com (Landy Elena Ávila Ancona)

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la investigación basada en la elaboración de un muestreo sobre preferencias electorales, para el curso de Estadística Inferencial I que se imparte en la carrera de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Mérida. Para llevarlo a cabo los alumnos aplicaron técnicas de Muestreo y Estimación de Estadística Inferencial, para la selección de una muestra aleatoria de habitantes de la ciudad de Mérida, utilizando como referencia el directorio telefónico de la ciudad, ya que la aportación obtenida de este trabajo de investigación enriquecerá el perfil en el que se desea formar al alumno, de acuerdo al enfoque de Competencias para dicha carrera, relacionadas con la solución de necesidades que involucren la toma de decisiones en el campo profesional.

ABSTRACT

The present work describes the use of several Statistical Tools such as sampling, Hypothesis testing and so on. It was done during the current semester by the students enrolled in the course "Estadística Inferencial I" (Inferential Statistics) within the career of Industrial Engineering of the ITM (Technological Institute of Merida). We attempted to find out the political preferences for the city of Merida using the white section of the phone book and using an system that creates an aleatory selection of the people to be interviewed. We believe that such a study would provide the student a richer profile of the use of such tools and would make them more competent when facing real life situations and decision making issues.

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es resultado de esfuerzo conjunto de dos maestros que imparten el curso de Probabilidad y Estadística en el Instituto Tecnológico de Mérida, en las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

El propósito del estudio es el de elaborar un muestreo de preferencias electorales, el cual arrojará beneficios múltiples para el alumno, ya que el manejo y la aplicación a la práctica de la herramienta de la Estadística Inferencial, fortalecerá su preparación en el área de las Ciencias Básicas en su carrera, aunado a su participación activa en este proyecto, les dará la visión para poder elegir el área en la que pudieran incursionar en el campo laboral en un futuro cercano y así desempeñarse

competitivamente, pudiendo obtener ingresos económicos acordes a su capacidad en la toma de decisiones y al logro de la calidad en su trabajo profesional.

2 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La enseñanza de las Matemáticas siempre ha sido un tema muy discutido, tanto por profesionales como por estudiantes. El índice de reprobación en este rubro es muy alto, tanto en el nivel básico como en el bachillerato y aun en las licenciaturas. Profesores e investigadores, autoridades educativas, están preocupados por encontrar alternativas de enseñanza aprendizaje y lograr hacer más efectivo el aprendizaje de las matemáticas, además de lograr que este sea significativo.

El uso de técnicas de investigación de campo, para la educación ha mostrado buenos resultados en la adquisición de habilidades y aprendizaje de conceptos, por lo que sería conveniente averiguar en un segundo estudio, el grado en que la aplicación de las técnicas del Muestreo y Estimación en un caso real de la sociedad, ayudaría a aumentar el grado de aprovechamiento en el tema de Muestreo y Estimación del curso de probabilidad y Estadística que se imparte en la carrera de Ingeniería Industrial y así contribuir a disminuir el índice de reprobación en el alumno.

3 MARCO DE REFERENCIA

En el ámbito internacional somos un país con democracia emergente no totalmente consolidada, se han destinado grandes presupuestos con la creación de IFE, la credibilidad en nuestra democracia no es total y lo que se ha logrado es una partidocracia, los partidos políticos detentan el poder porque son los que llevan a los candidatos a gobernar. En el exterior los inversionistas están pendientes de que tengamos una democracia para poder invertir.

En el ámbito nacional, esta es una elección muy importante el partido PRI fue derrocado, el cual ya esta consciente que tiene que estar cerca del pueblo y el PAN entendió que gobernar con tantos vicios del sistema es muy difícil como por ejemplo en el congreso, por eso el sistema no permite que aunque gane un partido el poder, no puede hacer cambios en el sistema de fondo por los vicios.

El PRD como fuerza de izquierda, es la única opción que se pinta con un drástico cambio, que radicalmente pudiera en determinada instancia cambiar algo, y porque es el campo macroeconómico el que presume de sus avances, pero en el microeconómico este avance no se refleja en los ingresos económicos, léase bolsillo de las personas, en el ambiente macroeconómico se ha extendido la brecha entre los más ricos y los más pobres y ha aumentado el nivel de pobreza en el que viven las personas con menos de un salario mínimo por mes, de pesos mensuales.

En el ámbito local sucede algo similar al resto del país, se percibe una gran expectativa por parte de la ciudadanía por el futuro electoral del gobierno municipal y estatal. En este 2012, el proceso electoral que se avecina en el que se va a elegir nuevos gobiernos tanto estatal como municipal, congreso del estado, diputados federales y senadores va a marcar decididamente si la ciudadanía mantiene el rumbo (el PRI gobernaría a nivel estatal y municipal) o decide cambiar el rumbo y elige otro partido para gobernar en estas instancias.

Es por eso que se ha decidido hacer una encuesta que equivale a una foto o imagen que muestra las preferencias electorales, específicamente para el municipio de Mérida, la cual será levantada del 5 de marzo al 23 de marzo del 2012, período en el cual ya están definidos los candidatos a contender por la alcaldía en los tres principales partidos (PRI, PAN, PRD)

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Conocer las preferencias ciudadanas antes del inicio de las campañas de proselitismo que se inician en cuanto a los partidos que van a contender, tratando al mismo tiempo de identificar si algún grupo de edad muestra una preferencia por algún partido específico.

5 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Desconocemos el sentir de la ciudadanía respecto hacia su preferencia a un partido u otro y queremos que los alumnos del grupo de Probabilidad y Estadística conozcan de primera mano la aplicabilidad de esta asignatura en la resolución de casos de la vida real, ya que este recibe durante su formación profesional un sinnúmero de herramientas y modelos matemáticos y le es difícil determinar cuándo se usa cada uno de éstos.

Trataremos durante el curso de este estudio resolver ambos cuestionamientos, por un lado determinar las preferencias electorales, ya que éstas determinarán el tipo de gobernantes que tendremos durante los siguientes años y que nos afectarán a todos como sociedad y por el otro le provereemos al estudiante de ingeniería la competencia requerida para enfrentar este tipo de cuestionamientos con las debidas herramientas y modelos matemáticos.

A nivel local, hay un proceso muy interesante porque marca un parte aguas, ya que la ciudadanía va a decidir si mantiene el cambio del rumbo iniciado en los gobiernos estatal y municipal (esto es el PRI se mantiene en el gobierno en ambos ámbitos) o regresa a gobernar el partido que estuvo durante 4 o 5 trienios (el PAN)

6 HIPÓTESIS

El supuesto inicial es: Los electores en la ciudad de Mérida votaran una mayoría de ellos por el partido acción nacional (PAN), para gobernar el Municipio de Mérida en las próximas elecciones del mes de Julio de 2012. Asimismo se establece la hipótesis alterna que esto no sea así.

7 METODOLOGÍA

En reuniones de academia se analiza la problemática de la reprobación en el curso de Probabilidad y Estadística y se decide la aplicación de este estudio que cubra el contenido del tema de Muestreo y Estimación, a manera de prueba, ya que más adelante se aplicarían otras técnicas de Estadística Inferencial para las demás unidades aplicando otros casos de investigación de campo. Por lo que se plantean las acciones que han de desarrollarse, incluyendo el proceso del método estadístico del muestreo para este estudio.

Para la elaboración de la investigación referente a “La Estadística Inferencial aplicada a las Preferencias Electorales”, se tomó en consideración a primera instancia, la Competencia Específica de la unidad de Estadística Inferencial, enmarcada en el programa de la materia de Probabilidad y Estadística de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Mérida, la cual consiste en: Conocer y aplicar diversas técnicas de muestreo y estimación para su aplicación en situaciones específicas, relacionadas con la Ingeniería Industrial.

También se tomó en consideración las actividades de Enseñanza sugeridas por el maestro, contempladas en la Instrumentación didáctica de la materia, siendo las siguientes: seleccionar los problemas que se encomendará resolver a los alumnos; criterios de selección: de lo simple a lo complejo, motivadores, representativos de la unidad, que incluyan situaciones reales y propicien la estructuración de los contenidos y la relación de éstos con los de otras asignaturas del plan de estudios; que propicien el uso de las nuevas tecnologías (procesador de texto, hoja de cálculo,

base de datos, internet y software); diseñar y desarrollar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, el trabajo colaborativo y la toma de decisiones; diseñar y desarrollar actividades de meta cognición, de búsqueda, selección de análisis de información en distintas fuentes; diseñar instrumentos de evaluación y de registro de resultados para cada actividad realizada, que incluya reportes escritos de las observaciones y conclusiones realizadas durante su ejecución; las discusiones en clase y la selección de las tareas encomendadas se centrarán en lo general, en el desarrollo del razonamiento lógico probabilístico y predictor y los procesos meta cognitivos involucrados; en lo particular se centrarán en: el análisis de las técnicas de muestreo, sus diferencias y aplicaciones en situaciones específicas, especialmente en el área de Ingeniería Industrial; la determinación de intervalos de confianza, errores y tamaños de muestra.

En segunda instancia se tomo en cuenta para la selección del tema (según lo indica anteriormente la actividad de enseñanza sugerida), que el tema estuviera inmerso en una situación real actual, y que fuera de interés para los alumnos, para que lo hicieran significativo para ellos, ya que esto auguraría una mayor probabilidad de éxito en los resultados estadísticos obtenidos; para lo cual se les aplicó a los alumnos de dicha materia un sondeo y se detectó que el tema de “Preferencias Electorales” es de de sumo interés para ellos y para la sociedad en general también, ya que este año 2012 en especial es un año electoral, donde los resultados obtenidos definirán el rumbo económico y social de nuestro País. Por lo tanto los logros obtenidos de este estudio enriquecerán el perfil del alumno, conforme al enfoque de Competencias para dicha carrera, que se relacionan con la solución de necesidades que involucren la toma de decisiones en el campo de la Ingeniería Industrial.

En tercera instancia se tomo en consideración que para propiciar el Desarrollo de las **Competencias Genéricas**, es necesario seguir un proceso para el logro de éstas, dentro de las cuales se encuentran las siguientes: **Competencias Instrumentales:** Capacidad de análisis y síntesis, capacidad de organizar y planificar; conocimientos generales básicos; conocimientos básicos de la carrera; comunicación oral y escrita en su propia lengua; habilidades básicas de manejo de la computadora; habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas; solución de problemas; toma de decisiones. **Competencias Interpersonales:** capacidad crítica y autocrítica; trabajo en equipo; habilidades interpersonales. **Competencias Sistémicas:** capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica; habilidades de investigación; capacidad de aprender; capacidad de adaptarse a nuevas situaciones; capacidad de generar nuevas ideas (creatividad); habilidad para trabajar en forma autónoma y búsqueda del logro

Durante el transcurso del semestre Enero-Junio y como parte de la asignatura Estadística Inferencial impartida en la Carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Mérida se propone realizar un estudio de las preferencias electorales.

Para hacer esto posible se tiene que:

- Encontrar el modelo matemático que defina el tamaño de la muestra requerida.
- Definir la metodología a fin de garantizar que esta muestra sea aleatoria.
- Definir el alcance y lugar del estudio.
- Definir las preguntas a formular.
- Tabular las respuestas.
- Dar las conclusiones que resulten de dicho análisis.

Para estimar el tamaño de muestra necesario para realizar una encuesta electoral se debe de aplicar la siguiente fórmula:

$$n = ((Z^{**2}) * p * q) / e^{**2} \quad (1)$$

Donde:

- n= Tamaño de la muestra,
- z= 1,96 para el 95% de confianza, 2,56 para el 99%
- p= Frecuencia esperada del factor a estudiar
- q= 1- p
- e= Precisión o error admitido

El valor de n obtenido por medio de esta fórmula, indica el tamaño de la muestra para una población infinita, a efectos prácticos se considera población infinita cuando la muestra supone menos del 5% de la población total. De esta forma Z es el nivel de confianza deseado i.e., para un 95% de nivel de confianza Z toma un valor de 1.96, p es el valor del porcentaje esperado del experimento, en este caso ya que solo son dos partidos políticos (Acción Nacional y Revolucionario Institucional) los que tienen mas posibilidades de triunfar, se determina entonces que p= 0.5 y q = 0.5.

Así también se establece un error admitido de un 3% y después de hacer el cálculo en la fórmula (1):

$$n = ((1.96^{**2}) * (.5 * .5)) / (.03^{**2})$$

n=1,067

Una vez determinada la cantidad de la muestra, se procederá a sistematizar la obtención de dicha muestra para lo que se elaboraran 8 tablas provenientes de la función RANDOM del programa de la hoja de calculo de Microsoft Excel. Ver Tabla IV.

Tabla I

Número	Letra	Número	Letra
00	A	45	Ñ
01	B	46	O
02	C	47	P
03	CH	48	Q
04	D	49	R
05	E	50	S
06	F	51	T
07	G	52	U
08	H	53	V
09	I	54	W
10	J	55	X
11	K	56	Y
12	L	57	Z
13	LL	58	A
14	M	59	B

15	N	60	C
16	Ñ	61	CH
17	O	62	D
18	P	63	E
19	Q	64	F
20	R	65	G
21	S	66	H
22	T	67	I
23	U	68	J
24	V	69	K
25	W	70	L
26	X	71	LL
27	Y	72	M
28	Z	73	N
29	A	74	Ñ
30	B	75	O
31	C	76	P
32	CH	77	Q
33	D	78	R
34	E	79	S
35	F	80	T
36	G	81	U
37	H	82	V
38	I	83	W
39	J	84	X
40	K	85	Y
41	L	86	Z
42	LL	87	Na
43	M	88	Na
44	N	99	Na

Tabla I. Asignación de letras del apellido

Los dígitos 87-99 no se utilizarán ya que causaría que ciertas letras tengan mayor probabilidad de ser elegidas que otras por lo que estos no se aplicarán. Por ejemplo en la tabla I referida, de la primera fila y primera columna tenemos el número 10480 por lo que corresponderá la letra J de apellido y la posición 480 de dicho directorio.

Se realizarán llamadas telefónicas con el siguiente formato:

- Se presentara el encuestador como integrante del grupo de “Estadística Inferencial” de la Carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Mérida.
- Se explicara brevemente el motivo de la encuesta.
- Se hará énfasis en la aleatoriedad del estudio y se asegurara el anonimato de las respuestas así obtenidas.
- Se obtendrán las respuestas a:
 1. Género del entrevistado
 2. Edad del mismo
 3. Preferencia electoral por la Presidencia Municipal de la Ciudad de Mérida (pudiendo esta ser PRI, PAN, PRD, OTRO e INDECISO).

4. En caso de que dicho teléfono se encuentre desconectado, fuera de servicio o simplemente no obtener contestación se procederá a tomar el siguiente número de la guía y así hasta obtener una llamada exitosa. Se tendrá especial cuidado en obtener la edad siendo la mínima para ser encuestada la edad mínima para votar o sea 18 años cumplidos al 01 de Julio de 2012.

Para asegurar que la muestra sea aleatoria una vez calculada la cantidad de la muestra, se optó por usar los números aleatorios derivados de la función aleatoria del programa Microsoft Excel 2007, que proporciona números de hasta 8 dígitos, de los cuales los dos primeros corresponderán a la letra del abecedario de acuerdo a la tabla I de esta investigación, los tres siguientes corresponderán al orden que guardan en la sección blanca del directorio telefónico de la ciudad de Mérida.

Una vez que se conoce el apellido y posición que guarda en el directorio se procede a determinar el número de teléfono al cual se hará la encuesta a la persona que conteste la llamada, los encuestadores proceden a levantar la encuesta asegurándose que la encuestada tenga al menos 18 años cumplidos, asegurándole a la misma que la encuesta será totalmente anónima esto para contribuir a que la respuesta a la misma, sea lo mas honesta posible. De no obtener respuesta en la primera se elige el número siguiente en la guía así hasta obtener una encuesta exitosa (o con respuestas).

Tabla II

Género	Edad	PRI	PAN	PRD	OTRO	INDECISO
M	25		X			
F	45					X

M= Masculino F= Femenino

Tabla II. Formato de encuesta

Esta metodología fue elegida en base a las limitaciones en tiempo y recursos, y dadas las condiciones socioeconómicas de los encuestadores que fueron los mismos estudiantes de la asignatura los cuales levantaron las encuestas vía telefónica, después de determinar la letra y la posición del encuestado en la guía telefónica (sección blanca) de la ciudad de Mérida.

8 CONCLUSIONES

Los resultados que se obtuvieron son los siguientes según la tabla III siguiente:

Podemos observar que con un 39.46 % el partido del PRI obtuvo una preferencia mayor, lo cual rechaza nuestra hipótesis inicial o nula que establecía el que el partido acción nacional contaba con la mayor preferencia electoral, y nos conlleva a aceptar la hipótesis alterna que en este caso es una mayor preferencia electoral hacia el partido revolucionario institucional (PRI).

Observemos que el PAN obtuvo el segundo lugar con un 33.36 % y el PRD quedo en tercer lugar con un 13.40 %, sin embargo estos valores podrían variar ya que tenemos 8.90 % de encuestados que aún no deciden a quien le otorgarían su preferencia.

9 ALCANCES Y LIMITACIONES

Los logros obtenidos de este estudio son claros y precisos dados los parámetros de intervalos de confianza y error (95 %, 3%) que se establecieron inicialmente, esto manifiesta la importancia de aplicar las herramientas matemáticas adquiridas, acerca de cómo calcular el tamaño de la muestra en un proyecto de investigación.

Dentro de las limitaciones del estudio podemos mencionar que la sección blanca de la guía telefónica proveniente de la compañía Telmex podría no representar cabalmente a la población de la ciudad de Mérida por dos motivos: el primero es que no todos los ciudadanos cuentan con servicio telefónico y la segunda es que si cuentan con servicio telefónico éste lo podría proporcionar otra empresa diferente de Telmex a la cual no tuvimos acceso a dicho listado, cabe mencionar que estas otras empresas representan solo un pequeño porcentaje del total de los teléfonos que si están con Telmex.

Tabla III

		PRI	PAN	PRD	OTRO	INDECISO	TOTAL
1		19	14	9	4	4	50
2		22	20	4	2	1	49
3		17	14	9	6	4	50
4		24	18	4	0	4	50
5		23	19	6	0	2	50
6		18	24	7	0	2	51
7		25	21	6	0	0	52
8		28	17	5	0	0	50
9		19	18	7	3	6	53
10		13	13	16	10	8	60
11		17	16	5	2	10	50
12		20	21	1	3	5	50
13		15	19	9	4	3	50
14		19	14	7	3	7	50
15		27	13	5	3	2	50
16		23	11	5	0	11	50
17		16	18	7	3	7	51
18		12	15	12	4	7	50
19		18	15	3	0	5	41
20		22	18	8	1	1	50
21		24	18	8	4	6	60
22							0
23	SUBTOTAL	421	356	143	52	95	1067

24	PORCENT	39.46%	33.36%	13.40%	4.87%	8.90%	100.00%
----	---------	--------	--------	--------	-------	-------	---------

Tabla III. Tabulación de preferencias electorales

Tabla IV

0.80084944	0.42511633	0.83532317	0.25626614	0.56648008	0.20120613	0.39652703	0.05738762
0.5367135	0.45403847	0.36711348	0.2765651	0.17574693	0.87856298	0.76474305	0.09469497
0.40758246	0.16245252	0.89251173	0.15925092	0.98724484	0.27524664	0.08327647	0.34538741
0.87478098	0.05676414	0.96620671	0.71079835	0.50824193	0.69062816	0.77831314	0.85296303
0.91052481	0.83484135	0.1852035	0.92059961	0.49983804	0.60831911	0.70300395	0.2214397
0.15250968	0.46229702	0.41321493	0.42907672	0.3189269	0.06473335	0.15688125	0.65794793
0.29968038	0.425268	0.30013706	0.48950979	0.89411914	0.79894052	0.95905291	0.4275247
0.05224996	0.7663254	0.53830843	0.03898205	0.11308251	0.72319254	0.27155884	0.62411999
0.61050891	0.66397853	0.55972258	0.40086434	0.25325764	0.94350205	0.42484066	0.10677376
0.94947053	0.65161153	0.31378052	0.34163494	0.70637935	0.78314987	0.34037807	0.82728168
0.68469939	0.8933879	0.82953661	0.20708149	0.38936501	0.70276141	0.09227166	0.46752315
0.49404054	0.44789892	0.5165078	0.89418963	0.27452045	0.91722159	0.23133102	0.49505317
0.04368709	0.63207369	0.06238274	0.75795085	0.34998773	0.8482975	0.85637968	0.98000383
0.05220933	0.29361231	0.15682091	0.8715216	0.83322633	0.75804582	0.60223234	0.8372409
0.72280063	0.25620528	0.53022193	0.23989002	0.80311787	0.8576629	0.28863484	0.32243382
0.08881584	0.84143696	0.73940603	0.33192301	0.70709936	0.64997259	0.55859103	0.43363867
0.29754691	0.03536505	0.01932895	0.17399283	0.87214304	0.01247963	0.80960348	0.14682611
0.25079309	0.35851019	0.10754699	0.94434306	0.071876	0.13146179	0.98937465	0.27487541
0.60405071	0.1004799	0.34286745	0.95722163	0.70183398	0.39323686	0.93704133	0.00253939
0.60186045	0.01320122	0.90113184	0.99974731	0.52458252	0.53647561	0.39303794	0.15625579
0.77598723	0.08198093	0.86306288	0.21186726	0.33159223	0.5659477	0.08196027	0.76657781
0.30043714	0.81872195	0.07253068	0.06198845	0.13842818	0.38943362	0.46647221	0.03572779
0.92778424	0.16295194	0.53978378	0.00909626	0.74867262	0.97266759	0.23666783	0.41892425
0.15441868	0.12542059	0.96398061	0.81578139	0.15021329	0.16734128	0.75103302	0.67770237
0.55079267	0.58429441	0.53375745	0.47658569	0.29166638	0.4077946	0.99717407	0.23089621
0.53639144	0.58918741	0.19177324	0.78370248	0.10852167	0.78629148	0.51605971	0.07457073
0.22997662	0.36201684	0.61477558	0.34648942	0.23050208	0.18191457	0.74474179	0.15216926
0.30539268	0.74224549	0.21872886	0.81086558	0.83432082	0.44522675	0.51761974	0.66927886
0.32453997	0.15101363	0.02895593	0.18626151	0.23758872	0.71137248	0.57061724	0.34526116
0.40992861	0.20499391	0.75833902	0.48649782	0.50236467	0.34112633	0.98608125	0.68213404
0.31569061	0.15140967	0.05196143	0.86626366	0.4606714	0.2026892	0.00506306	0.98714658
0.40594651	0.83553311	0.28620609	0.21220113	0.18979294	0.68992346	0.37755467	0.09815855
0.38237963	0.19799502	0.01781832	0.64546002	0.82336218	0.540351	0.50571259	0.64068048
0.68787457	0.98122003	0.85109881	0.88516012	0.69788258	0.27160445	0.54507038	0.37120377
0.418112	0.45890728	0.09015458	0.46397053	0.92803173	0.35177108	0.43009872	0.67674423
0.74751607	0.37802349	0.16561527	0.0159563	0.51475266	0.0407224	0.84410683	0.15905456

0.65744248	0.54453426	0.95236126	0.83720727	0.69922136	0.05558183	0.03027507	0.58201668

Tabla IV. Números aleatorios Microsoft Excel

10 REFERENCIAS

- 1** Douglas C. Montgomery, *Control Estadístico de Calidad*, (Editorial Limusa), Tercera Edición.
- 2** Tamaño de la muestra.
Enric Mateu 1, Jordi Casal
CReSA. Centre de Recerca en Sanitat Animal / Dep. Sanitat i Anatomia Animals, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193-Bellaterra, Barcelona, 2003.
- 3** *Sección blanca del directorio telefónico de la ciudad de Mérida Yuc. Año 2011*
- 4** *Función random de software Microsoft Excel 2007*

MODELO DE ASISTENTE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES EN PYMES

Ricardo Armando Barrera Cámara, Fernando Enrique Sánchez Martínez, Claudia Judith Zavala González, Margarita Méndez Zamora
Universidad Autónoma del Carmen
rbarrera@pampano.unacar.mx, fsanchez@pampano.unacar.mx, kitty_clau_@hotmail.com,
mmendez@delfin.unacar.mx

Resumen: Las pequeñas y medianas empresas hoy en día se encuentran en gran auge. Las Pymes, económicamente forman parte importante de los ingresos a nivel nacional. Muchas de ellas han surgido por necesidad, atendiendo necesidades de manera empírica; encontrando aquí los profesionales en TI un área de oportunidad. Podemos ofrecer las herramientas para que cualquier persona relacionada con una Pyme pueda mejorar la productividad y competitividad de su negocio. Es por eso que la finalidad de esta investigación es guiar a cualquier persona relacionada con las Pymes en la elección de herramientas tecnológicas

1 INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia que tienen las Pymes para la vida económica de México y de las posibilidades que en la actualidad ofrece el gobierno y las diferentes instituciones públicas destinadas a el progreso de las Pymes, es bien sabido que presentan problemas internos, así como externos. Los factores internos se deben a la carencia de organización, retrasos tecnológicos, falta de capacitación del personal, así como a la escasez de recursos financieros. Los factores externos en gran medida se relacionan con la falta de acceso al financiamiento, las tasas de interés no competitivas, entre otros.

En Ciudad del Carmen, se cuenta con una incubadora de Pymes [1], la cual ofrece ayuda a los emprendedores que desean implementar una y es ahí donde podemos ver los problemas con los que se enfrentan para tener éxito, el problema más visible es el de la utilización de herramientas tecnológicas.

El propósito de esta investigación se da por el notable número de Pymes que en la actualidad hay en México, en especial en Ciudad del Carmen, en donde son una parte importante de la economía. Por estudios previos, se ha identificado el escaso o nulo uso de las herramientas tecnológicas, dependencia de los recursos del núcleo familiar, es decir, el equipo de cómputo que se usa es el de el hijo o el propio, pero no se invierte en un equipo especializado; así mismo, el mantenimiento y/o la administración de la información lo hace una persona a veces con el mínimo de conocimientos en computación [2]. Esto último no quiere decir que esté mal, sino que de esta forma los avances tecnológicos que en la actualidad hay, pasan desapercibidos.

Este trabajo tiene como finalidad, diseñar un modelo para identificar las necesidades de las Pymes; se pretende proporcionar herramientas adecuadas para brindar un mejor servicio, aprovechar sus recursos y ampliar su competitividad ante otras empresas.

2 REPOSITORIOS

Un repositorio es un sitio centralizado donde se almacena y mantiene información digital, habitualmente bases de datos o archivos informáticos, se divide en tres diferentes tipos [3]:

- *Repositorios de software:* Contiene una subclasificación que depende del licenciamiento, ya sea licencia privada o licencia libre.
- *Repositorios institucionales:* Es desarrollado y usado por organismos políticos, sociales y educativos, permitiendo a sus miembros archivar materiales en formato digital, a disposición del público

- *Repositorios temáticos*: Se caracterizan por almacenar y proporcionar acceso a la producción académica de un área temática particular.

En el caso del repositorio de software se refiere a almacenar herramientas informáticas en un mismo sitio, siendo esta su característica más notable, ya que de esta manera una Pyme puede añadir las herramientas tecnológicas de una manera profesional y dirigida a su sector, sin tener que guiarse por el aprendizaje empírico.

3 METODOLOGÍA SEGUIDA

Una vez que hemos definido el término de repositorio, se ha realizado una identificación de los repositorios de software orientados a las Pymes, con el fin de saber el estado actual, además de saber cómo están organizados y que tan accesibles son para el usuario.

3.1 Identificación de repositorios de software orientados a las Pymes

Se identificaron 8 repositorios disponibles en la web, que se describen a continuación:

- *Software Shortlist* [4]. Este repositorio cuenta con un directorio de software, artículos expertos y reseñas de software para la administración de una empresa. Su característica más relevante es la atención personalizada vía telefónica para cubrir las necesidades de un sistema mayor.
- *SourceForge* [5]. Cuenta con 10 categorías y una de ellas es destinada a las empresas, ofrece cerca de 42,915 opciones de software libre.
- *CESLCAM* [6]. Contiene un análisis de aplicaciones, artículos tecnológicos, cursos, documentación, guía de referencia tecnológica y un observatorio de TIC'S. Sus siglas significan "Centro de Excelencia de Software Libre Castilla-La Mancha".
- *Herramientas para pymes* [7]. Es un repositorio que orienta a las personas con ganas de emprender una Pyme, ya que hay artículos relacionados con las herramientas tecnológicas, así como un comparador de software.
- *IBM* [8]. IBM Express Advantage es el portafolio de productos y soluciones de IBM diseñado para ayudar a las Pymes a resolver problemas, trabajar con mayor productividad y aprovechar oportunidades. En este sitio se comercializa los software de IBM, pero cabe mencionar que presenta software a bajo costo que son especialmente dirigido a las Pymes. Ofrece versiones de prueba.
- *Repositorio Software Libre de Venezuela* [9]. Es un espacio colaborativo de referencia, donde se encuentran y promueven aplicaciones, herramientas y proyectos en TI, que son desarrollados en Software Libre bajo estándares abiertos, de utilidad e interés para la administración pública y las comunidades organizadas.
- *OpenPyme* [10]. Es un catálogo de software libre donde se recopilan, de forma categorizada, productos sólidos y fiables que pueden incorporarse en cualquier ámbito productivo de una empresa, mejorando así su gestión y competitividad gracias a la inclusión de herramientas TIC.

3.2 Evaluación y análisis de repositorio de software

Ya que fueron identificados los repositorios de software se procedió al análisis y evaluación de los mismos con base a los requerimientos de los usuarios (véase Tabla I).

Derivado de la búsqueda, análisis y evaluación de los repositorios de software se llegó a la conclusión de que en México no existen repositorios de software libre para PYMES y los repositorios disponibles en la web, no se encuentran homogenizados. Todos ofrecen diferentes servicios y no tienen como objetivo principal el apoyo a las pymes, sino que las consideran tan solo como una categoría.

Tabla I

No.	Característica	Software Shortlist	SorceForge	CESLCAM	Herramientas para Pyme	IBM	Repositorio de Software de Venezuela	OpenPyme
1	Idioma	Inglés	Inglés	Español	Español	Español	Español	Español
2	País	Estados Unidos	Estados Unidos	España		América Latina	Venezuela	España
3	Categorización	x	x	x	x	x	x	x
4	Comparador	x	-	-	x	x	-	-
5	Software libre	x	x	x	x	-	x	X
6	Usabilidad	Buena	Regular	Regular	Buena	Buena	Regular	Buena
7	Formulario	x	-	-	-	-	-	-
8	Soporte técnico	x	-	x	x	-	-	X
9	Artículos	-	-	x	-	-	-	-
10	Especificaciones	-	-	x	-	x	x	x
11	Cursos	-	-	x	-	-	-	-
12	Video-tutoriales	-	-	x	-	x	-	-
13	Demos	-	-	x	-	-	-	-
14	Documentación	-	-	x	-	-	-	-
15	Conteo de descargas	-	-	-	-	-	x	x

Tabla I. Comparativa de repositorios de software

Dichos repositorios al no ser orientados directamente a las PYMES presentan poca o nula información acerca de las aplicaciones disponibles produciendo aún más confusión entre los usuarios, ya que no todos los propietarios de PYMES tienen conocimiento de cómo usar las herramientas tecnológicas. Sin embargo, con esta comparación hemos podido determinar que los requerimientos que un repositorio orientado a pymes y usuarios con poca experiencia tecnológica debe cumplir son:

- *Especificaciones del software elegido.* En este punto se requiere una breve descripción, así como su compatibilidad con que sistemas operativos, requerimientos de hardware,

- funciones del software, entre otros.
- *Idioma español*
 - *Opinión del usuario.* Se debe contar con una opción para calificar el software elegido y comentarios de los usuarios que han descargado y utilizado la herramienta, con la finalidad de orientar a otros usuarios y evaluar la utilidad de la aplicación.
 - La disponibilidad de *tutoriales y video-tutoriales* que apoyen al usuario en la instalación y uso de la herramienta, hacen más accesible y satisfactoria la experiencia con el software.
 - *Licenciamiento.* Uno de los grandes problemas que enfrenta una Pyme es la limitación en recursos financieros, por lo que fomentar el uso de software libre es en definitiva una gran idea.
 - *Capacitación.* La difusión de cursos mediante este repositorio, sería también una gran aportación, ya que la UNACAR a lo largo del año ofrece diversos cursos en todas sus facultades y en especial en su facultad de Ciencias de la Información, la cual podría dar un apoyo extra alentando a sus alumnos a ser quienes impartan cursos de dichos herramientas.
 - *Categorización.* En el caso de las categorías, en vez de que haya una categoría destinada a empresas, que esas categorías también sean por el giro de la empresa y/o funcionalidad.

4 MODELO DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS PYMES

Para la identificación de las necesidades de las Pymes, se llevó a cabo una encuesta a los propietarios de Pymes de la comunidad, la cual consta de 4 secciones:

- *Datos de la empresa.* Se solicitaron los datos generales de la empresa, así como el número de empleados que laboran ahí y el sector económico al que pertenece.
- *Utilización de herramientas informáticas.* En este apartado, se indagó el estado actual en cuanto a tecnología se refiere, el hardware que tienen en uso, así como el software.
- *Utilización de telecomunicaciones.* Se recaudó información con respecto a la disponibilidad y explotación de las telecomunicaciones.
- *Financiamiento.* Se identificó la fuente financiamiento de la Pyme.

Evaluando los resultados obtenidos, se observó que las necesidades de cada Pyme, están relacionadas con el tipo de sector en el que se desenvuelven. Es decir, que una Pyme del sector comercio no podría utilizar las mismas herramientas tecnológicas, ni recibir el mismo tipo de capacitación que las del sector de servicios, ya que hay variaciones significativas en la administración, funciones y el número de personal requerido.

La respuesta que obtuvimos de las empresas encuestadas fue la necesidad de ser capacitados y orientados en las herramientas tecnológicas. Con lo que se comprobó la necesidad de implementar este proyecto y del éxito que obtendrá.

4.1 Diseño de perfil

Todos los sectores tienen necesidades de herramientas tecnológicas, en general todos usan sistemas operativos, ofimática, antivirus y correo electrónico.

Para el sector comercio se recomendarían software para el control de clientes, para el control de ventas, de inventario, así como de comunicaciones.

En el caso del sector industria, se requieren software para la comunicación entre usuarios, el manejo de base de datos, etc.

El sector de servicios hace uso de herramientas para realizar páginas web, compresores de archivos, etc.

5 MODELADO DE LA INTERFAZ DEL ASISTENTE

Con base en los resultados se determinó que las secciones disponibles en la interfaz del asistente del repositorio web que se ofrecerá en México son las siguientes:

- Registro
- Formulario de datos generales de la empresa
- La clasificación que se hará en el menú principal será:
 - Oficina
 - Comunicación
 - Seguridad
 - Utilidades
 - Diseño
- De acuerdo al formulario rellenado al inicio de la sesión, las opciones que se presentarán serán relacionadas con el sector al que pertenecen, de esta manera las opciones señaladas ahorrarán tiempo al usuario en base a su elección.

6 CONCLUSIONES

Este proyecto de investigación está ligado a otros, que persigue el objetivo de hacer más competitivas a las Pymes, así como para explotar todos sus recursos. En el caso de esta investigación se ha logrado identificar las necesidades de las Pymes en cuanto a tecnología se refiere y así establecer un modelo que de acuerdo al tipo de sector de la Pyme, recomiende las herramientas tecnológicas que puede usar para obtener más ganancias y administrar sus recursos, sin invertir más dinero, ya que se implementaría el uso del software libre o de bajo costo.

Este proyecto se complementa con el desarrollo de otros asistentes que apoyan a la Universidad Autónoma del Carmen, a través del Centro de Innovación y Liderazgo en la asesoría, seguimiento y capacitación de los micro y pequeños empresarios de la ciudad.

Referencias

1. **Centro de Innovación y Liderazgo.** Universidad Autónoma del Carmen. 2012. [URL:<http://www.unacar.mx/contenido/extension/cdn.html>]
2. **Barrera R., Sánchez F., Méndez M., Pérez J.** “*Software libre una alternativa tecnológica para las Pymes*”. CONIEEM 2011. ITMérida ISSN 1665-0271. P. 351
3. **Edukanda.** “*Tipos de repositorios*”. Guadalinfo 2012. España. [URL:http://www.edukanda.es/mediatecaweb/data/zip/1317/page_03.htm]
4. **Software Shortlist.** 2008 – 2012. Software Shortlist Pty Ltd. Australia. [URL:<http://www.softwreshortlist.com/>]
5. **Sourceforge.** *Open Source Software for Business and for Life.* 2012. Geeknet, Inc. [URL:<http://sourceforge.net/>]
6. **CESLCAM.** *Centro de Excelencia de Software Libre de Castilla-La Mancha.* 2012. Fundación Parque Científico y Tecnológico de Albacete. España. [URL:<http://www.ceslcam.com/>]
7. **Borrego D.** *Herramientas para pymes.com.* Borrego, consultoría, capacitación y negocios. México. [URL:<http://www.herramientasparapymes.com/>]
8. **IBM.** 2012. México. [URL:<http://www.ibm.com/mx/es/>]

TICS Y SOFTWARE LIBRE: ANÁLISIS DEL POTENCIAL EDUCATIVO DE RECURSOS LIBRES PARA WINDOWS Y LINUX

MTA Carlos Miguel Amador Ortíz
Instituto Tecnológico Superior de Puerto Vallarta
carlosmiguel82@yahoo.com.mx, carlos.amador@tecvallarta.edu.mx

RESUMEN

En este escrito se hace una reflexión sobre el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) y el software libre para fines educativos, específicamente de los recursos educativos del centro de software de Ubuntu y del repositorio cdlibre para el sistema operativo windows, con el fin de analizar su potenciales académicos y beneficios para Universidades e Instituciones de Educación Superior. Se conceptualizan las TICs, y se hace un análisis de su importancia actual en el ámbito educativo; se plantean los postulados del software libre; se hace una breve descripción de las distribuciones GNU/Linux, en particular Ubuntu; posteriormente, se hace una caracterización general del centro de software de Ubuntu, y la descripción del repositorio cdlibre.org para Windows; y por último, se concluye con algunas reflexiones del tema, con énfasis en la realización de un análisis comparativo de las opciones de software libre para Windows y Ubuntu, y sus potenciales educativos.

PALABRAS CLAVE

Tecnologías de la Información y comunicación
Software libre
Ubuntu software center
Recursos educativos

ABSTRACT

In this paper reflects on the use of Information Technologies and Communication Technologies (ICTs) and free software for education, specifically Ubuntu software Center's educational resources and windows (free) applications, in order to analyze their academic potential and benefits for Universities and Institutions of Higher Education. ICTs are conceptualized, and an analysis of current importance in education, are raised the tenets of free software and a brief description of GNU / Linux, particularly Ubuntu, then, becomes a general characterization of Ubuntu software center, and the description of free educational applications for Windows, and finally, we conclude with some thoughts of the subject, with emphasis on conducting a comparative analysis of free software options for Windows and Ubuntu.

KEYWORDS

Information and communication technologies
Free software
Ubuntu software center
Educational resources

1. CONCEPTUALIZANDO LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

Los vertiginosos avances tecnológicos en las áreas de la informática y comunicación, así como su rápido acceso, uso y adopción en la sociedad a finales del siglo XX han ocasionado la Revolución Digital, que caracteriza a la denominada sociedad de la información, transformando rápidamente todos los ámbitos: sociales, productivos, educativos, políticos, etc.

La generación constante de una gran cantidad de información, y el fácil acceso de la población, así como la revolución de las comunicaciones a través de diferentes medios, son algunas características de la sociedad de la información, en donde la generación del conocimiento es una de los principales valores para la creación, innovación, reestructuración y desarrollo de las actividades productivas del ser humano.

Con una determinante influencia en la generación de la sociedad del conocimiento surgen las TICs (Tecnologías de la información y comunicación), que son denominadas como el conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de informaciones, en voz, imágenes y datos contenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética [11].

Son tres los dominios a los que se refieren las TICs:

- Gestión de la información a través de la computadora.
- Control y automatización de máquinas, herramientas y procesos.
- Innovación de las comunicaciones a través de diferentes medios.

2. LAS TICS EN LA EDUCACIÓN

Los ámbitos educativos han sido principalmente influenciados por la gestión de la información a través de la computadora, y por las mejoras en el área de la comunicación; algunas de las principales aportaciones a los ámbitos educativos son:

- Aplicaciones de software que facilitan la gestión de la información a través de medios digitales, como es el caso de los programas de oficina, procesadores de texto, hojas de cálculo, etc.
- El uso de Internet que permite el acceso a una enorme cantidad de información que se actualiza constantemente, además de la generación de medios alternos de comunicación en tiempo real y asincrónico que han detonado en nuevas modalidades de estudio (semipresenciales, online o a distancia) a través de plataformas educativas.
- Las aplicaciones multimedia, y el hipertexto que combinan texto, imagen, audio y video, y propician un medio con una variedad de estímulos con un alto potencial para generar aprendizajes.
- Tutoriales, simuladores, bases de datos, bibliotecas virtuales, foros, sistemas de información geográfica, wikis, blogs, son algunas otras aportaciones que se han sumado a los procesos educativos y se han hecho posibles por los avances de las TICs

El uso de las TICs ha transformado por completo la práctica docente, facilitando los procesos académicos desde la planeación, la impartición de clases, y los procesos de evaluación; el surgimiento de estas nuevas tecnologías, han hecho necesario el replanteamiento y surgimiento de nuevos métodos de enseñanza y modelos pedagógicos para el estudio de las tecnologías para el aprendizaje.

Particularmente, es una prioridad de las instituciones de educación superior el formar estudiantes competentes en el uso de las TICs, que respondan a las necesidades del entorno y del sector productivo de la sociedad del conocimiento, y que sean capaces de usar las TICs en sus ámbitos de formación profesional y personal, para lo cual, es indispensable que los docentes propicien los escenarios pedagógicos propios de su praxis que faciliten la innovación y mejora de los procesos educativos, pero también la adopción y apropiación exitosa de las TICs por parte de los alumnos.

3. DEL SOFTWARE LIBRE

A diferencia del software propietario en el que el desarrollador (sea persona física o moral), a través de instancias legales protege sus derechos de autor de donde se derivan las regulaciones que permiten obtener beneficios económicos exclusivos de la venta y distribución de licencias (o permisos) para instalar y usar un software (generalmente en una sola pc), al que acceden los usuarios (quienes tienen limitaciones, de acuerdo a las especificaciones del autor, para usarlo, modificarlo o redistribuirlo); de acuerdo a las especificaciones de la Free Software Foundation Europe (FSFE), esta se basa en 4 principios [9]:

- *1. La libertad de ejecutar el programa para cualquier propósito.*

FIJAR RESTRICCIONES AL USO DEL SOFTWARE LIBRE, TALES COMO RESTRICCIONES DE TIEMPO («30 DÍAS DE PERÍODO DE PRUEBA», «LA LICENCIA EXPIRA EL 1º DE ENERO DE 2004»), DE PROPÓSITO («SE OTORGA PERMISO PARA INVESTIGACIÓN Y USO NO COMERCIAL» O «NO SE PUEDE USAR PARA COMPARARLO CON OTROS PRODUCTOS») O DE ÁREAS GEOGRÁFICAS («NO DEBE SER USADO EN EL PAÍS X») HACE QUE UN PROGRAMA NO SEA LIBRE.

2. LA LIBERTAD DE ESTUDIAR CÓMO FUNCIONA EL PROGRAMA Y DE ADAPTARLO A SUS NECESIDADES.

FIJAR RESTRICCIONES LEGALES O PRÁCTICAS SOBRE LA COMPRESIÓN O MODIFICACIÓN DE UN PROGRAMA, COMO LA OBLIGACIÓN DE COMPRAR LICENCIAS ESPECIALES, LA FIRMA ACUERDOS DE NO DIVULGACIÓN O PARA LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN QUE TIENEN MÚLTIPLES FORMAS O REPRESENTACIONES AÑADIR DIFICULTADES A LA COMPRESIÓN Y EDICIÓN DE UN PROGRAMA (DEL CÓDIGO FUENTE) CON EL OBJETIVO DE QUE SEA INACCESIBLE, TAMBIÉN HACE QUE EL SOFTWARE SEA PRIVATIVO (QUE NO SEA LIBRE). SIN LA LIBERTAD DE MODIFICAR UN PROGRAMA, LOS USUARIOS CONTINUARÁN A MERCED DE UN ÚNICO PROVEEDOR.

3. LA LIBERTAD DE REDISTRIBUIR COPIAS, PARA QUE PUEDA AYUDAR AL PRÓJIMO EL SOFTWARE PUEDE SER COPIADO Y DISTRIBUIDO VIRTUALMENTE SIN COSTE. SI A NO SE LE PERMITE DAR UN PROGRAMA A QUIEN LO NECESITE, ENTONCES ESE PROGRAMA NO ES LIBRE. ESO PUEDE HACERSE POR UN PRECIO, SI ASÍ LO DESEA.

4. LA LIBERTAD DE MEJORAR EL PROGRAMA Y PONER LAS MEJORAS A DISPOSICIÓN DEL PÚBLICO, PARA QUE TODA LA COMUNIDAD SE BENEFICIE.

NO TODOS LOS PROGRAMADORES ESTÁN CAPACITADOS EN TODOS LOS CAMPOS. Y LA GRAN MAYORÍA DE LOS USUARIOS DE SOFTWARE NO SABEN PROGRAMAR. ESTA LIBERTAD PERMITE A AQUELLOS QUE NO TIENEN EL TIEMPO O LAS HABILIDADES PARA RESOLVER UN PROBLEMA, PUEDAN ACCEDER INDIRECTAMENTE A LA LIBERTAD DE MODIFICACIÓN. ESTO PUEDE HACERSE POR UN COSTE.

Por lo tanto, todo software libre posee estas características basadas en los 4 principios, que permitan al usuario ejecutarlo y usarlo libremente sin restricciones de tiempo, ubicación geográfica, o propósito; además, redistribuir copias (incluso por un precio), de adaptar el software, modificarlo y mejorarlo sin restricción alguna. Las libertades antes mencionadas quedan explícitas en las licencias propias del software libre (GPL, AGPL, estilo BSD, estilo MPL y copyleft) en que se regulan legalmente los permisos y derechos que otorga el autor al usuario.

4. DISTRIBUCIONES GNU/LINUX, UBUNTU Y EL CENTRO DE SOFTWARE

Se conoce como distribuciones GNU/linux a los sistemas operativos que funcionan con un núcleo o kernel libre similar a Unix, y que fue iniciado por Linus Torvalds (quien en 1991 liberó la primer

versión del núcleo), y se desarrollo por la fusión de dicho núcleo en 1992 con GNU (proyecto dirigido por Richard Stallman que tenía como fin el desarrollo de un sistema operativo libre basado en Unix) que aportó diversas aplicaciones para hacer un sistema estable y funcional.

Actualmente el proyecto de GNU/Linux cuenta con una variedad importante de distribuciones de software libre, algunas son soportadas por empresas y organizaciones, así como también por una comunidad de programadores que apoyan sin fin de lucro los proyectos de software libre, tales como: Ubuntu, Debian, Opensuse, Red hat, Mandriva, Fedora, Slackware, Gento, Archlinux, Mint, etc.

Ubuntu, considerada actualmente una de las más populares distribuciones de GNU/Linux, es un sistema operativo patrocinado por Canonical Ltd (empresa privada del área de informática), basado en la distribución debian, y que tiene como meta ofrecer una alternativa con facilidad y libertad de uso, lanzamientos regulares y facilidad de instalación.

Esta distribución GNU/linux es iniciada (y financiada a través de Canonical Ltd.) por el empresario Mark Shuttleworth, y está inspirado en el movimiento sudafricano Ubuntu encabezado por el obispo Desmond Tutu, Premio Nobel de la Paz 1984, por sus luchas contra el Apartheid. El término ubuntu proviene del concepto Zulú y Xhosa, que significa: “humanidad hacia otros”, o “yo soy porque nosotros somos”.

La filosofía de Ubuntu [17], cuyo slogan es “linux para seres humanos”, tiene como principios:

- 5. UBUNTU SIEMPRE SERÁ GRATUITO, Y NO HABRÁ UN COSTE ADICIONAL PARA LA «EDICIÓN PROFESIONAL»; QUEREMOS QUE LO MEJOR DE NUESTRO TRABAJO ESTÉ LIBREMENTE DISPONIBLE PARA TODOS.**
- 6. PARA HACER QUE UBUNTU PUEDA SER USADO POR EL MAYOR NÚMERO DE PERSONAS POSIBLE, UBUNTU EMPLEA LAS MEJORES HERRAMIENTAS DE TRADUCCIÓN Y ACCESIBILIDAD QUE LA COMUNIDAD DEL SOFTWARE LIBRE ES CAPAZ DE OFRECER.**
- ✧ **UBUNTU PUBLICA DE MANERA REGULAR Y PREDECIBLE, UNA NUEVA VERSIÓN CADA SEIS MESES. PUEDE USAR LA VERSIÓN ESTABLE O PROBAR Y AYUDAR A MEJORAR LA VERSIÓN EN DESARROLLO.**
- ✧ **UBUNTU ESTÁ TOTALMENTE COMPROMETIDO CON LOS PRINCIPIOS DE DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO, ANIMAMOS A LA GENTE A UTILIZARLO, MEJORARLO Y COMPARTIRLO.**

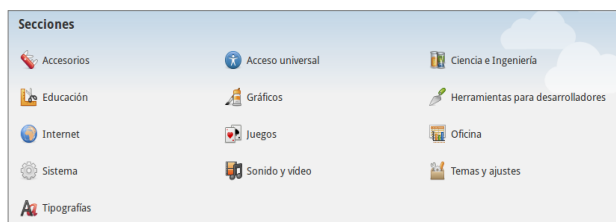
5. EL CENTRO DE SOFTWARE UBUNTU 4.0

El centro de software Ubuntu es un repositorio de software de la distribución Ubuntu que cuenta con alrededor de 34,500 elementos, y permite buscar, instalar, o desinstalar programas del sistema operativo. Cuenta con aplicaciones libres (de código abierto), privativas y a partir de la versión 10.10 (liberada en octubre 2010), contiene también aplicaciones de pago (actualmente son con 73 aplicaciones de pago); sin embargo, la gran mayoría del software de los repositorios es libre.

Para cada una de las aplicaciones se especifica el tipo de licencia con que cuenta, y además se agrega un resumen de sus características. También, el centro de software permite la evaluación pública de las aplicaciones, en donde los usuarios pueden agregar una calificación del 1 a 5 (donde 5 es la mejor evaluación para una aplicación), de acuerdo a la calidad y a la experiencia que hayan tenido. Las calificaciones son promediadas para asignar una general a cada programa, y en lo particular se pueden consultar los puntajes asignados por cada usuario con sus comentarios, lo que facilita la elección de los diversas opciones, y conocer opiniones sobre las aplicaciones antes de instalarlas.

El repositorio se organiza en 13 secciones (ver imagen 1), con una amplia variedad de aplicaciones de diferentes áreas, de las cuáles existen dos específicas que están orientadas hacia el área educativa: educación y ciencia e ingeniería.

Figura 1. Secciones del centro de software



Fuente: Obtención directa

El área de educación contiene 115 aplicaciones disponibles de diferentes áreas de conocimiento, y también están diseñadas para personas de diferentes edades, y niveles de conocimientos. Existe una gran diversidad de programas por ejemplo está el caso de la Suite educativa gcompris para niños de 2 a 10 años con especificaciones para el aprendizaje del uso del mouse y el teclado, aritmética simple, prácticas de lectura, entre otras habilidades; también existen otras aplicaciones para aprendizajes más complejos y especializados como la aplicación Qucs, que consiste en un simulador de un circuito universal; o también, otras para diseñar objetos de aprendizaje o actividades didácticas como rompecabezas, crucigramas, asociaciones y ejercicios de texto entre otras, como Jclíc.

Por otro lado, el área de Ciencia e Ingeniería está clasificada por áreas de conocimiento (ver tabla 1): de los cuáles Astronomía tiene 11 elementos, , biología 26, Computación y robótica 6, electrónica 17, física 18, geografía 16, geología 5, Ingeniería 18, matemáticas 93, y química 28 elementos.

Sería muy complejo caracterizar todas las áreas por la diversidad y la riqueza de las temáticas, por lo que únicamente se mencionan de manera general y como ejemplos ilustrativos algunas de las temáticas que se abordan en las aplicaciones de esta área del centro de software: simuladores espaciales, planetarios, simuladores biomoleculares, evolutivos, neuronales, herramientas para aprender programación, para crear y modificar sistemas eléctricos, cálculos numéricos avanzados, sistemas de información geográfica, simuladores de modelos, aplicaciones para análisis estadísticos, simulador de estructuras químicas, visualización y búsquedas de información de la tabla periódica de los elementos, entre muchos otros.

TABLA I. ÁREAS DE LA SECCIÓN DE INGENIERÍA

Área	Número de aplicaciones
Astronomía	11
Biología	26
Computación y robótica	6
Electrónica	17

Física	18
Geografía	16
Geología	5
Ingeniería	18
Matemáticas	93
Química	28
Total	238

Fuente: Elaboración propia

El centro de software Ubuntu cuenta con 353 aplicaciones con potencial de uso para el aprendizaje divididos en 2 secciones: educación e ingeniería. 238 que pertenecen a la sección de ingeniería están clasificadas por áreas de conocimiento, y su potencial de uso para Instituciones de Educación Superior son mayores por su tipo de contenido.

6. RECURSOS EDUCATIVOS LIBRES PARA WINDOWS

En la actualidad, aunque ha ido e aumento el uso de sistemas operativos libres basados en linux sigue siendo muy bajo comparado con windows:

TABLA II. RANKING DE SISTEMAS OPERATIVOS JULIO 2011

Sistema operativo	Porcentaje de uso
1. Windows	87.60%
2. Mac	5.61%
3. ios	3%
4. Linux	0.91%

FUENTE: RANKING SISTEMAS OPERATIVOS JULIO 2011

ES POR ESTO, QUE ADEMÁS DE HACER UN ANÁLISIS DE OPCIONES DE SOFTWARE QUE SON ESPECÍFICAS PARA SISTEMAS OPERATIVOS BASADOS EN LINUX (COMO LO ES EL CASO DEL CENTRO DE SOFTWARE UBUNTU), TAMBIÉN SE AGREGA INFORMACIÓN RELEVANTE DE SOFTWARE LIBRE MULTIPLATAFORMA, O ESPECÍFICOS PARA WINDOWS, QUE ES EL SISTEMA OPERATIVO MÁS USADO EN LA ACTUALIDAD.

EXISTEN DIFERENTES REPOSITORIOS DE SOFTWARE LIBRE MULTIPLATAFORMA (COMUNIDADVIRTUAL, THEFREECOUNTRY, NNTTEDU.WIKISPACES, POR EJEMPLO), EN ESTE ESPACIO SE ANALIZARÁ CDLIBRE.ORG, CONSIDERADO UNO DE LOS MÁS COMPLETOS POR LA DIVERSIDAD DE APLICACIONES CON QUE CUENTA, POR LA FACILIDAD DE ACCESO, NAVEGACIÓN Y DESCARGA, Y SU CONSTANTE ACTUALIZACIÓN. EL REPOSITORIO CDLIBRE.ORG CONSISTE EN UN CATÁLOGO AMPLIO DE PROGRAMAS LIBRES PARA WINDOWS (ALGUNOS DE LOS CUÁLES SON MULTIPLATAFORMA), Y PERMITE LA DESCARGA INDIVIDUAL O POR COLECCIONES TEMÁTICAS (EDUCACIÓN, JUEGOS, OFITÁMICA, ETC.) A TRAVÉS DE UN ARCHIVO ISO QUE SE PUEDE GRABAR EN UN CD O DVD. ADEMÁS SE ACTUALIZA CONSTANTEMENTE Y MEDIANTE UN BOLETÍN SEMANAL SE ESTÁ INFORMANDO SOBRE LAS NOVEDADES DE LAS APLICACIONES QUE SE VAN AGREGANDO O ACTUALIZANDO EN EL REPOSITORIO.

EL CATÁLOGO ESTÁ DIVIDIDO EN CATEGORÍAS GENERALES, QUE CONTIENEN APLICACIONES PARA DIFERENTES FUNCIONES.

TABLA III. CATEGORÍAS DEL CATÁLOGO DE SOFTWARE DE CDLIBRE.ORG

Astronomía	Audio	Base de datos	Desarrollo web
Dos	Educativos	Fuentes	Gráficos
Internet	Juegos	Matemáticas	Ofitámica
Programación	Phyton	Utilidades	Video y multimedia
Windows			

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

LAS CATEGORÍAS CON COMPONENTES EDUCATIVOS SON: ASTRONOMÍA, EDUCATIVOS Y MATEMÁTICAS; LA CATEGORÍA EDUCATIVOS SE SUBDIVIDE EN SUBCATEGORÍAS DE LAS QUE DESTACAN POR SUS CONTENIDOS PARA UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR: ELECTRÓNICA, FÍSICA, GEOGRAFÍA, HERRAMIENTAS DE AUTOR, IDIOMAS, INGLÉS, MAPAS CONCEPTUALES, MATEMÁTICAS, QUÍMICA, PROGRAMACIÓN Y SALUD (VER LA TABLA DE RECURSOS DE CDLIBRE.ORG PARA UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR).

TABLA IV. RECURSOS DE CDLIBRE.ORG PARA UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Categoría	Subcategoría	Número de aplicaciones	Ejemplos
Astronomía		4	Simuladores del sistema solar, atlas de la luna
Educativos	Electrónica	10	Diseño y simulación de circuitos electrónicos.
	Física	3	Modelación y simulación de sistemas dinámicos complejos.
	Geografía	7	Globos terraqueos virtuales, programas para explorar la superficie terrestre y lunar.
	Herramienta de autor	3	Software para elaborar objetos de aprendizaje y actividades educativas multimedia
	Idiomas	4	Software para aprender francés y japonés
	Mapas conceptuales	5	Aplicaciones para realizar mapas mentales y conceptuales
	Inglés	6	Flashcards para aprendizaje de vocabulario
	Programación	9	Entornos para aprender a programar
	Química	4	Visor de estructuras químicas en 3 dimensiones
	Salud	3	Programa para ayudar a controlar la diabetes
	Otros	5	Herramienta para mostrar y controlar ordenadores en un aula informática escolar
Matemáticas		58	Herramientas de análisis estadístico, generación de gráficos, simuladores geométricos, demostración de teoremas
Total		120	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

EN TOTAL EL REPOSITORIO CUENTA CON UNA VARIEDAD DE 120 APLICACIONES, DE LAS QUE DESTACA EL ÁREA DE MATEMÁTICAS POR LA GRAN CANTIDAD DE APLICACIONES DISPONIBLES EN ESTA CATEGORÍA (58). AUNQUE TODAS LAS APLICACIONES SON PARA WINDOWS, UNA GRAN CANTIDAD SON MULTIPLATAFORMA, Y SE PUEDEN DESCARGAR TAMBIÉN PARA LINUX.

7. CONCLUSIONES

Se presentan los repositorios de software centro de software Ubuntu, y cdlibre.org como opciones surgida de los proyectos y filosofía de software libre con una variedad importante de aplicaciones con potenciales de uso educativo, que son particularmente atractivas por su fácil acceso, libertad de uso y modificación sin costo lo que permitiría adaptarlos a los requerimientos institucionales de acuerdo a los programas educativos; además, su clasificación por áreas temáticas o de conocimiento que facilitaría la selección de los recursos.

Aunque el centro de Software Ubuntu contiene más recursos disponibles su desventaja radica en que requiere de tener instalada alguna distribución de GNU/Linux (aunque viene por defecto en Ubuntu, se puede instalar en otras distribuciones), y como se mencionó anteriormente son muy pocos los usuarios de estos sistemas operativos. Por otro lado, todos los recursos del repositorio cdlibre.org son compatibles con windows, que es el sistema más utilizado en la actualidad.

Tomando en cuenta las ventajas antes mencionadas, referentes a un repositorio disponible sin costo y con las opciones legales para modificación y adaptación de una gran cantidad de material educativo, se considera que las aplicaciones contenidas tanto en el centro de software Ubuntu como en cdlibre.org representan muy buenas opciones de recursos que están al alcance de usuarios e instituciones como opciones valiosas para el uso de herramientas TICs, y que requieren únicamente de un análisis de sus características para plantear estrategias específicas de adopción, adaptación y apropiación.

Por lo que se sugiere a las universidades e Instituciones de Educación Superior, mirar hacia las propuestas y logros de las comunidades de software libre en lo que a recursos educativos se refiere, ya que representan herramientas con un gran potencial y que están disponibles sin costo para su uso.

REFERENCIAS

[1] APESOL. *¿Qué es software libre?* [en línea]. Perú: apesol.org, 2004 [fecha de consulta: 21 de noviembre 2011]. Disponible en: <http://www.apesol.org/softwarelibre.php>

[2] Cabero, J. (2000). *Las Nuevas Tecnologías para la mejora educativa*. Sevilla: Kronos.

[3] Cabero, A. J. (2004). **Reflexiones sobre las Tecnologías como instrumentos culturales**. En F. Martínez, y M. Prendes, (Coord.). *Nuevas Tecnologías y Educación* (pp. 15-19). Madrid: Pearson.

[4] Cabrol, Marcelo y Severin, Eugenio (2009), *ICT to improve quality in education — A conceptual framework and indicators in the use of information communication technology for education (ICT4E). Assessing the effects of ICT in education Indicators, criteria and benchmarks for international comparisons*. Organisation for economic cooperation and development (OECD), European commission

[5] CDLIBRE.ORG. **RECOPIACIONES DE SOFTWARE LIBRE. S.L: S.F. [FECHA DE CONSULTA: 20 DE MARZO 2011]. DISPONIBLE EN: HTTP://WWW.CDLIBRE.ORG/**

[6] De Basterrechea, J.P. y Juan Lázaro O. (2005). *Influencia de los recursos digitales y los sistemas de comunicación en el modelo de enseñanza ELE*. FIAPE. Congreso Internacional: El español, lengua del futuro. Toledo, 2003-2005. [En línea] Disponible en: http://www.mepsyd.es/redele/biblioteca2005/fiape/juan_basterrechea.pdf. [Consulta: 15 de noviembre 2011].

[7] Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro* UNESCO. [En línea]. Disponible en: http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS_S.PDF [Consulta: 23 de febrero 2010].

[8] DESARROLLOWEB.COM. RANKING SISTEMAS OPERATIVOS JULIO 2011. S.L: S.F. [FECHA DE CONSULTA: 20 DE MARZO 2011]. DISPONIBLE EN: [HTTP://WWW.DESARROLLOWEB.COM/ACTUALIDAD/RANKING-SISTEMAS-OPERATIVOS-JULIO-2011-5635.HTML](http://www.desarrolloweb.com/actualidad/ranking-sistemas-operativos-julio-2011-5635.html)

[9] FREE SOFTWARE FOUNDATION. Nosotros hablamos de software libre [en línea]. s.l: fsfeurope.org, 2001-2011 [fecha de consulta: 20 de noviembre 2011]. Disponible En: <http://www.fsfeurope.org/about/about.es.html>

[10] FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CATÓLICA DEL NORTE. UTILIDADES LIBRES – SOFTWARE LIBRE EDUCATIVO. COLOMBIA. S.F. [FECHA DE CONSULTA: 20 DE MARZO 2011]. DISPONIBLE EN: [HTTP://COMUNIDADVIRTUAL.UCN.EDU.CO/INDEX.PHP?OPTION=COM_CONTENT&VIEW=ARTICLE&ID=156&ITEMID=40&LIMITSTART=1](http://comunidadvirtual.ucn.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=156&Itemid=40&limitstart=1)

[11] García–Valcárcel, M. A. (2003). *Tecnología educativa Implicaciones educativas del desarrollo tecnológico*. Madrid: La Muralla.

[12] LA FLECHA: tu diario de ciencia y tecnología. El MIT recomienda a Brasil software libre en vez de propietario [en línea]. S.l.: laflecha.net, 2005 [fecha de consulta: 20 de noviembre 2011]. Disponible en: <http://www.laflecha.net/canales/softlibre/noticias/200503181/>

[13] ITRAINONLINE. Software libre [en línea]. S.l: intrainonline.org, s.f. [fecha de consulta: 27 de noviembre 2011]. Disponible en: <http://www.itrainonline.org/itrainonline/spanish/opensource.shtml#top>

[14] LINUX-ES.ORG. Distribuciones de Linux. [en línea]. S.l: Martinez, s.f. Rafael [fecha de consulta: 21 de noviembre 2011]. Disponible En: <http://www.linux-es.org/distribuciones>

[15] Salinas, Ibañez (2008), *Innovación educativa y uso de las TICs: Universidad Internacional de Andalucía: Sevilla, España 2008*.

[16] STATOWL. OPERATING SYSTEM VERSION USAGE, MARKET SHARE OF OPERATING SYSTEM VERSIONS (OS ANALYSIS) [EN LÍNEA]. S.L: OCTUBRE 2011. [FECHA DE CONSULTA: 20 DE NOVIEMBRE 2011]. DISPONIBLE EN: [HTTP://STATOWL.COM/INDEX.PHP](http://statowl.com/index.php)

[17] UBUNTU-ES.ORG. Ubuntu. Junio 2011. S.l: Ubuntu-es.org. s.f. [fecha de consulta: 18 de noviembre 2011]. Disponible en: http://doc.ubuntu-es.org/Sobre_Ubuntu

[18] UNESCO. (2008). Estándares de Competencias en TIC para Docentes. Londres. [En línea]. Disponible en: <http://www.oei.es/tic/UNESCOEstandaresDocentes.pdf> . [Consulta: 12 de Mayo 2010].

USO DE PAQUETES DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS Y REDES SOCIALES (PAHTRES) COMO APOYO AL APRENDIZAJE

M.S.I. Rogelio Reyna Vargas, M.C. Erica Maria Lara Muñoz
Instituto Tecnológico Superior de Alvarado Veracruz
rogreyna@itsav.edu.mx , emlm@itsav.edu.mx

Resumen

La consideración del sustento tecnológico dadas las prestaciones de velocidad, capacidad, transmisión y reproducción tanto de los dispositivos electrónicos como de las aplicaciones, viene reconfigurando el panorama de la función docente en la educación superior tecnológica. Este artículo tiene como propósito proponer la inducción del docente en un proceso de formación y capacitación en la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación considerando el trabajo cooperativo en el manejo y uso de las herramientas tecnológicas, compartiendo experiencias, colaborando y contribuyendo en el aprendizaje usando las redes sociales. Mediante el uso de herramientas diversas en la elaboración de tareas y actividades estableciendo un espacio de comunicación inicialmente en Facebook y contribuciones en Dropbox. Entre las herramientas sugeridas están: CmapTools, Gimp, Prezi, Impress, etc. con la adopción e implementación de las mismas en un paquete básico de herramientas tecnológicas y redes sociales aplicables en su cátedra.

Abstract

Considering the technological support given the benefits of speed, capacity, transmission and reproduction of both electronic devices and applications, is reshaping the landscape of the teaching in higher education technology. This paper aims to propose the induction of teachers in a process of education and training in the integration of information technology and communication work considering the cooperative in the handling and use of technological tools, sharing experiences, collaborate and contribute in the learning using social networks. By using various tools in the development of tasks and activities by establishing a first communication space on Facebook and contributions in Dropbox. The tools suggested are: CmapTools, Gimp, Prezi, Impress, etc. With the adoption and implementation of them in a basic package of technology and social networking tools applicable in his chair.

Introducción

Ante la incorporación y el uso de las tecnologías de información y comunicación en diversos espacios sociales conllevan no solo a mantenerse informado de los constantes cambios y avances tecnológicos, sino también exige una puntual atención en el manejo y asimilación de los mismos. “El mundo actual está pasando de una sociedad basada en la industria productiva a otra basada en el conocimiento, pasando por un estado intermedio que es el de una sociedad de la información [1]”. A esto hay que agregarle que uno de los ámbitos más influidos con la incorporación de las tecnologías es el de la educación, llegando actualmente a considerarse un valioso recurso de apoyo a los procesos educativos.

Con el desarrollo permanente de nuevas tecnologías se generan los procesos de transformación de la educación; se revisan las prácticas educativas y de enseñanza, los docentes reestructuran sus estrategias en combinación con metodologías tecnológicas. Dado que los estudiantes conocen algunas herramientas tecnológicas, utilizan las computadoras y hacen uso de las redes sociales; el conocer, usar, comprender y manejar las tecnologías brindaría al docente herramientas para fortalecer la enseñanza y desarrollar nuevas formas de aprendizaje.

Antes de considerar cualquier situación respectiva del proceso de enseñanza- aprendizaje haciendo uso de las tecnologías de información y comunicación, es preciso detenerse y reflexionar

sobre uno de los factores primordiales en el ámbito educativo; la formación y capacitación docente. Este trabajo propone la inducción del docente en un proceso de formación y capacitación en la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación, a decir de “[2], la tecnología educativa-como todos los componentes de un sistema integrado-requiere del uso apropiado de herramientas y equipos para lograr sus propósitos”. Para que los docentes puedan plantear e inducir el uso de la tecnología educativa en los alumnos, primero deben familiarizarse con las herramientas necesarias y con los entornos de aprendizaje correspondientes.

Se pretende un acercamiento y formación docente desde una perspectiva formal partiendo de un contexto informal; es decir, favorecer y promover el uso de herramientas tecnológicas en actividades diversas, considerando el trabajo cooperativo en el manejo y uso de las mismas, compartiendo experiencias, colaborando y contribuir para el aprendizaje usando las redes sociales. En un inicio se considero la participación de docentes de diferentes disciplinas, quienes manifestaron sus impresiones y conocimientos de las herramientas y tecnologías, su manejo, dominio e implementación de estas en su labor docente. En una fase siguiente se promueve el uso de herramientas distintas en la elaboración de tareas y actividades estableciendo un espacio de comunicación mediante redes sociales y almacenamiento con las contribuciones en la nube. Entre las herramientas sugeridas se encuentran aplicaciones sobre preparación de presentaciones, edición de video, creación de líneas de tiempo, mapas conceptuales, aplicaciones para compartir documentos, etc. Esta experiencia inicial concluye con la contrastación entre el punto de partida en el manejo y uso de herramientas con la adopción e implementación de las mismas en un paquete básico de herramientas tecnológicas y redes sociales aplicables en su cátedra para cada docente.

1 FORMACION Y CAPACITACION DOCENTE

Con una variada lista se pueden enumerar la cantidad de cursos y talleres que reciben los docentes durante los procesos de formación y capacitación. Para efectos de este artículo se entenderá como proceso de formación y capacitación docente al proceso a la actividad de capacitación de los docentes en el uso de herramientas tecnológicas. Desde aspectos pedagógicos hasta herramientas relativas a la integración y ambiente laboral; sin embargo, son contados los cursos relativos al uso y manejo de las herramientas tecnológicas dentro de su actividad docente en beneficio de los estudiantes. Considerando que la educación no es ajena a los avances y cambios tecnológicos, una mayor parte de los esfuerzos de capacitación y formación debieran estar dirigidos al plano docente a fin de promover una búsqueda y replanteamiento de estrategias de enseñanza permeadas por el uso de tecnologías en el logro de aprendizajes. La formación y desarrollo de competencias digitales en el alumno en gran medida se determina por la motivación y promoción del uso de herramientas tecnológicas propuestas por el docente.

En este sentido es importante que dentro de su planeación y estrategias didácticas los docentes incluyan el uso de las herramientas tecnológicas; obviamente las herramientas previamente revisadas, analizadas y seleccionadas de acuerdo a ciertas actividades y competencias a desarrollar. La formación docente además de los dominios didácticos y la selección adecuada y dirección de las actividades enmarcadas en el saber; requiere también del dominio técnico para de alguna manera facilitar la tarea. Mediante una asociación de herramientas tecnológicas a métodos didácticos y actividades definidas se favorece la exploración, la simulación, la investigación y la creación de nuevas estrategias de aprendizaje. Dentro de las nuevas competencias para enseñar “[3] plantea utilizar las nuevas tecnologías: explotar los potenciales didácticos de programas en relación con los objetivos de los dominios de enseñanza, utilizar los programas de edición de textos, comunicarse a través de la telemática, utilizar los instrumentos multimedia en la enseñanza”.

1.1 Perspectiva formal en un contexto informal

La educación formal en la capacitación y formación docente implica la ejecución de procedimientos estructurados altamente institucionalizados. Con la finalidad de facilitar el aprendizaje a grupos particulares de las instituciones, en este caso grupos docentes, se requieren de actividades organizadas de manera sistémica y educativa donde los docentes adquieran los conocimientos las habilidades y actitudes a través de las experiencias diarias. A decir de “[4] la estrategia de enseñanza se entiende como la combinación particular de actividades de aprendizaje en una secuencia particular”. El partir de un acercamiento desde el contexto informal hacia una perspectiva formal; permite al docente una interacción más cercana con los contenidos y actividades a desarrollar.

A razón de las competencias que tienen que ver con la alfabetización tecnológica y el manejo de las TICs. “El manejo de las nuevas tecnologías resulta un trabajo fundamental, en este sentido en algunas universidades es lo que han priorizado, tanto para los estudiantes como para los profesores [5]”. El esquema que se propone consiste en un acercamiento al proceso de formación y capacitación docente de manera gradual partiendo de los conocimientos adquiridos en el contexto informal, es decir, todo lo aprendido mediante la experiencia, en el hogar, el trabajo con las actividades cotidianas; pasando por un aprendizaje no formal dado que no precisa una certificación o acreditación, más bien involucra una participación intencional y hasta cierto punto voluntaria. La perspectiva formal se observa por la situación de que la capacitación es llevada a cabo durante un periodo en la institución educativa. No es centro de discusión en este artículo la conceptualización referente a educación formal, no formal e informal; únicamente se enuncian como punto de referencia, haciendo alusión a que la capacitación en el uso de herramientas tecnológicas debe iniciar con la disposición y el interés de los docentes atendiendo sus alcances y necesidades, más que la obligatoriedad de tomar otro curso de capacitación.

2 HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS

Las Herramientas tecnológicas, desde el contexto del software son programas y aplicaciones que pueden ser utilizadas en diversas funciones de una manera práctica. Entre otras variantes estas pueden encontrarse como aplicaciones libres, propietarias, en línea. Algunas herramientas por ejemplo permiten interactuar en la creación de documentos, manejo de datos, realizar cálculos, consultar, preparar presentaciones, crear videos y servir como apoyos didácticos en las clases. Además las herramientas funcionan como medio en la interacción con individuos o grupos, apoyan el aprendizaje colaborativo y la enseñanza. Con el uso de herramientas tecnológicas se crea una comunicación dinámica donde se incluyen los foros, sistemas de videoconferencia, los correos electrónicos, etc. “[6] describe que en lo tecnológico se busca que el docente apropie las TIC que apoyan lo pedagógico, por sí mismo o como parte de grupos de estudio en su área de docencia”.

2.1 Clasificación

Ante la existencia de una gran cantidad de herramientas tecnológicas, establecer una clasificación llevaría a una serie de discusiones sobre las categorías a establecer y la manera de asignar tal o cual herramienta en base a que categorización. En este artículo se considera elementalmente una clasificación basada en la utilidad y disponibilidad de las herramientas. Por lo que se tienen:

Aplicaciones tipo nube. Herramientas tecnológicas que permiten el almacenamiento y recuperación de archivos, acceso remoto, copias de seguridad, hacer respaldos de cualquier carpeta del equipo, subir cambios en tiempo real, compartir y colaborar, etc. Entre otros se tienen: SugarSync, Dropbox, iCloud, Box, Carbonite y Mozy.

Para la preparación de presentaciones. Estas herramientas facilitan la elaboración de presentaciones, el uso de diseños y la inclusión de transiciones en la presentación de la información. En este tipo de herramientas se pueden encontrar entre otras: PowerPoint, OpenOffice.org Impress, SlideRocket, 280 Slides, Prezi y Google Docs.

Para la integración de aplicaciones (Redes Sociales). Son herramientas que mediante soporte de tecnología y servicios web, permiten la interacción entre los miembros de la red de contactos. Con estas herramientas se puede definir una lista de usuarios o contactos, crear perfiles, compartir archivos, etc. En este caso se tienen: Facebook, Tuenti, Ning, LinkedIn, Flickr, Delicious, YouTube y Netvibes entre otros.

2.2 Herramientas iniciales

Una de las herramientas a utilizar inicialmente es Facebook, de acuerdo a las características de su entorno, el uso de su interfaz y la ventaja de que es una de las redes más utilizadas. Como inicio tendrá un uso de sitio web, donde se pueda difundir toda la información que se publique, subir fotografías, actividades, videos, con la intención de contar con una lista de contactos que participen y difundan la información publicada. También se utilizara para la creación de un grupo, en este caso el grupo de docentes, con la finalidad que se utilicen las aplicaciones como foros, notas, videos, eventos, etc. Se pretende mantener una comunicación cercana del grupo. Debe considerarse la interacción con la herramienta para familiarizarse con su manejo y conocer sus aplicaciones; debe acordarse el grupo a crear o grupos en caso de ser necesario.

La herramienta Dropbox es otro elemento que se maneja desde un inicio con el fin de alojar toda la información y productos referentes a las actividades que se van a realizar, ya sea de manera individual o de manera grupal. Como un sistema de almacenamiento de archivos en internet, servirá como copia de seguridad y para mantener sincronizados los archivos entre dispositivos diversos. Una vez establecidas las herramientas tecnológicas iniciales debe confirmarse la comprensión y la funcionalidad de las mismas, constatar la familiaridad y el acercamiento a dichos entornos, como elementos a utilizar en las actividades con los estudiantes.

3 ACTIVIDADES Y TAREAS

El conjunto de actividades y tareas a desarrollar en esta propuesta de inducción al proceso de formación y capacitación docente contempla en su fase inicial el uso de herramientas prácticas para el desarrollo de productos inherentes a la labor docente. Una vez identificadas las herramientas iniciales de base (Facebook y Dropbox) se tiene el bloque de actividades siguiente:

- Elaborar un mapa conceptual con las expectativas personales del curso-taller y publicarlo en Facebook en el grupo creado.
- Utilizar la herramienta Gimp para trabajar con una imagen y mostrar el manejo de la herramienta mediante cinco diapositivas elaboradas con la herramienta Prezi. Compartir los resultados en el grupo creado en facebook y almacenarlo en Dropbox. Realizar la actividad en equipo.
- Elaborar una línea de tiempo de algún tema de una de sus materias usando la herramienta Dipy. Compartir los resultados en Facebook.

- Elaborar una secuencia de al menos diez líneas incluyendo ciclos en la herramienta Scratch. Capturar cinco pantallas sobre el manejo de la herramienta y presentarlas en Impress. Compartir resultados en Facebook y subir a Dropbox.
- Revisar las herramientas Tagxedo y Voki y elaborar una práctica libre con estas, compartir resultados y subir a Dropbox.
- Para cada una de las actividades agregar sus comentarios sobre el manejo de la herramienta y la utilidad de la misma en su labor docente.

En la figura 1 se ilustra un producto derivado de la actividad propuesta, en este se puede observar que viene anexo un comentario sobre las observaciones relacionadas con la interacción y uso de la herramienta propuesta, en este caso CmapTools.

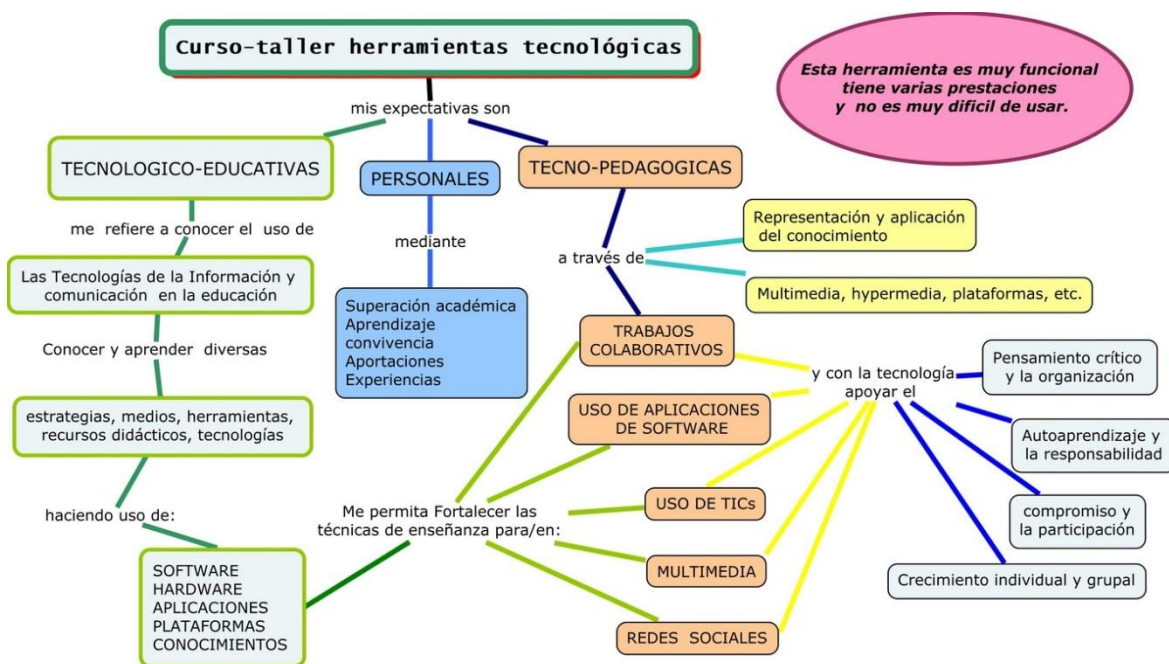


Figura 1 Actividad realizada con CmapTools

En este conjunto de actividades se propone el uso de diversas herramientas tecnológicas que de manera conjunta propician en el docente, la búsqueda, la exploración, el compromiso y la participación individual y grupal, el auto aprendizaje y la responsabilidad. La realización de las actividades así como la entrega de las mismas no está limitada por el espacio y temporalidad, aunque se acuerda una fecha de entrega las actividades se pueden realizar en cualquier momento y desde cualquier lugar; de igual forma la colaboración grupal no requiere forzosamente la

presencia de todo el equipo en el mismo lugar. Cada tarea tiene su particularidad y el dominio de las herramientas sugeridas se obtiene de manera gradual al hacer uso de las mismas de manera constante. En el caso de la ubicación de las herramientas, se proporcionan las ligas correspondientes para que los docentes las obtengan y desde un principio pongan en marcha y desarrollen las habilidades propias de la búsqueda y manejo de documentos en la red.

En estas actividades se propusieron algunas herramientas acordes al tipo de actividad, mas sin embargo no limitan el uso ni las aplicaciones que pudiesen tener para diferentes contenidos o materias. Es preciso señalar que existen muchas herramientas tan diversas y que son muy útiles, como también enunciar que estas vienen definidas por sus características tanto de uso ya sea libre o propietario, su plataforma operativa que tiene que ver con el sistema operativo en el que trabajan así como su interacción con el usuario en este caso de manera local o en línea. A continuación se enlistan algunas herramientas tecnológicas

3.1 Espacios de comunicación

Derivado de la experimentación con las herramientas tecnológicas, el docente requiere manifestar sus inquietudes, dudas, aciertos, incluso mostrar a los demás compañeros los resultados obtenidos a manera de logro personal y profesional. La creación de espacios donde pueda generarse esta comunicación e interacción con el grupo, se facilita en gran medida con el uso de las aplicaciones de las redes sociales en este caso con Facebook; utilizando el espacio asignado para el grupo docente o publicando en su espacio individual. Es muy relevante observar las aportaciones hechas por los compañeros en el espacio de comunicación, porque se pueden encontrar puntos de vista, perspectivas, elementos y detalles no considerados en la actividad propia, lo que permite la identificación y atención en aspectos que pasaron desapercibidos facilitando la corrección y por consiguiente una retroalimentación oportuna. También es posible en los espacios de comunicación realizar aportaciones y recomendaciones hacia el grupo, estas pueden ser desde un conjunto de instrucciones de cómo hacer tal o cual parte de alguna actividad, algún tutorial, o simplemente comentar de algún error o falla que se presente en la elaboración de las actividades.

La funcionalidad de las redes sociales con la comunicación va mas allá de un simple panel de anuncios; con estas herramientas se pueden compartir diversos tipos de documentos, colaborar con otros contactos, así como el poder vincularse con una gran cantidad de aplicaciones en internet para compartir e intercambiar información. Los foros, los debates y las discusiones entre otros, tienen un medio muy eficaz y oportuno en estos espacios de comunicación; pueden asignarse temas, tiempos, registrarse opiniones, incluso generar propuestas de solución a problemáticas planteadas o derivar propuestas de proyectos conjuntos referentes a temáticas dentro de su práctica docente.

3.2 Contribuciones

Dada la naturaleza de las actividades los docentes incrementan poco a poco sus contribuciones para con el grupo, las temáticas y los contenidos del curso propuesto. Se despierta el interés y la iniciativa al plantearse de que manera el uso de herramientas como estas influiría en sus clases y métodos de enseñanza. Reflexiona sobre el impacto y el potencial de cada herramienta así como el alcance de estas en el proceso de aprendizaje y la educación de los estudiantes. Como resultado de la elaboración de las tareas y actividades encomendadas, los docentes además de la evidencia de los productos obtenidos, contribuyen a la formación y desarrollo de sus competencias docentes en el manejo de herramientas tecnológicas. Obtienen también elementos de aprendizaje que pueden ayudarle a reestructurar sus estrategias didácticas en su actividad diaria integrando en sus clases actividades que fomenten el uso de herramientas tecnológicas en los alumnos.

De cierta forma inicia un proceso de autocritica y consideración sobre el uso de las herramientas tecnológicas. La apropiación de las tecnologías y el manejo de las mismas no debe ser motivo de imposición o requisito para el desempeño del docente, más bien debe manejarse como una propuesta e invitación a sumarse a la realidad educativa, al avance tecnológico y a la conformación de las nuevas sociedades y formas de convivencia en esta comunidad educativa digital presente.

En la figura 2 se pueden apreciar las aportaciones del uso de las herramientas tecnológicas en el proceso de formación y capacitación docente, considerando los aspectos de educación informal, no formal y formal. Se ilustra de cierta forma que además de las herramientas pedagógicas y los aspectos curriculares y laborales es preciso abordar el uso de las tecnologías en mejora de las competencias docentes que de manera directa e indirecta influyen en la formación de los estudiantes, dado que a través de la selección de estrategias y actividades adecuadas favorecen la educación integral de los alumnos en aspectos como la investigación, exploración, análisis, reflexión y el uso de la tecnología. Tal como si fuera un espejo de las competencias docentes los beneficios resultantes se verán reflejados en gran medida en la motivación y participación de los estudiantes como respuesta al desempeño del trabajo docente.

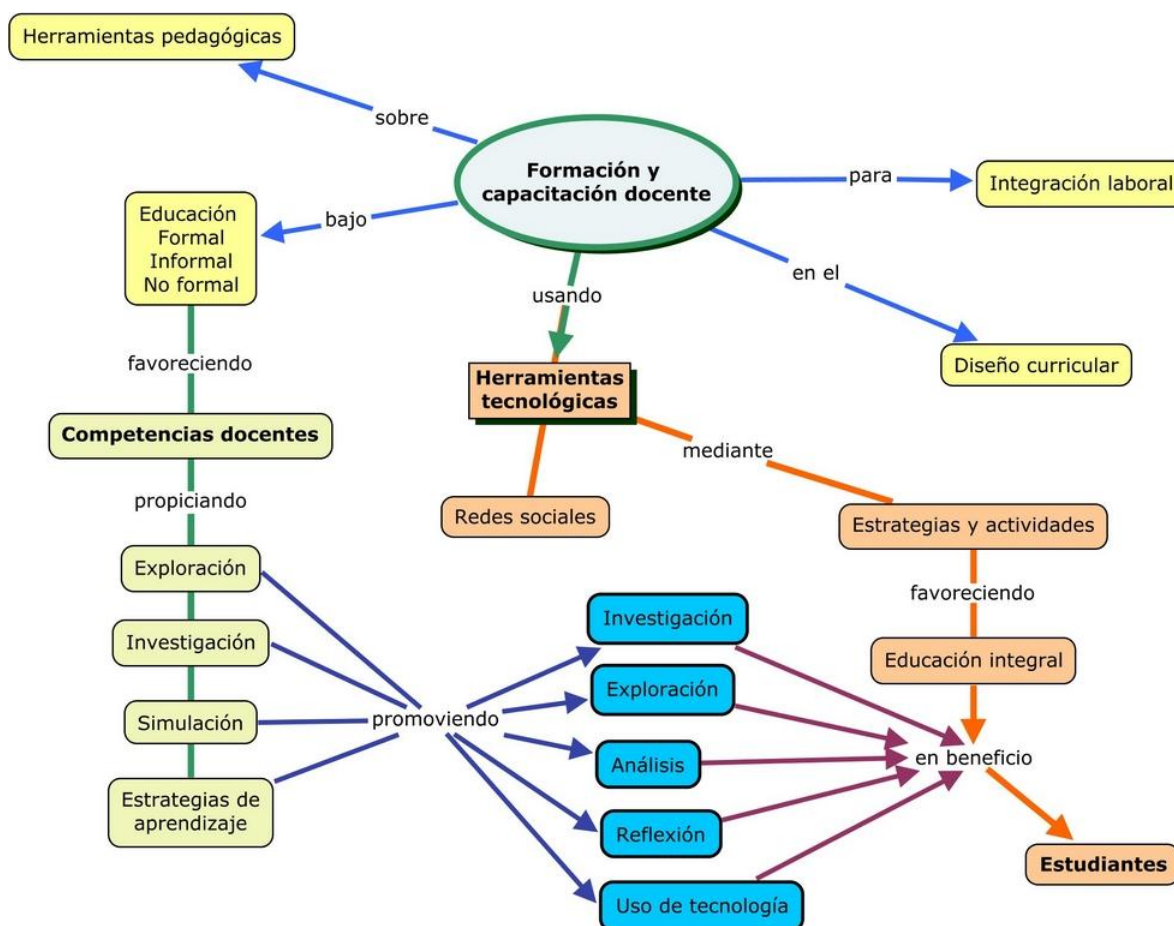


Figura 2 Formación y capacitación docente en el uso de herramientas tecnológicas. Ante lo revisado anteriormente se propone una conformación básica de herramientas con el fin de que sean útiles a los docentes como inicio en la capacitación de herramientas tecnológicas:

PAHTRES 1 Se propone un paquete con las herramientas: Facebook, Dropbox, CmapTools y Prezi. Considerado para iniciar con la familiarización en el uso de las redes sociales y las

aplicaciones tipo nube en un aspecto de colaboración docente a través de grupos creados en Facebook donde se comparten actividades elaboradas con Prezi, a manera de presentaciones y con la elaboración de mapas conceptuales en CmapTools. Mediante Dropbox hacer uso de los servicios en la nube alojando las actividades elaboradas, conformando de cierta forma un portafolio de evidencias digital en la nube.

PAHTRES 2 Otro paquete puede consistir en los elementos base como son Facebook y Dropbox, añadiendo herramientas como Dipity para la elaboración de líneas de tiempo, Scratch para realizar prácticas de programación y el uso de Impress para la preparación de presentaciones.

PAHTRES 3 Además de las herramientas básicas del paquete 2 se incluyen Tagxedo como aplicación para elaborar bloques semánticos, Voki como auxiliar en la presentación de contenidos, Camtasia como aplicación para editar y configura videos.

Estos son solo algunos de los paquetes que se podrían utilizar y algunas de las herramientas a utilizar. De este modo es como se propone el uso de paquetes de herramientas tecnológicas y redes sociales (PAHTRES) como apoyo al aprendizaje.

La siguiente es una lista de herramientas tecnológicas que pueden integrarse para conformar paquetes diversos:

Delicious, Google Reader, Skype, WordPress, Moodle, Blogger, Twitter, Audacity, Flickr, Ning, iGoogle, YouTube, Wikispaces, Slideshare, SnagIt, Voice Thread, Articulate, Jing, iTunes, Bloglines, LinkedIn, Captivate, Diigo, PBwiki, Netvibes, Pageflakes, MindManager, eXe, TypePad, Wetpaint, Zoho Suite, Elluminate, Thunderbird, Drupal, Remember the Milk, FreeMind, Second Life, Survey Monkey, Edublogs, Garageband, Mindmeister, Keynote, Basecamp, iMovie, Joomla, Notepad, OneNote, Opera, PollDaddy, Stumbleupon, Windows Live Writer, Ustream, Yugma, Zotero, Nvu, TeacherTube, Publ.us, Course Lab, Furl, Gimp, Jott, LibraryThing, MediaWiki, MovieMaker, Paint.NET, Safari, Scribd, Smart, TiddlyWiki, Tumblr, Twhirl, Wink, Zamzar, Firefox, Google Search, PowerPoint, Wikipedia, Word, Google Calendar, Flash, Outlook.

CONCLUSIONES

Todas aquellas actividades y tareas que se incluyen en esta propuesta de inducción en el proceso de formación y capacitación docente, si bien están encaminadas desde la educación no formal, integran en cierta medida las experiencias educativas sistemáticas, intencionales de los docentes partiendo de no encontrarse sometidos a la condicionante del aula, de los horarios y a la presencia física. Derivadas de la flexibilidad de los métodos de enseñanza centrándose en el docente de una manera concreta y experimental generando resultados a corto plazo. La forma en que se plantee la capacitación deriva en la aceptación y participación docente, es preciso manejar esquemas flexibles donde los docentes aporten y expresen sus necesidades así como sus propuestas en beneficio del aprendizaje.

El establecer un conjunto de actividades y propiciar la colaboración y el aprendizaje grupal mediante la exploración, el análisis y la reflexión del quehacer docente ante las aplicaciones y potencial de las herramientas; sin duda fortalece y estimula el desempeño de su labor diaria. Para concluir quisiera destacar que con esta propuesta de inducción en la formación y capacitación docente lo que se trata de evidenciar es que en la medida en que el docente se vaya involucrando en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, en particular con las herramientas tecnológicas, es factible en primera instancia entender y atender a los estudiantes que usan dichas herramientas como elementos de su vida cotidiana; de igual manera contribuir a que los alumnos que no hacen uso de las mismas conozcan el potencial y los beneficios de estas.

No solo se habla de la tecnología como tal, sino del uso de la misma en beneficio tanto personal como profesional en la interacción y vinculación tanto con otros individuos como con organismos e instituciones que ya hacen de la tecnología un medio de convivencia y de conveniencia. Así mismo la combinación de las distintas herramientas tecnológicas en paquetes integrados adecuados apoyaran el aprendizaje tanto de los docentes como de los alumnos.

Referencias

[1]Yániz Álvarez, C. y Villardón Gallego, L. *Planificar desde competencias para promover el aprendizaje. El reto de la sociedad del conocimiento para el profesorado universitario*. Bilbao, España: Universidad de Deusto. (2006).

[2]Bates, A. W. y Poole, G. *Effective teaching with technology in higher education foundations for success*, San Francisco, CA: Jossey-Bass. (2003).

[3]Diez nuevas competencias para enseñar Philippe Perrenoud. Col. Biblioteca de aula, 196. Ed. Graó. Barcelona, 2007 (5ª edición).

[4]Fink, D. *Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing College courses*; San Francisco, CA: Jossey-Bass. (2003).

[5]Miguel Angel Zabalza. Competencias Docentes. Conferencia pronunciada en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, el 9 de febrero de 2005.

[6]GALVIS AH. La PIOLA y el desarrollo profesional docente con apoyo de Tecnologías de Información y Comunicación-TIC. *Tecnología y Comunicación Educativas*. Año 22.No.46. (2008).

PASANDO DE LA TECNOLOGÍA, A LA TECNOLOGÍA EDUCATIVA

M.C. Erica María Lara Muñoz¹, M.S.I. Rogelio Reyna Vargas²
Instituto Tecnológico Superior de Alvarado Veracruz
¹emlm@itsav.edu.mx, ²rogreyna@itsav.edu.mx

RESUMEN

Hoy día hablar de tecnología, es hablar de diversos avances tecnológicos que se han venido presentando a lo largo del tiempo. Pero, ¿Qué tal se ha utilizado la tecnología en el medio educativo? Estos avances tecnológicos, han obligado a las Instituciones Educativas, a desarrollar un nuevo enfoque en los métodos de enseñanza y modelos de enseñanza – aprendizaje.

Uno de los aspectos que apoya el uso de la tecnología en la educación, son los entornos virtuales, estos son utilizados, debido a que permiten generar un espacio de conocimiento colaborativo en un sistema educativo virtual, el cual apoya el desarrollo y adquisición del propio conocimiento de manera colectiva. Además, las modalidades mixtas de enseñanza, han permitido incorporar una combinación de enseñanza presencial y virtual, ofreciendo valor agregado a la educación, donde los estudiantes trabajan de manera autónoma en entornos virtuales y de manera presencial, donde el profesor refuerza el conocimiento del estudiante.

ABSTRACT

Nowadays talk about technology is to speak of several technological advances that have been presented over time. But, why this technology has been used in the educational environment? These technological advances have forced educational institutions to develop a new approach to teaching methods and models of teaching - learning.

One aspect that supports the use of technology in education are virtual environments, these are used, because they allow to generate a collaborative knowledge space in a virtual education system, which supports the development and acquisition of knowledge itself collectively. Moreover, patterns of teaching mixed, allowed to incorporate a combination of classroom education and virtual, provide value to education, where students work independently in virtual environments and in person, where the teacher reinforces knowledge of the student.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos, han estado presentes a lo largo de un gran periodo de tiempo, ahora se puede hablar de sistemas 3D para televisión, celulares touch screen, nuevos diseños de mouse, pantallas flexibles, móviles, nuevos reproductores mp3, internet 2, incluso mirando más allá se encuentran, mesa-computadora, el paperphone, emotionsense, Skinput, entre muchísimos otros avances tecnológicos. Pero, ¿Qué tan útil resulta esta tecnología en la educación?

El creciente desarrollo y los avances agigantados de la tecnología, han obligado a las Instituciones Educativas a desarrollar un nuevo enfoque en los métodos de enseñanza, incluso en los modelos de enseñanza – aprendizaje. En los métodos de enseñanza porque la educación ya no puede concebir una enseñanza sin el uso de tecnología, debido a los propios modelos de enseñanza–aprendizaje, que especifican manejo y competencia en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación.

Los entornos virtuales de aprendizaje como el e-learning son una realidad tecnológica, dan soporte a la enseñanza sobre todo en Educación Superior, debido a que permiten generar espacios de conocimiento colaborativo ofreciendo una interacción entre grupos de estudiantes.

El b-learning como modalidad mixta de enseñanza, permite incorporar una combinación de enseñanza presencial y virtual, ofreciendo un valor agregado a la educación, donde los estudiantes trabajan de manera autónoma, desde cualquier sitio con una simple conexión a Internet o Banda Ancha en una Web Social, y de manera presencial donde el profesor utiliza técnicas de aprendizaje para reforzar el conocimiento del estudiante de acuerdo a su estilo de aprendizaje.

Internet y los medios digitales, juegan un papel muy importante, el primero como proveedor de la información, el segundo como facilitador de conexión que apoya el desarrollo de comunidades de conocimiento. Definitivamente a los estudiantes se les puede enseñar con un sinfín de tecnologías y aplicaciones tecnológicas, llámense blogs, fóruns, redes sociales, wikis, moodle, dokeos, entre muchas otras, aprovechando las inquietudes que tienen para con estas. Esta manera de usar la tecnología ofrece sin duda una cultura distinta de aprendizaje, transformado así los entornos tradicionales de enseñanza – aprendizaje pero enriqueciéndolos.

Como se puede observar, el uso de las tecnologías de información, entre otras cosas, permiten compartir información, generar conocimiento, investigar, comunicarse con cualquier persona del mundo. En este contexto, las tecnologías se pueden convertir en la mayoría de los casos en entornos educativos, generando una sociedad de información; que se deberá transformar con la ayuda del docente en una sociedad del conocimiento, de esta manera poder abordar diversos aspectos desde un enfoque complejo. Esto no es una tarea simple, pero sí un reto para todos aquellos profesores interesados en la educación del estudiante, propiciando con este esfuerzo el desarrollo del país.

2. TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

Hablar de Tecnología de Información y Comunicación o TIC, es hacer referencia a software, hardware, servicios, redes y dispositivos de conectividad que permiten integrar un amplio sistema de información que en la actualidad se encuentra al alcance de casi cualquier individuo. Las TIC's forman parte de una cultura tecnológica, con las cuales se convive día a día y permiten un desarrollo social, transformando la vida de las personas por la adquisición de la información y el conocimiento.

Los aportes que han incluido los avances en las TIC's son diversos, se tiene el gran acceso a la fuente de información, la comunicación con cualquier persona en el mundo, la digitalización de información, la inmensa capacidad de almacenamiento, el uso de los sistemas de banda ancha para la conexión a internet, aplicación de tecnología inalámbrica, realización y uso de redes sociales, entre muchos otros. Todos estos avances, han provocado un cambio asombroso en los procesos actuales, lo que conlleva a mundo moderno con un enorme avance en el desarrollo social y tecnológico.

Haciendo uso de las TIC's se puede transmitir información, procesar y difundir en forma instantánea o en tiempo real, las tecnologías de información y comunicación, son consideradas como las tecnologías que reducen la brecha digital entre la sociedad y la sociedad de información y conocimiento. Ellas permiten modificar formas y estilos de vida como comprar, vender, trabajar y estudiar, además que optimizan el manejo de la información y desarrollo de las comunicaciones. Las personas que no tengan la posibilidad de asistir a una escuela por razones de tiempo, dinero o esfuerzo, pueden hacer uso de estas tecnologías, valiéndose de él como un medio de aprendizaje donde podrán encontrar mucha información de fuentes confiables y así, aprender todo lo necesario para poderse desempeñar mejor en un medio social.

2.1 Avances tecnológicos

En la actualidad, los avances tecnológicos han llegado a cada área de desarrollo, nutrición, transporte, mecánica, etc. Por ejemplo en el aspecto marítimo se han experimentado cambios con los avances tecnológicos y los sistemas de navegación y posicionamiento; por otra parte, se han incorporado los avances tecnológicos en la medicina, haciendo uso de tecnología de diagnóstico, preventiva, de terapia o rehabilitación, de administración y organización, entre la que destaca las intervenciones quirúrgicas, provocando operaciones menos traumáticas y mejorando la calidad de vida de muchos seres humanos; dentro de la agricultura y ganadería se han podido elaborar fertilizantes que enriquecen el suelo, pesticidas que erradican la fauna nociva, medicamentos para que el ganado se mantenga sano, maquinaria y equipo en relación con la producción de plantas y/o productos vegetales. Dentro de las comunicaciones se encuentran sistemas 3D para televisión, celulares touch screen, dispositivos móviles, nuevos reproductores mp3, internet 2, paperphone, monitores led, entre otros avances tecnológicos como nuevos diseños de mouse, pizarrones interactivos, mesa-computadora, emotionsense, Skinput, etc. Ver figura 1.



Figura 1. Algunos avances tecnológicos.

(a) Sistema 3D para televisión (b) Dispositivo móvil iPhone (c) Paperphone
(d) Monitor LED (e) Skinput

Otros avances tecnológicos, son lo que han anunciado los miembros de la American Chemical Society (ACS), donde han seleccionado los diez más prometedores entre 34,000 informes y 18,000 documentos técnicos dados a conocer a lo largo de 2009. Dentro de estos avances destacan: (1) La primera vacuna por inhalación, sin agujas, contra el sarampión, (2) Hogar con energía solar personalizada, (3) Una esponja de aerogel para limpiar las mareas negras, (4) Un nanogenerador para recargar el iPod y el móvil con un gesto de la mano, (5) Una pintura que mata los microbios, (6) Una vacuna producida con planta de tabaco, (7) Una píldora mensual anti-pulgas, (8) Una molécula que mide el calentamiento global, (9) Combustible de cáscaras de camarón y (10) Una nariz electrónica para detectar la enfermedad renal. Como se puede observar, los avances en la ciencia y tecnología van cada vez son mayores, por lo que habrá que incursionar en estos para al menos conocer cuáles son sus propósitos y estar enterados de sus funciones principales.

3. SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO

3.1 Sociedad de la información

Las TIC's y el Internet son potentes herramientas que cada vez almacenan más y más información, la sociedad de la información, hace referencia precisamente a esta capacidad tecnológica para almacenar mucha información y difundirla rápidamente.

Debido a esta gran cantidad de información que circula por la red, hay que tener cuidado y poner atención solo a las fuentes fidedignas, debido a que no toda la información proviene de fuentes confiables. La facilidad de creación de sitios web, permite a cualquier persona almacenar información en Internet, en ocasiones la información no es verdadera y son solo supuestos de lo que pudiera ser.

Es importante ver las referencias de donde proviene la información, para que sean confiables estas debe provenir de:

- Fuentes impresas como libros, revistas, periódicos, folletos, monografías, memorias de congresos.
- Publicaciones periódicas impresas o en línea como journals, magazines, periódicos, artículos, investigaciones, noticias.
- Motores de búsqueda en enciclopedias, diccionarios, estadísticas, mapas, almanaques, noticias, páginas gubernamentales.
- Bibliotecas digitales como en las bases de datos universitarias, empresariales y públicas, artículos, investigaciones, abstract, proceedings.
- Obras de consulta como en enciclopedias, diccionarios, atlas, biografías.

3.2 Sociedad del conocimiento

La sociedad del conocimiento, hace referencia a la forma en que las personas se apropian y aprovechan la información de manera selectiva y crítica, haciendo uso de ella responsablemente. En consecuencia del desarrollo de la tecnología de información y comunicación, se ha transformado significativamente la generación, atesoramiento y la gestión del conocimiento ya que forman parte integral de las actividades productivas en todo el mundo.

“La conexión entre sociedad de conocimiento y la educación se refleja en algunos retos que reconoce la UE (2003) tales como [1]”:

- a) el reto del conocimiento, que se refiere a que la sociedad basada en el conocimiento requiere que se pueda reestructurar la organización de los sistemas educativos, mediante aprendizaje permanente. Este reto resalta la congruencia del sistema educativo a los cambios en el mundo del trabajo y de la sociedad que impone la nueva sociedad del conocimiento;
- b) el reto de la descentralización, que se refiere a la cada vez mayor autonomía y responsabilidad que en el nuevo contexto educativo se le otorga a la escuela;
- c) el reto político, que reconoce la existencia de las diferencias existentes en la sociedad y vela por que se transformen en oportunidades y no impidan el desarrollo pleno de su potencial; y
- d) el reto de la integración social, el cual se enfoca a la responsabilidad de los sistemas educativos para permitir la integración de los jóvenes en el trabajo y en la vida social activa en la sociedad del conocimiento.

Por todo lo anterior descrito, es necesario que la adquisición de la información, se tome de manera responsable para llevarla a un nivel de transformación y sociedad del conocimiento, haciendo uso de ella de manera responsable a beneficio de la sociedad.

4. TECNOLOGÍA EDUCATIVA

El avance en las tecnologías de información y comunicación, forma parte de uno de los muchos factores para entender la transformación cultural y social en estas últimas décadas, sobre todo en el ámbito educativo. Al sistema educativo actual se le han incorporado nuevas tecnologías que provocan una mejora en la calidad del proceso de enseñanza – aprendizaje. Este agregado de TIC's en el área de la enseñanza, impulsa un cambio tanto en la práctica docente como en los procesos de aprendizaje, además, se emplean cada vez más en las Instituciones Educativas y como alternativas en la educación abierta y a distancia.

La tecnología educativa hace uso entre otros muchos aspectos, de materiales didácticos, compartición y exposición de contenidos, comunicación social entre estudiantes y profesores, presentación de conferencias y realización de investigaciones académicas; lo que conlleva a la capacitación docente en el manejo de herramientas tecnológicas, que permitan incentivar y llevar de la mano al alumno en la aplicación de nuevos conceptos educativos. Ver figura 2.

Al observar el medio en el que actualmente la sociedad se desenvuelve, se puede reconocer que en los últimos años se ha experimentado un gran crecimiento alrededor del mundo sobre todo en la educación superior. El uso de internet y todo lo que ello implica, ha propiciado al desarrollo de tecnología educativa, tomando como referencia sistemas instruccionales que hacen uso de plataformas tecnológicas como moodle y dokeos, que emulan un programa académico convencional que contiene la descripción del curso, los objetivos de aprendizaje, las competencias a desarrollar, el contenido, las referencias, foros, novedades, videos, sistema de entrega de tareas y calificaciones, las reglas del curso, el sistema de evaluación, etc., y apoyan el proceso de enseñanza-aprendizaje en un modelo presencial en el aula o en un modelo virtual sobre una plataforma como blackboard illuminate.

Los estudiantes de este siglo necesitan muchas destrezas y habilidades para enfrentar los avances tecnológicos que se presentan dentro de la educación, estos deberán aprender a utilizar plataformas didácticas tecnológicas, ya que estas son las encargadas de gestionar los contenidos y difundir los mismos. Al usar este tipo de plataformas lo que se busca es encontrar la manera de volver factible el conocimiento, medido por estas herramientas tecnológicas desde un punto de vista educativo.

En la actualidad, es de mucha importancia que los estudiantes manejen las nuevas tecnologías, y sobre todo aquellas que se orientan a la educación, para que no se limiten a obtener solo el conocimiento en las aulas de clases sino que amplíen su fuente informativa.

Para los docentes, es importantísimo hacer uso en el aula de la tecnología educativa, de manera que sea benéfico para el estudiante, y su manejo sea apropiado para mejorar la calidad en la educación. Cabe señalar que las aplicaciones tecnológicas educativas deben cumplir aspectos pedagógicos para que estas solventen las necesidades, contextos y objetivos a seguir en un curso educativo.

Algo de suma relevancia para el docente, es cuidar que la tecnología no se use solo para distraer al estudiante en su proceso formativo, habrá que crear conciencia en él para que esta se utilice de forma responsable dentro y fuera del aula de clases como un nuevo escenario educativo, donde podrán aprender a moverse e intervenir en diversos ámbitos dentro de la sociedad con una cultura de educación tecnológica un tanto diferente a la del siglo anterior.



Figura 2. Tecnología educativa.

(a) Pizarrón interactivo (b) Mesa computadora – touch table (c) Proyector interactivo (d) Easy Pen

5. MODALIDADES EDUCATIVAS

Las modalidades educativas han ido ampliándose cada vez más conforme pasa el tiempo y avanzan los logros tecnológicos. Primero se tenía solo la modalidad educativa presencial donde el estudiante debía de asistir al aula de clases para adquirir conocimientos, posteriormente se pensó en una modalidad virtual y a distancia donde se tenía que estudiar utilizando tecnología y plataformas educativas, ahora se piensa en una modalidad mixta donde no solo el estudiante debe interactuar con plataformas virtuales y tecnología educativa sino que se presenta en el aula de clases para enriquecer los conocimientos adquiridos de forma autónoma y colaborativa en un entorno de aprendizaje.

Esto no significa que una modalidad educativa reemplace a la otra, simplemente se va enriqueciendo la educación haciendo uso de los avances tecnológicos.

Las modalidades educativas, han venido forzando al desarrollo de modelos educativos ya que primero se tenía el modelo tradicional centrado en la enseñanza donde el profesor era el principal transmisor del conocimiento. “Ahora se tiene un modelo centrado en el aprendizaje” [2] donde el profesor es solo un facilitador del proceso de aprendizaje del alumno, en este modelo se requiere de la participación activa del estudiante de una manera diferente a la tradicional, ya que se pretende

promover en él la responsabilidad de su propio aprendizaje, un papel participativo y colaborativo en el proceso, el contacto con su entorno para intervenir social y profesionalmente en él, y su compromiso con el proceso de reflexión sobre lo que hace, cómo lo hace y qué resultados obtiene.

Los avances tecnológicos con los entornos virtuales, han sido uno de los factores que impulsan a los cambios de los modelos de enseñanza – aprendizaje, además el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 marca en su Objetivo 11, “impulsar el desarrollo y utilización de nuevas tecnologías en el sistema educativo para apoyar la inserción de los estudiantes en la sociedad del conocimiento y ampliar sus capacidades para la vida, [...] usando como estrategia promover modelos de educación a distancia para educación media superior y superior, garantizando una buena calidad tecnológica y de contenidos” [3]. Lo que implica el uso de una educación virtual e-learning y una educación mixta como b-learning.

6. ENTORNOS VIRTUALES

Un entorno virtual, es un espacio donde haciendo uso de la tecnología, los estudiantes pueden lograr un aprendizaje incorporando nuevas habilidades y saberes a su conocimiento. Estos entornos permiten la creación y mantenimiento de comunidades virtuales, proporcionando los servicios con los que se identifica cada comunidad de usuarios pudiendo estos comunicarse, relacionarse, informarse, entre otros.

De manera general, los entornos virtuales establecen dentro de la educación, una red de comunicación entre todos los estudiantes, potencializando sobre todo el aprendizaje y la cooperación a través de herramientas usadas como recursos didácticos, con un enfoque que le permite a los estudiantes obtener una visión constructivista trabajando con materiales pedagógicos en formato electrónico.

6.1 e-learning

La llegada de la tecnología y las prácticas educativas dieron lugar a los entornos virtuales, dentro del cual se encuentra la modalidad educativa e-learning, esta se centra principalmente en la autonomía de estudio del alumno, usando como medio la tecnología para el aprendizaje.

“Si partimos de la definición que en 2004 da la E-Learning Europe de e-learning como el «uso de las nuevas tecnologías multimedia y de Internet para mejorar la calidad del aprendizaje mediante el acceso a recursos y servicios, y a colaboraciones e intercambios a larga distancia», nos damos cuenta de que se pone un especial énfasis, por una parte, en la tecnología y su uso, y por otra en los procesos de aprendizaje” [4].

Esto hace alusión a que en el modelo e-learning es necesario llevar a cabo un proceso de aprendizaje haciendo uso de la tecnología, en este sentido, el docente a cargo de un curso e-learning está obligado no solo a dominar el proceso de enseñanza para el buen aprendizaje de los estudiantes, sino que debe hacer uso de las tecnologías de información y comunicación, conocer diversas herramientas que le permitan guiar al estudiante en la incursión de estas. Además el docente deberá tener una flexibilidad curricular que le permita poner en práctica estrategias virtuales que potencien la vivencia de nuevos entornos de aprendizaje y se obtenga en consecuencia de ello el alcance de los objetivos de aprendizaje.

6.2 b-learning

Blended Learning, b-learning o BL posee diversos significados, uno de los más aceptados es el que se entiende como el aprendizaje combinado, donde se hace uso de la tecnología de manera no presencial (virtual) y de la enseñanza cara-a-cara (presencial).

“Blended-learning se refiere a cuatro conceptos:” [5]

- a) Combinación mezclada de diferentes formatos de tecnologías de la Web (por ejemplo, salones en vivo virtuales, instrucción autónoma, aprendizaje colaborativo con foros, video en demanda, audio, y texto) para lograr los objetivos educativos.
- b) Combinar varios enfoques pedagógicos (por ejemplo, constructivismo, conductismo y cognitivismo) para producir un resultado de aprendizaje óptimo con o sin tecnología instruccional.
- c) Combinar cualquier forma de tecnología instruccional (por ejemplo, el uso de video tapes, CD-ROMS, capacitación on-line, películas) con instrucción y capacitación presencial cara-a-cara.
- d) Mezclar o combinar tecnología instruccional con actividades concretas para crear un efecto armónico de aprendizaje y trabajo.

“El b-learning nos haría plantearnos un uso eficaz de las TIC’s y constituye un modelo de aprendizaje en que se consigue una serie de combinaciones fundamentales, como los que se muestran en la tabla I” [6].

MODELO PRESENCIAL	MODELO VIRTUAL-PRESENCIAL
Presencialidad	+ virtualidad
Relación profesor-alumnos	+ relación alumnos-propio aprendizaje
Transmisión de conocimientos	+ desarrollo de capacidades
Cultura escrita-oral	+ cultura audiovisual
Uso de tradicional tecnologías (pizarra, libro...)	+ nuevas tecnologías (campus virtual)

Tabla I. Comparativa entre el modelo presencia y el modelo virtual-presencial de aprendizaje

Como se puede observar en la tabla 1, el b-learning es un modelo educativo virtual-presencial en donde el uso de las TIC’s es indispensable para lo que estudiantes aprendan a procesar la gran cantidad de información que el propio modelo propone.

Esta modalidad educativa mixta se está llevando a cabo en diversas instituciones de educación superior ya sean públicas o privadas, por lo que hoy día un docente no puede darse el lujo de no usar la tecnología al servicio de la educación, este deberá también cumplir con competencias específicas que exige esta nueva forma de enseñanza.

7. INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EDUCATIVA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Se puede observar actualmente, que los estudiantes ya no pueden concebir una educación sin el uso de la tecnología, cada vez se hacen más dependientes de ella, esta situación, los docentes tendrán que utilizarlo en beneficio de un buen desarrollo educativo.

Los cambios tecnológicos, han provocado en la educación una evolución en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en las modalidades educativas, sean estas presenciales, virtuales o mixtas. Estas modalidades han traído consigo un sin número de destrezas, habilidades y actitudes tanto que el profesor necesita desarrollar como el estudiante necesita aprender. Estos cambios en definitiva han sido más que buenos, ya que ha permitido integrar a más personas en una formación profesional y ha generado el desarrollo de competencias en los mismos. Ver figura 3.

9. REFERENCIAS

- [1] Lozano Rodríguez, Armando; Burgos Aguilar, José. *Tecnología educativa en un modelo de educación a distancia centrado en la persona*. (Limusa, México). p. 82. (2010).
- [2] Dirección General de Educación Superior Tecnológica. *Modelo Educativo para el Siglo XXI*. México. D.F. ED. SEP –SNEST. pp 29-30. (2004).
- [3] Plan Nacional de Desarrollo. [En línea], En: http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/index.php?page=transf_edu2 ó http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND_2007-2012.pdf pp. 187, 190
- [4] Planella, Jordi; Rodríguez, Israel *Del e-learning y sus otras miradas: una perspectiva social* RU&SC. Vol. 1. Núm. 1. Universidad Oberta de Catalunya. España. p. 10. (2004).
- [5] Lozano Rodríguez, Armando; Burgos Aguilar, José. *op. cit* p.130.
- [6] Alemany Martínez, Dolores. *Blender Learning: Modelo virtual-presencial de aprendizaje y su aplicación en entornos educativos*. I Congreso Internacional Escuela y TIC. IV Foro Novadors Más allá del software libre. Facultad de Educación. Universidad de Alicante. p. 3. (2007).
- [7] Delors, Jacques. *La educación encierra un tesoro*. (Ediciones UNESCO, Francia). p. 34.
- [8] Tirado Segura, Felipe, et al. (2010). *Sistematización de una experiencia de evaluación cualitativa. Hacia una nueva concepción del proceso educativo*. Revista de la educación superior. Vol. XL (3), No. 159. pp. 9 – 28.
- [9] Duart, Josep M.; Lupiáñez, Francisco. *La perspectiva organizativa del e-learning*. RU&SC. Vol. 2, Núm. 1, Universitat Oberta de Catalunya, España. pp. 1-4. (2005).

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE GREEN IT Y SU CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SUSTENTABLE.

M.C. Aída Lucina González Lara, M.I. Laura Patricia Del Bosque Vega,
M.I. Raquel Martínez Martínez

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Universidad Autónoma de Nuevo León
aida.gonzalezlr@uanl.edu.mx, laura.delbosquevg@uanl.edu.mx, raquel.martinezm@uanl.mx

RESUMEN

Las tecnologías de la información (TI) no pueden quedar ajenas a la preocupación por el cuidado del medio ambiente, todos los agentes involucrados deben hacer esfuerzos para mitigar su impacto. *Green IT* se define como el estudio y la práctica de el diseño, fabricación, uso y eliminación de las computadoras, servidores y subsistemas asociados de manera eficiente y eficaz con un impacto mínimo en el medio ambiente. Estamos llamados a hacer los sistemas de TI y su uso más ecológicos y aplicarla de forma innovadora para abordar los problemas ambientales. En este estudio se describen técnicas operacionales utilizadas para adoptar *Green IT* en la empresa como: reconfiguración de centro de datos, ahorro de energía en equipos de cómputo, virtualización, actualización de software y reciclaje, se diseñó y aplicó una encuesta acerca del tema a 50 empresas de Monterrey y su área metropolitana en 2011, se muestran los resultados obtenidos.

ABSTRACT

Information technologies (IT) cannot be beyond the concern for the care of the environment, all the agents involved should make efforts to mitigate its impact. *Green IT* is defined as the study and practice of design, manufacture, use and disposal of computers, servers and associated subsystems efficiently and effectively with minimal impact on the environment. We are called to make IT systems and its use greener and apply it in innovative ways to address environmental problems. This study describes operational techniques used to adopt *Green IT* in the company as: reconfiguration of data center, energy savings in computer hardware, virtualization, software upgrades and recycling, we designed and implemented a survey on the subject at 50 companies in Monterrey and its metropolitan area in 2011, it shows the results obtained.

INTRODUCCIÓN

En la época actual asuntos tan graves como la escasez de energía, el calentamiento global o el efecto invernadero han hecho necesario que el cuidado del medio ambiente sea una prioridad tanto para los gobiernos como para las empresas y la sociedad en su conjunto [1].

En 1992, la Agencia de Protección Ambiental (APA) de E.U.A. introdujo Energy Star como un programa denominado voluntario, el cual, es diseñado para identificar y promover productos energéticamente eficientes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los equipos y monitores fueron los primeros productos etiquetados. Hoy en día el programa Energy Star es el motor de la eficiencia energética en los sistemas electrónicos (no sólo de procesamiento de la información, sino también del equipamiento electrónico doméstico). La aplicación del programa Energy Star es una de las medidas más utilizadas en la implementación de *Green IT* [2].

El concepto de *Green IT* surge como respuesta a necesidades ambientales y la iniciativa de su implementación debido a la presión política y social, la regulación gubernamental, aumento del coste de eliminación de residuos, imagen corporativa, y la percepción del ser humano [3].

La adopción de productos y aproximaciones más eficientes pueden permitir más equipamiento dentro del mismo gasto energético (lo que se denomina huella energética, o *energy footprint*), o

dentro de un centro previamente completo. Las regulaciones se están multiplicando y podrían limitar seriamente a las empresas a la hora de construir centros de procesamiento de datos, ya que el efecto de las redes de suministro eléctrico, las emisiones de carbono por el incremento de uso y otros impactos medioambientales están siendo investigadas. Por tanto, las organizaciones deben considerar las regulaciones y tener planes alternativos para el crecimiento de sus centros de procesamiento de datos y de su capacidad [4].

El primer movimiento ecológico TI ó TI 1.0 ecológico (*Green IT 1.0*) estuvo enfocado internamente sobre la reingeniería de productos de TI y procesos para mejorar su eficiencia energética, maximizar su uso y el cumplimiento de requerimientos.

Green IT se define como: El estudio y la práctica de el diseño, fabricación, uso y eliminación de las computadoras, servidores y subsistemas asociados tales como, monitores, impresoras, dispositivos de almacenamiento y de redes y sistemas de comunicación de manera eficiente y eficaz con un impacto mínimo o nulo en el medio ambiente [1]. Por otro lado, también se puede definir como: el uso óptimo de la información y la comunicación para la gestión de la sustentabilidad ambiental de las operaciones de la empresa y la cadena de suministro, así como de sus productos, servicios y recursos, a través de sus ciclos de vida [5].

“*Greening of IT*” (Reverdecimiento de las TI), también conocido como *Green IT 2.0*, está externamente enfocado y apoya en un rango a otras iniciativas medioambientales teniendo como objetivo reducir la degradación ambiental y la emisión de gases por efecto invernadero. Este segundo movimiento es acerca de las innovaciones sustentables basadas en TI. Por ejemplo, además de ser ecológico, TI puede ayudar a crear un ambiente más sustentable de la siguiente manera [6]:

- Coordinación, reingeniería y optimización de la cadena de suministro, actividades de manufactura y el ciclo de trabajo organizacional minimizando el impacto ambiental.
- Hacer eficientes las operaciones de negocios, edificios y otros sistemas de energía.
- Ayudar a tomar decisiones a través de análisis, modelado y simulación de impactos ambientales.
- Proveer plataformas para una administración ambiental e intercambio de emisiones.
- Auditar y reportar el consumo de ahorro de energía.
- Ofrecer sistemas de administración de conocimiento ambiental y sistemas de soporte de decisiones.

Para detener la acumulación de las emisiones de gases por efecto invernadero en la atmósfera las emisiones globales deberían de parar su crecimiento. La electricidad es una de las mayores causas de el cambio climático, porque el carbón o aceite que ayuda a generar electricidad también libera bióxido de carbono, contaminantes y sulfatos en la atmósfera. Estas emisiones pueden causar problemas respiratorios, smog, lluvia ácida y un cambio climático global. Reducir el consumo de energía eléctrica es la llave para reducir emisiones de bióxido de carbono y su impacto en nuestro ambiente y el calentamiento global [6].

CONCEPTOS ASOCIADOS A GREEN IT

1.- Administración de la energía

Actualmente se utiliza una gran cantidad de energía eléctrica para que puedan operar los diferentes equipos de cómputo, desde estaciones de trabajo hasta grandes servidores y los diferentes suministros necesarios como los centros de datos (*datacenters*) que los alojan, el aire acondicionado, la iluminación, UPS (*Uninterruptible Power Supply*) entre otros, esto con el fin de satisfacer las demandas de información de los usuarios. Actualmente las empresas consumidoras y productoras de equipos de cómputo, preocupadas por mejorar este aspecto, están tomando acciones para la reducción del consumo de energía, esta es una de las principales metas del *Green Computing* [1].

2.- Huella de Carbono

El término huella de carbono es ampliamente utilizado como amenaza al cambio climático global. De acuerdo con Wiedmann & Minx, [7] la creencia común es que la huella de carbono son ciertas cantidades de gases asociados con la producción y actividades, propias de los humanos, que son responsables por cambios en el clima. De acuerdo a ETAP (2007), [8] la huella de carbono, es la medida del impacto que las actividades humanas tienen sobre el medio ambiente en términos de la cantidad de gases producidos.

ENFOQUE DE GREEN IT

Para comprender el camino eficaz de los impactos ambientales de TI, debemos de adoptar un enfoque integral hacia esos problemas, en la Gráfica 1 se muestran las 4 maneras complementarias para aplicarlo [1]



Gráfica 2. Enfoque Integral para aplicar Green IT

- Uso Verde (Green use): Reducir el consumo de energía de las computadoras y otros sistemas de información y usarlos de manera ambientalmente racional.
- Reciclaje ecológico (Green disposal): Restaurar y reciclar computadoras viejas y reciclar apropiadamente las computadoras ya no utilizadas y otros equipos eléctricos.
- Diseño ecológico (Green design): Diseñar componentes, computadoras, servidores y equipo de enfriamiento que sean cuidadosos con el medio ambiente y ahorradores de energía.
- Manufactura ecológica (Green manufacturing): Manufacturar componentes electrónicos, computadoras y otros subsistemas asociados con un mínimo impacto en el ambiente.

ESTRATEGIAS GREEN IT

1.-El ahorro de energía en equipos de cómputo.

La mayoría de las computadoras personales, están en proceso aún y cuando nadie las está utilizando, porque los usuarios las dejan prendidas de manera innecesaria, gastando electricidad. Además, las computadoras generan calor y requieren de enfriamiento adicional, lo cual se añade al costo total del consumo de energía por toda la empresa.

Podemos reducir el consumo de energía adoptando varias medidas:

- Reduciendo el consumo de energía en las PCs mediante la habilitación de maneras de administrar energía sin sacrificar funciones, se pueden programar computadoras que automáticamente se coloquen a un estado “ahorro de energía”, cuando no se usen. EPA (US *Environmental Protection Agency*) estima que colocando a las computadoras en un modo de suspensión reduce su uso de energía por un 60- 70 por ciento [9].
- Otra opción es utilizar un software como “Surveyor” de Verdiem [10] el cual ofrece un nivel de control de redes sobre PCs y monitores. El software coloca la PC en un modo de

consumo bajo de energía, como apagarla, bloquear o suspender y los monitores en un modo de suspensión cuando nadie los está utilizando.

- Se puede recurrir a la actualización de los equipos que no tengan la etiqueta *Energy Star* a equipos que si cumplan con las normas del programa y la etiqueta *Energy Star*.
- Muchas personas creen que la vida de las computadoras es baja si se está prendiendo y apagando, es por eso que dejan sus computadoras prendidas todo el tiempo. El periodo de vida de los equipos electrónicos depende de su tiempo acumulado de operación y su temperatura. Apagándola reduce estos dos factores, haciendo que se incremente la vida del equipo.
- Un protector de pantalla en blanco ahorra más energía que un protector que está desplegando imágenes en movimiento, ya que éstas interactúan continuamente con el CPU, como quiera reduce el consumo de energía del monitor aunque solo sea en menor porcentaje.
- Los usuarios pueden escoger utilizar computadoras “thin-client” las cuales utilizan un cinco por ciento menos de energía que una computadora de escritorio.

2.-Centros de datos favorables con el medio ambiente.

El número de servidores de computadoras en los centros de datos se ha multiplicado por seis hasta 30 millones en la última década y cada servidor viejo utiliza mucho más electricidad que un modelo reciente. Con el aumento del costo de la energía, el costo operacional de los centros de datos aumenta considerablemente. Además el costo de la disposición de energía eléctrica se ha convertido un problema crítico en muchas compañías haciendo que sus centros de datos se estén expandiendo [1].

Se puede mejorar la eficiencia de los centros de datos usando un equipo de energía nuevo y eficiente, mejorando el flujo del aire con un buen manejo de ventilación para reducir los requerimientos de enfriamiento, invirtiendo en un software para el correcto uso de la energía y adoptando diseños ambientales adecuados para los centros de datos y medidas que frenen el consumo de energía.

El líquido es más eficiente que el aire para enfriar los servidores que se encuentran calientes, sin embargo, los usuarios se rehúsan a utilizarlo como método de enfriamiento, debido a la complejidad que este método pueda causar en su uso.

Un aspecto importante es la posibilidad de reubicar el centro de datos en algún lugar que ofrezca reducción de energía o mejor aprovechamiento de la energía renovable, como lo ha hecho Google, que ha reubicado sus centros de datos cerca de las centrales hidráulicas para aprovechar al máximo esta fuente de energía y reducir sus costos. En el centro de datos de Microsoft en San Antonio hay sensores que miden todo el consumo de energía, utilizan un software de administración de energía desarrollado internamente llamado Scry, cuentan con virtualización en gran escala y reciclan el agua usada para el enfriamiento del centro de datos [11].

Se desarrollan diseños de centros de datos eco-amigables que utilizan un tipo de techo de caucho blanco sintético, pintura y alfombra que contiene bajos componentes orgánicos volátiles (*VOC-Volatile Organic Compound*) y los sistemas tanto mecánicos como eléctricos cuentan con un sistema eficiente de energía el cual cuenta con una eficiencia óptima. Los Eco-diseños son utilizados bajo luz natural así como energía ecológica (energía generada por energía solar y por el viento) para hacer funcionar el centro de datos [1].

Los profesionales de IT pueden tomar medidas para reducir el calor, añadir luz y descartar materiales que contengan químicos tóxicos que se encuentren en existencia en los centros de datos. Asimismo pueden utilizar ventanas ahorradoras de energía, domos y cambiar el techo y la alfombra por una variedad de bajos componentes orgánicos volátiles.

3.- Virtualización

La virtualización es la estrategia clave para reducir el consumo de energía en los centros de datos. Con la virtualización, un servidor físico puede almacenar múltiples servidores virtuales. La virtualización habilita los centros de datos para consolidar su infraestructura del servidor físico por almacenar los múltiples servidores virtuales por un pequeño número de servidores más poderosos, utilizando menos electricidad y simplificando el centro de datos.

Además obteniendo un mejor uso del equipo de cómputo, la virtualización reduce espacio en el lugar del establecimiento y reduce las demandas de energía del centro de datos.

Consiste en una capa intermedia de software entre los dispositivos físicos de hardware y los dispositivos virtuales que ofrece a la máquina virtual. Sirve para mejorar los niveles de disponibilidad, rendimiento, compatibilidad, seguridad y escalabilidad así como al uso eficiente de los recursos de hardware [13].

4.-Actualización de software.

Existen estrategias en el uso de software que ayudan a implementar los procesos de Green IT, por ejemplo, el Software as a Service (SaaS) y *Cloud computing*.

Dependiendo del tamaño, el número de colaboradores y el sector de actividad de la empresa, las iniciativas "Green IT" no son las mismas. Si hay un común denominador, es sin lugar a dudas el de las soluciones SaaS (Software as a Service, por sus siglas en inglés, "programas vistos como servicios") para los profesionales. Se refiere al software que, gestiona de forma remota y es propiedad de uno o más proveedores. Su funcionamiento corresponde a que, el proveedor proporciona un software, en donde, el software y los datos almacenados son distribuidos para sus respectivos clientes. Estas permiten trabajar con aplicaciones profesionales (suite ofimática, mensajería, VoIP) instaladas en el servidor remoto de un proveedor y accesible desde Internet [13].

Computación en nube (*Cloud Computing*) es una forma de computación distribuida que proporciona a sus usuarios la posibilidad de utilizar una amplia gama de recursos en redes de computadoras para completar su trabajo [14]. *Cloud computing* se refiere a la forma de ver un *grid computing* (conjunto de computadoras conectadas entre sí y que comparten sus recursos) como proveedor de servicios de software y datos [12]. El *Cloud computing*, permite a los usuarios adquirir y liberar los recursos requeridos y facilita el acceso a los datos [15].

MARCO DE TRABAJO PARA ADOPTAR GREEN IT.

Para realizar la adopción de Green IT en la empresa se debe de realizar un marco de trabajo que sigue tres pasos: [16]

1. Se deben de determinar los factores externos e internos. Estos factores deben ser los más importantes, los cuales afectan las operaciones y las decisiones estratégicas de una empresa. Los factores externos se encuentran integrados por: la regulación gubernamental, la competencia, los estándares de la industria, los implicados y el mercado. Los factores internos se encuentran integrados por: prioridad y compromiso, liderazgo; fondos asignados, tipo de industria / tamaño de la empresa; resistencia interna y departamento de TI.
2. Consiste en la estrategia, la tecnología y los procesos sofisticados. Toda empresa que tenga la iniciativa para adoptar el Green IT debe tener la capacidad para apoyar las demandas en cuanto a las funciones y el crecimiento del negocio mientras implementa el Green IT en la empresa. En este segundo paso, se requiere de un proceso, el cual, se divide en dos partes. La primera parte consiste en una evaluación mediante auditoría externa y realizar una evaluación comparativa con la industria, esto permite determinar el avance de los procesos estratégicos y del respectivo funcionamiento de la empresa. La segunda parte consiste en incluir la integración de la aplicación de los factores externos e internos con el nivel identificado en el que funcionan los procesos de la organización.
3. Se refiere a medir la sustentabilidad. Esta medida se logra contrastando la situación actual de la empresa con los cambios estratégicos propuestos.

APLICACIONES DE GREEN IT EN LAS EMPRESAS

IBM

IBM está desarrollando el programa *Big Green Innovations* [17] en el que IBM ha presentado un centro de datos virtual ecológico denominado Virtual Green Data Center [18].

INTEL

Intel es un ejemplo de tecnología 'verde', desde su creación hace 40 años, la firma líder en fabricación de microprocesadores, siempre ha trabajado bajo el concepto de tecnología sustentable.

El objetivo de la firma con la adquisición de energía renovable, es estimular al mercado para que utilice energía verde. En la planta de Nuevo México, el agua que usan para los microprocesadores, se devuelve al mundo mucho más limpia de como la reciben [19].

DELL

La empresa Dell ayuda a PYMES a reducir consumo de energía y administrar costos, los clientes de la pequeña y mediana empresa adoptan la tecnología de Dell para realizar sus operaciones de una manera más eficiente. Dell proporciona programas de reciclaje gratuitos y recursos en línea que ayudan a las empresas a tomar la decisión de convertirse en negocios verdes, también ofrece a los clientes de las pequeñas y medianas empresas una tecnología de ahorro en el consumo de energía y recursos gratuitos que les ayudan a realizar sus operaciones de una manera más eficiente y a cambiarse a la conciencia ambiental en la práctica en la empresa [19].

HP

HP (*Hewlett Packard*) ha presentado de forma global el conjunto de políticas que está aplicando tanto a nivel interno como en toda su gama de productos de cara a los clientes (en este caso de la gama de impresión, división más propensa a reciclar, puesto que tiene un gran número de elementos consumibles). Esta política se basa en tres pilares fundamentales: eficiencia energética, alternativas verdes y reciclaje [20].

Otras empresas, como Google o Symantec, están desarrollando programas de eficiencia energética, tanto para sus propios procesos de TI como para los de sus clientes [4].

GREEN IT EN MEXICO

Según la encuesta empresarial de América Latina 2009 hecha por "Green IT" las firmas mexicanas encabezan la aplicación de estrategias "verdes" en la parte de Tecnología de la Información y Comunicaciones (TIC) de América Latina. Desde hace algún tiempo lo "Green" ha pasado de ser una moda para transformarse en una tendencia que va al alza año con año y más en el área tecnológica donde ha encontrado un eco importante debido a que permite que cada vez más procesos se vuelvan menos dañinos con el medio ambiente [21].

Las compañías mexicanas están optando por usar tecnologías verdes, según el estudio Green IT de la consultora IDC. Actualmente, 69% de las empresas en México y 68% en Brasil cree que el principal impulsor para la adopción de Green IT es la reducción de costos, sumada al posicionamiento de marca y su reputación [22].

Las siguientes empresas mexicanas han implantado estrategias Green IT

Recicla Electrónicos México S. A. de C. V. (REMSA)

Preocupados por encontrar soluciones al reciente problema del confinamiento y quema a cielo abierto de gran parte de los residuos electrónicos en el mundo, REMSA cuenta con procesos de reciclaje que aplican Tecnología Verde en sus procesos, realizando en conjunto con reconocidos Centros de Investigación e Instituciones Educativas de Nivel Superior, investigación y desarrollo tecnológico para aplicar nuevas alternativas sustentables, que ambientalmente contribuyan en la reducción del impacto y daño ecológico a nuestro ambiente [23].

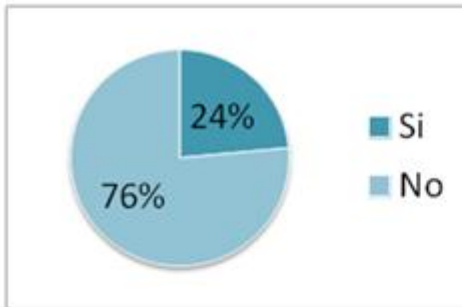
Sony de México

Sony de México reconoce a la Responsabilidad Social Empresarial como parte esencial de su misión corporativa y, a partir de ella, tiene entre sus objetivos: las prácticas equitativas de negocio,

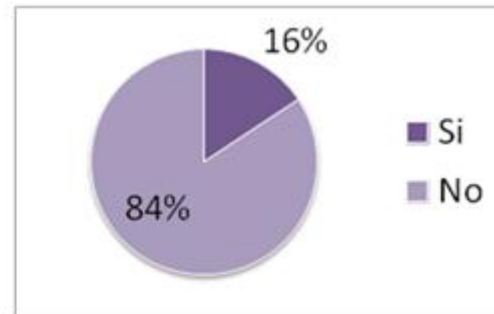
el compromiso con la calidad, el respeto a sus colaboradores, la preservación del medio ambiente y la contribución a la creación de una sociedad sustentable. [24].

ENCUESTA GREEN IT EN MONTERREY Y SU ÁREA METROPOLITANA

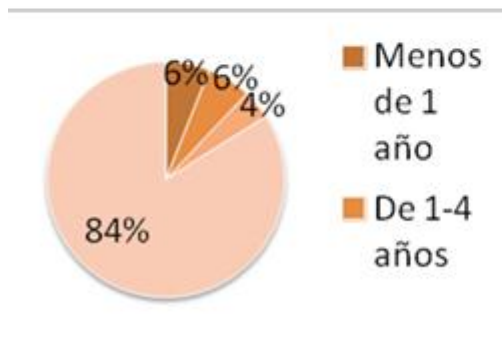
Durante el año 2011 se realiza una encuesta a 51 empleados de empresas del área de TI, se muestran en las siguientes gráficas algunos de los resultados obtenidos que fueron relevantes.



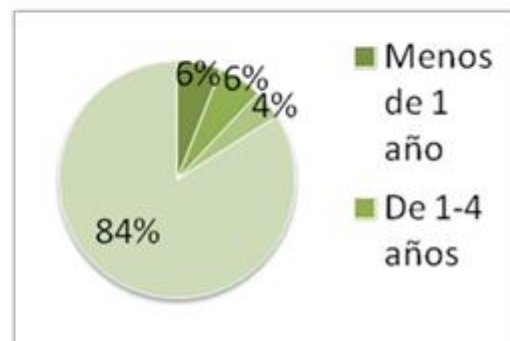
Gráfica 2. Representa las respuestas a la pregunta En su empresa, ¿Cuentan con un equipo ecológico, formado por miembros de la misma empresa?



Gráfica 3. Respuesta a la pregunta En su empresa ¿conocen el concepto de GREEN IT?



Gráfica 4. Respuesta a la pregunta ¿Desde cuándo aplican GREEN IT en su empresa?



Gráfica 5. Respuesta a la pregunta ¿Desde cuándo aplican GREEN IT en su empresa?

Como se muestra en la Gráfica 2, el 84% de las personas encuestadas no estaban familiarizadas con el Concepto de Green IT, en la Gráfica 3 se observa que de la personas que lo aplicaron en su mayoría lo llevaron a cabo en fechas recientes (menos de 4 años).

CONCLUSIONES

Actualmente las Tecnologías de la Información no pueden permanecer ajenas a la enorme problemática existente en el medio ambiente: contaminación, calentamiento global, efecto invernadero. La iniciativa Green IT pretende contribuir de forma sustancial al cuidado y mantenimiento de los ecosistemas naturales desde los equipos de las Tecnologías de la Información, haciendo posible un desarrollo sostenible. Dentro de las políticas que se siguen en Green IT, una de las más importantes es la que promueve un aumento de la eficiencia energética de los equipos electrónicos, pues las fuentes de energía eléctrica son una de las principales causas del increíble aumento de la huella contaminante en el planeta. Las empresas de todo el mundo han descubierto que el respeto hacia la ecología no simplemente resulta positivo para el planeta, sino también para la base de sus negocios. Es importante contribuir para desarrollar una

actitud positiva hacia la solución de problemas ambientales y contemplar el futuro para adoptar prácticas y políticas favorables con el medio ambiente. Debido a que la Tecnología de la Información, es utilizada en todos los ámbitos, no sólo en el propio campo, esta información debe ser divulgada a todas las áreas para motivar a desarrollar una mentalidad ecológica e impulsar a hacer todo lo posible para hacer más ecológico el uso de las TI.

Referencias Bibliográficas.

1. Murugesan, S. (2008). *Harnessing Green IT: Principles and Practices*. IT Professional , 24-33.
2. Vykoukal, J. Wolf, M. Beck, R. (2009) *Does Green IT Matter? Analysis of the Relationship between Green IT and Grid Technology from a Resource-Based View Perspective* PACIS 2009.
3. Unhelkar, Bhuvan and Dickens, Annukka (2008), *Lessons in Implementing Green Business Strategies with ICT*, Cutter IT Journal, 21(2), pp. 32-39
4. López Vallejo, M.; E. H. (2008). *Informe de Vigilancia Tecnológica Madrid Green IT: tecnologías para la eficiencia energética en los sistemas TI*. Madrid: Fundación madri+d para el Conocimiento.
5. Mann, H. G. (2009). *Green IT: An Implementation Framework*. Americas Conference on Information Systems (AMCIS), (p. Paper 121).
6. Murugesan, S. (2011). *Green IT: Helping to Create a Sustainable Planet* . Computing Now.
7. Lash, J. a. (2007, Marzo). *Capital Markets Partnership*. Retrieved Marzo 23, 2012, from Competitive Advantage on a Warming Planet:
<http://www.capitalmarketpartnership.com/UserFiles/admin%20HBR%20-%20Competitive%20Advantage%20on%20a%20Warming%20Planet.pdf>
8. ETAP. (2007, Enero). European Commission. Retrieved Marzo 23, 2012, from The Carbon Trust helps UK Businesses reduce their environmental impact:
http://ec.europa.eu/environment/etap/pdfs/jan07_carbon_trust_initiative.pdf.
9. Boulder, U. o. (2011). Environmental Center. Retrieved Marzo 5, 2012, from http://ecenter.colorado.edu/energy/projects/green_computing.html
10. Verdiem, C. (2012). Verdiem. Retrieved Marzo 6, 2012, from Verdiem: www.verdiem.com
11. Hoover, J. N. (September 20, 2008). 10 Ideas To Power Up Your Green IT Agenda. Information Week, 44.
12. Gutiérrez, A. (2010). *Computación en la nube*. Revista Electrónica Ingeniería Primero , 40-44.
13. CommentCaMarch. (2010, Febrero 8). Kioskea.net. Retrieved Marzo 24, 2012, from La tecnología verde (Green IT) en la empresa: <http://www.commentcamarche.net/faq/26634-les-technologies-green-it-dans-l-entreprise>
14. Fundation, N. S. (2009, Mayo 8). Communications of the ACM. Retrieved Marzo 23, 2012, from A Nimbus Rises in the World of Cloud Computing. ACM News:
<http://cacm.acm.org/news/26083-a-nimbus-rises-in-the-world-of-cloud-computing/fulltext>
15. Liu, L. Wang, H. Liu, X. Jin, X. He, W. Wang, Q. Chen, Y. (2010) *GreenCloud: A New Architecture for Green Data Center Management*, 24844, 29-38. ACM Press.
16. Mann, H. Grant, G. Singh, I. (2009). *Green IT: An Implementation Framework* Americas Conference on Information Systems (AMCIS). Proceedings. Paper 121.
17. Nunes, S. L. (2009, Octubre 1). IBM. Retrieved Marzo 23, 2012, from Big Green Innovations:
[https://www950.ibm.com/events/wwc/ca/canada.nsf/vLookupPDFs/Sharon_Nunes/\\$file/Sharon_Nunes.pdf](https://www950.ibm.com/events/wwc/ca/canada.nsf/vLookupPDFs/Sharon_Nunes/$file/Sharon_Nunes.pdf)
18. IBM. (2008, Septiembre 16). IBM. Retrieved Marzo 23, 2012, from Virtual Green Data Center: <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/25138.wss>

19. Moctezuma G., R. (2008, Octubre 22). Intel, un ejemplo de tecnología 'verde'. CNN EXPANSIÓN. DELL. (2009, Junio 5). DELL. Retrieved Marzo 23, 2012, from Dell Ayuda A PyMEs: Reducir Consumo De Energía Y Administrar Costos Ante Economía Retante: http://www1.la.dell.com/content/topics/global.aspx/corp/pressoffice/es/2009/2009_06_05_rr_001?c=mx&l=es
20. S n(2008, Julio 7). Domótica Viva. Retrieved Marzo 23, 2012, from HP la tecnología verde para el hogar digital: <http://www.domoticaviva.com/PHP/newsphp.php?id=1108>
21. Melder, I. (n.d.). Industrias Melder. Retrieved Marzo 24, 2012, from Empresas mexicanas aplican estrategias verdes:http://www.melder.com.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=7&Itemid=39
22. De Paz Salazar, D. (2009, Abril 8). El Universal. Retrieved Marzo 24, 2012, from Prefieren tecnología verde para ahorrar gastos: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/53437.html>
23. Núñez Solís, M. C. (n.d.). *Programa de Recolección y Reciclado de Residuos Electrónicos: Reciclón y Punto Verde*. Retrieved Marzo 24, 2012, from Programa de Recolección y Reciclado de Residuos Electrónicos: Reciclón y Punto Verde: <http://www.semarnat.gob.mx/eventos/antiores/experienciasresiduos/Documents/ProgramadeRecolecci%C3%B3nyReciclado.pdf>
24. [25] SONY. (2009). SONY. Retrieved Marzo 24, 2012, from Sony de México, empresa socialmente responsable: <http://www.sony.com.mx/corporate/MX/acerca/SonyMexico/Compromiso.htm>

USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA DEL PLANETA Y FUENTES ALTERNAS

Ing. Moisés Molina García

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

av. 25 poniente No. 100 col. Reserva Territorial, Huatusco, Veracruz. 94100

Teléfonos: (273) 734-40-00, fax: ext.218 <http://www.itshuatusco.edu.mx>

monchi_moga@hotmail.com

RESUMEN

El consumo racional de los energéticos nos permitirá disfrutar por más tiempo de los avances tecnológicos; la tecnología nos permite hoy tomar decisiones necesarias para la conservación y sustentabilidad de los recursos que la tierra nos da, a base de la presente investigación se presentan ejemplos de cómo se pueden obtener energías alternas a bajos costos y técnicas que nos permitan utilizar de manera eficiente la energía.

ABSTRACT

The rational consume of energetic allow, us to enjoy for longer time the technological progress; this progress make, is to takes, the necessary decisions, to preserve and sustain earth resources, based on this current investigation, it is how, several examples on how to abstain alternative energies at low cost as well as their proper technical, permitting an efficient way to use this energy.

1 FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA

Hay que mencionar que para poder tener energías alternas primero debemos plantearnos de donde se van a obtener y si realmente no afectan al ecosistema, cual es su costo de producción, que personas las pueden obtener, a través de que se generan, que uso se les va a dar, si el impacto va ser grande para que la población empiece a reproducirla y utilizarla.

Sabemos que como país contamos con muchos recursos naturales, pero se ha podido observar que esos recursos ha disminuyendo debido a muchos factores, pero principalmente son en los que interviene el hombre, como por ejemplo: tala inmoderada de arboles, uso excesivo de pesticidas e insecticidas, uso de fertilizantes, contaminación del agua a través de drenajes, arrojar basura etc.

Debemos mencionar que hay que dejar de utilizar aquellas fuentes de energía que nos generen costo, sabemos que tenemos muchas fuentes que nos permitirán generar otras y que nadie no las puede vender o negar; ejemplo de ello tenemos el sol, el cual podemos hacer uso de el cuando queramos, el aire de la tierra día a día esta presente, la energía geotérmica que la podemos utilizar gracias a que contamos con un extenso territorio, la energía del mar, gracias a las olas que se generan como lo han hecho otros países.

Ahora bien si estamos contaminado demasiado el ecosistema, debemos de disminuir todo lo que nos genere perdidas, lo que debemos hacer con los recursos que ya contamos es generar fuentes de energías alternas las cuales su producción no dañe al ecosistema.

2 OBTENCIÓN DE GAS NATURAL

La mayoría de los mexicanos utilizamos el gas en nuestros hogares, para cocinar los alimentos, para calentar el agua del baño, en el caso de las industrias, para generar grandes fuentes de calor para la producción de diferentes productos, incluso automóviles utilizan gas para moverse.

Una de las opciones que se plantea es la construcción de biodigestores, los cuales nos permitan obtener gas de forma natural sin que se afecte al ecosistema.

Plantearnos entonces como es que podemos obtener gas natural (metano) a través de un biodigestor casero, llamémosle así para dar a entender que en este caso personas de la clase

baja-media-alta, lo pueden construir, debido a que el gasto no es tan excesivo y se pueden obtener energías que en este caso pueden ser utilizadas en el hogar, principalmente se esta ahorrando gas.

Sabemos que muchos hogares de México cuentan con granjas de cerdos, que de ahí generan un capital que le permite ir solventando los gastos, para este caso con el excremento de los cerdos que en la mayoría de las granjas son arrojados a declives donde llegan a drenajes, los cuales van a parar a ríos, manantiales etc. Lo que debemos hacer es que ese excremento hay que reutilizarlo para generar en este caso gas, primero debemos de empezar por la construcción de nuestro biodigestor.

Para este caso sencillo primero debemos de realizar nuestra fosa en un lugar que este a desnivel para que el excremento llegue de manera normal, seguido colocamos todos los materiales necesarios: bolsa para almacenar el gas, alcantarillas, tubos de pvc 4", block, válvula de seguridad, etc.

Una vez que contamos con los materiales y antes de empezar a construir, debemos de pensar en que una vez obtenido el gas, en donde lo vamos a utilizar y si realmente remplazaremos una energía por otra, a la vez que tanto de uso se le va a dar y por cuanto tiempo, si realmente es un proyecto con miras a largo plazo, y que si el mantenimiento que se necesite hacer no genere pérdidas en el cambio de energías alternas por las comunes.

2.1 construcción de un biodigestor

Cabe mencionar que este tipo de forma alterna de energía no debe generar un alto costo para lo cual daremos un desglose de los precios.

Material	Cantidad	Peso Unitario	Total
Block	75	4	\$262
Cal	1/2 bulto	28	\$14
Cemento	1/2 bulto	85	\$42
Arena	1 carretillada	25	\$25
Total			\$343.00

Tabla I. Costos para la producción de la fosa.

Ya terminada nuestra fosa, que es la que mas trabajo nos lleva, por que debemos escarbar, ahora es conveniente colocar el costo de construcción, de lo que es en si el biodigestor, que es en donde se va a almacenar el gas.

Material	Cantidad	Precio Unitario	Total
Alcantarilla	2	\$75	\$150
Adaptadores	4	\$20	\$80
Plástico tubular	13 m	\$52.00	\$676.00
Arandelas	2	\$13	\$26

Llave de paso	2	\$25	\$50
Pegamento para pvc	1	\$30	\$30
Sacos plásticos	8	\$4	\$32
Tubería metálica	1	\$25	\$25
Codos	3	\$20	\$60
Tapón de pvc	1	\$10	\$10.00
Tubería de pvc hidráulica	2	\$15	\$90
Neumática	3	\$20.00	\$78.00
Esponjilla de hierro	1	\$5	\$5
Manguera de jardín	5 m	\$36	\$180
Agua	500 lt	\$4.50	\$22.50
Total			\$1,514.50

Tabla II. Costos del material para la fabricación de un biodigestor.

Teniendo todos nuestros materiales, iniciamos con la construcción de biodigestor que en promedio no llevara un tiempo de 20 días, 10 días para la construcción de la fosa y el resto para que quede terminado al 100 % el biodigestor y empiece el ciclo de reproducción de gas metano

El tiempo de reproducción de gas depende de cuanto excremento se inserte dentro del biodigestor, para este caso tomaremos el excremento de 10 cerdos adultos, para lo cual durante todo 1 mes se esta lavando el excremento para que caiga en la bolsa, posteriormente se observara que la bolsa se infla lo cual quiere decir que ya podemos obtener gas.



1 Producción de gas metano

En la figura 1 se observa a la bolsa que se infla, este proceso de producción dura aproximadamente 1 mes, después de ese tiempo se seguirá reproduciendo gas, y se tendrá que extraer.



2 Extracción del gas metano

Una vez obtenido el gas se procede a dar uso el cual puede ser conectado a un calentador para tener agua caliente o a un brasero para cocinar alimentos, sin necesidad de comprar gas licuado prensado.



3 Utilizando el gas

3 CALENTADORES DE AGUA A PARTIR DE UN BRASERO (FOGÓN)

En ocasiones tenemos maneras de utilizar la energía de nuestras casas, pero no encontramos la forma, en parte estamos cooperando para ahorrar energía, además de que podemos disminuir el gasto que normalmente hacemos al comprar productos, que en este caso podrían ser reemplazados al utilizar otra fuente

Normalmente para calentar nuestro boiler, utilizamos gas Licuado Prensado, o utilizamos leña o papales para los de este sistema.

Lo que se presenta es como utilizar el calor que se desprende de nuestro brasero de nuestra casa, en donde se cocinan alimentos, a partir de la quema de leña, este se pueda conectar a nuestro calentador para así tener agua caliente durante el día sin la necesidad de comprar gas, sin quemar leña extra ni mucho menos papeles.

3.1 Materiales para la construcción de un calentador de agua a partir de un fogón

Para poder realizar este tipo de calentadores necesitamos hacer la estructura de lo que sería el fogón, en donde se calentarían los alimentos y a la vez el humo que sale entra a una tubería la cual la conduce a un calentador que permite tener agua caliente durante el tiempo que este encendido el fogón.

Material	Cantidad	Precio Unitario	Total
Tabique rojo	60	\$3	\$180
Placa metálica (60 x 50 cm)	1	\$200	\$200

Calentador a base de leña	1	\$800	\$800
Tubería y conexiones	10	\$20	\$200
Total			\$1,380

Tabla III. Costos del material para la fabricación de un calentador

Los materiales de preferencia deben de ser lo mas sencillos posibles, pero que estén en buenas condiciones, para que el gasto no se a excesivo; se pueden conseguir algunas piezas en bodegas de fierro viejo.

3.2 Construcción de calentador de agua a partir de un brasero (fogón)

Una ves que tenemos nuestros materiales pasaremos a construir nuestro calentador. Para iniciar se debe de construir la parte donde va a quedar la lamina, la cual permitirá calentar nuestros alimentos, seguido se procede a colocar los tubos que su función es llevar el humo al calentador, después de colocar el tubo principal se deberá de colocar otro tubo el cual tendrá de función el hacer que el humo no se estanque, y tenga una salida al exterior.



4 Calentador de agua a partir de un fogón

El la figura 5 se muestra se como queda construido el fogón el cual tiene la función de calentar alimentos y a la ves el humo que desprende lo conduce a través de la tubería la cual esta conectada al calentador, lo cual con el calor generado permite que el agua se caliente para poder ser utilizada en el baño sin necesidad de utilizar gas.

Hay que mencionar que la leña que se utiliza es la que se encuentra ya seca, la cual se va cayendo de los arboles; cabe mencionar que hay familias que de por si utilizan los braseros para cocinar sus alimentos, sin que le conecten este tipo de calentadores, ahora lo que se pretende es que no solo utilicen su brasero para cocinar, si no que le conecten al calentador para contribuir a ayudar al planeta.

Para que la población pueda tener el recurso para crear este tipo de calentadores se deben de crear programas, en donde se les de una explicación de su funcionamiento, además de donde pueden obtener los materiales a un bajo costo, se pretende tener relación con el gobierno el cual le proporcione una ayuda para su construcción.



5 Braser o fogón

En la figura 6 se puede observar que se debe de conectar a la instalación tubos de escape para el buen funcionamiento del calentador; es decir, de esta forma se permite que el humo no se estanque dentro del fogón ni mucho menos del calentador.



6 Tubos de escape del humo

4 USO DE LA ENERGÍA

Para iniciar debemos realizar un recuento de como hemos venido utilizando la energía que nos proporciona el planeta tierra, desde las que podemos encontrar hasta las que podemos crear, y como es que desde ahí se distribuye a lo largo de cada continente y países.

Uno de los puntos a tratar es que si las fuentes de energía con las que actualmente contamos se están extinguiendo o su producción genera impactos negativos para el ecosistema.

Al hablar de energías no solo hay que referirse a aquellas que nos sirvan para generara o construir algo; por ejemplo las gasolinas que tienen infinidad de usos; pero no debemos de olvidar que los recursos con los que diariamente sobrevivimos, que porcentaje quedan para poder seguir utilizándolos.

4.1 Como disminuir el uso excesivo de la energía

Se debe de analizar si todo lo que utilizamos diariamente lo podemos utilizar de manera eficiente; es decir, si lo que producen las empresas es utilizado de manera correcta y los recursos naturales que usamos a diario los utilizamos sin exceder.

Una de las formas que actualmente se esta trabajando y que esta al alcance de todas las familias de México es de cambiar focos incandescentes por las lámparas fluorescentes compactas auto alastradas, mejor conocidas como focos ahorradores.

El uso de estas lámparas evita la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se producen durante la generación de energía eléctrica con combustibles fósiles.

	Potencia de los focos (Watts)	Consumo de Energía Eléctrica	
		KWh/mes	KWh/año
1	100 W	10.50	127.75
2	100 W	10.50	127.75
3	100 W	10.50	127.75
4	100 W	10.50	127.75
	Total	\$ 42.00	\$ 511.00

Tabla IV. Energía utilizada con focos incandescentes

En la tabla IV, se esta hablando de que al utilizar focos comunes de 100 Watts nos esta generando un alto consumo de energía dentro de 1 año, ahora realizaremos la comparación al utilizar lámparas ahorradoras.

	Potencia de los focos (Watts)	Consumo de Energía Eléctrica	
		KWh/mes	KWh/año
1	23 W	2.54	30.85
2	23 W	2.54	30.85
3	23 W	2.54	30.85
4	23 W	2.54	30.85
	Total	10.16	123.40

Tabla V. Energía utilizada con lámparas ahorradoras

Se demuestra que el ahorro es grande por lo que nos beneficia en todo; es decir estamos evitando la emisión de gases, además de que se esta realizando un ahorro por cada familia al realizar un pago mas bajo de consumo de energía eléctrica.

De acuerdo con las tablas IV y V se esta demostrando que tenemos un ahorro cerca del 25 %, tanto en consumo, como en potencia.

Esta práctica debe ser en general, y debe ser a un mayor no solo cambiar focos, si no que deberían ser más y que todos se vean obligados de alguna manera a reemplazarlas.

4.2 Como hacer para utilizar lo necesario de los recursos naturales

Actualmente se están incorporando normas para que los recursos se utilicen de manera correcta y no haya abusos, también se puede observar que a lo largo del país se han instalado nuevas técnicas sofisticadas a partir de instrumentos, los cuales nos ofrecen el utilizar algún recurso hasta un cierto limite.

Durante el transcurso de nuestra vida hemos podido observar como es que gracias a la tecnología se ha podido incorporar al mercado herramientas que nos permitan utilizar de manera correcta nuestra energía y recursos.

Ejemplo de ello tenemos lo siguiente:

En los lavabos de los baños se han colocado llaves que permiten apretar un botón el cual solo deja pasar la cantidad de agua necesaria, se han creado aparatos que permite tener la clavijas de los aparatos electrónicos cuando no se están usando desconectadas, en las casas de lamina se han colocado laminas transparente las cuales permiten el paso de la luz, esto con el fin de no encender las lámparas durante el día, se han creado lámpara recargables en donde se reemplaza a las pilas,

las cuales las podemos recargar solo cuando las vayamos a utilizar, el gobierno a creado programas como el de cambiar los refrigerados en malas condiciones.

Hay que mencionar que el trabajo es mucho por realizar, pero no hay que perder en cuenta que día a día como población seguimos y necesitamos mas de los recursos del planeta, es por eso que hay que tomar de una ves las medidas para evitar un futuro de escases.

REFERENCIAS

1. Blas García Altamirano, comunicación personal, (2011)
2. www.Sener.gob.mx
3. Ing. José Pipper Isasi, comunicación personal, (2012), docente del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

ELEMENTOS PARA EL APRENDIZAJE EN LA MATERIA DE PROGRAMACION ESTRUCTURADA MEDIANTE HERRAMIENTAS TIC

M.C. Oscar Rangel Aguilar, M.C. Claudia García Ancira , Dra. Laura García Quiroga
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL, México

Oscar130@hotmail.com, Claudia.garciaa@uanl.mx, laura.garcia@eisei.net.mx

RESUMEN

Dado que el área de sistemas es un área donde se encuentra una gran demanda de estudiantes y preocupados por mejorar la calidad de la Educación Superior en México y alrededor del mundo, se considera importante ocuparnos por la eficiencia terminal en la materia de Programación Estructurada, en estudiantes de Ingeniería del segundo semestre de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

En este documento se define la Eficiencia Terminal de la Materia de Programación Estructurada como la Cantidad de Estudiantes Inscritos entre el total de Estudiantes Aprobados, esta investigación se ha motivado por elevar la eficiencia terminal en esta materia ya que se encontró en estudios realizados que las mayores dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje yacen en la falta de prácticas por parte de los estudiantes , falta de interdisciplinariedad y aplicación a situaciones reales o cotidianas, siendo estas dificultades esenciales para el fortalecimiento personal, profesional y social que todo profesional de ingeniería requiere. Se propone en este trabajo para el aumento de la eficiencia terminal de la materia de Programación Estructurada emplear nuevos métodos y técnicas de enseñanza aprendizaje en la Programación con herramientas TIC, que implique el aseguramiento de la práctica de situaciones reales en un contexto preparado con la infraestructura requerida para su desarrollo. Esto implica una preparación docente en la enseñanza de la Programación y adecuación de aulas para que los estudiantes tengan un mejor desarrollo del conocimiento y sea capaz de solucionar problemas relacionados con la Programación.

En este artículo se analizó el contexto que rodea a una materia de este tipo identificando cuáles son los principales objetivos que deben cubrirse y cómo alcanzarlos, y cuáles son los principales obstáculos y cómo evitarlos. Presentamos una serie de elementos necesarios al servicio que pueden, por supuesto, aplicarse en otros contextos similares.

Abstract

Given that the area of systems is an area where a high demand for students and concerned about improving the quality of higher education in Mexico and around the world, it is important to address us by terminal efficiency in the field of structured programming, engineering students of the second half of the Faculty of mechanical engineering and electrical (FIME) of the Autonomous University again León (UANL).

Defined in this document the matter of Terminal efficiency of structured programming as the amount of students attached between the total students approved, this research has been motivated by raising efficiency terminal in this area that was found in studies that the greatest difficulties in the teaching-learning process lie in the lack of practice by students lack of interdisciplinarity and application to real or daily situations, being these difficulties essential for personal, professional and social strengthening all professional engineering required. You will this work for improving terminal efficiency of matter of structured programming using new methods and techniques of teaching and learning with ICT tools programming involving the assurance of the practice of real-life situations in a context prepared with the infrastructure required for its development. This means a preparation teaching in the teaching of programming and adequacy of classrooms so that students have a better development of the knowledge and be able to solve problems related to programming.

Andn estand artículo l analyze andl contextor quand rodeto to amatter dand East tipor identificandor cuáles son whats mains aims quand shouldn coversand and cómo achieve them,

and cuáles son thes mains obstáculos and configurador avoid thiss. Presentamos ato series dand necessary elements tol servicor quand can por alleged, aplicarsand andn other contexts similar

1.- Introducción

La informática es, hoy día, una herramienta indispensable en muchos estudios en general y en los estudios de ingeniería en particular. Los estudios universitarios van adaptándose a estas necesidades de modo que en la actualidad muchos planes de estudios de diversas ingenierías cuentan con una materia de Programación. En la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), se imparte la materia de Programación Estructurada en el segundo semestre de la carrera de Ingeniero Administrador de Sistemas (IAS) Esta materia es de 41 horas repartidas equitativamente entre teoría y práctica durante el semestre. El objetivo de la teoría es introducir a los estudiantes en el mundo de la computación para que aprendan los conceptos básicos de la programación estructurada utilizando un lenguaje concreto (Galindo, 2000). La parte práctica consiste en el manejo de un entorno de programación sobre el que el estudiante asimila lo aprendido en la teoría. Al finalizar el semestre académico se espera que el estudiante sepa codificar programas de dificultad media incluyendo el manejo de librerías y comprenda las bases de la Programación Estructurada.

Durante los últimos años se ha identificado los problemas intrínsecos a la materia, analizado sus causas y evaluado la metodología docente empleada (Aranda, 2001). Con el objetivo de solucionar estos problemas, este año se ha puesto en práctica una nueva metodología basada principalmente en la selección de un lenguaje más cercano a la realidad del ingeniero y la introducción de las nuevas tecnologías de las comunicaciones como herramienta de apoyo. Aquí, analizamos la evaluación de los resultados y proponemos una metodología docente con la cual alcanzar los objetivos de la materia.

2.-Problemática de la Enseñanza de la Programación

El primer paso para abordar el problema de la enseñanza de la materia Programación Estructurada en la ingeniería es analizar qué debe aportar la programación a la formación de un ingeniero. En (Lowe, 2000) se realiza un interesante estudio sobre la contribución de la materia al perfil de un ingeniero. Dicho perfil es descrito a través de un conjunto de atributos, tales como conocimiento técnico, madurez, capacidad de planteamiento y resolución de problemas agrupados en tres campos: formación profesional, desarrollo personal y desarrollo académico. Esta contribución se realiza a tres niveles:

1. Desarrollo de habilidades en áreas concretas tales como aprender un determinado lenguaje de programación o herramienta de software.
2. Desarrollo de conocimientos generales acerca de herramientas informáticas, es decir, aprender a conocer las distintas clases de herramientas que están disponibles para un ingeniero.
3. Conocer las aplicaciones profesionales de sus conocimientos informáticos.

La materia Programación Estructurada por su reducido número de horas, está centrada en el segundo semestre. Su docencia está sujeta a algunos problemas iniciales que resumimos desde dos puntos de vista diferentes. Desde el punto de vista del maestro, uno de los principales problemas se encuentra en la infraestructura con la que cuentan para impartir su cátedra y los conocimientos previos en la materia de los estudiantes. Podemos encontrarnos desde estudiantes que no han tenido contacto con lenguajes de Programación hasta algunos con ciertos conocimientos de Programación. También hay que añadir la poca motivación de los estudiantes al no vislumbrar la utilidad de la programación en su vida profesional. Por otra parte los conceptos de programación deberían asimilarse lentamente

permitiendo a los estudiantes trabajar la materia semanalmente fuera del horario de clases. Sin embargo el bajo número de créditos de la materia influye negativamente en este aspecto.

Desde el punto de vista del estudiante los principales inconvenientes son la poca relación que aparentemente existe entre la materia y el resto de materias de la carrera, la desproporción entre el bajo número de horas de prácticas y las habilidades en programación exigidas al finalizar el curso, que son la programación de los ejercicios de los últimos temas de la materia (sentencias repetitivas ,arreglos), también que las aulas no cuentan con la infraestructura requerida, no contar con herramientas TIC que puedan servir de apoyo.

3.- Desarrollo y Aplicación de Elementos necesarios

Nos enfrentamos pues a problemas fundamentales: Escasez de horas de prácticas, herramientas TIC que sirvan de apoyo, para solucionarlos se han puesto en marcha una serie de reformas docentes que describimos a continuación.

3.1 El lenguaje de Programación

Es importante elegir un lenguaje de programación que ayude a motivar a los estudiantes, de forma que ellos noten la utilidad de esta herramienta. Mediante encuestas a estudiantes de cursos anteriores nos dimos cuenta de que a la escasa aplicación profesional que le ven los estudiantes a la programación se unía el hecho de que el Turbo "C" el cual es un [entorno de desarrollo integrado](#) (IDE) para programar en lenguaje [C/C++](#) no está extendido entre los ingenieros. Tras revisar el plan de estudios de las distintas especialidades comprobamos que en otras materias (algunas optativas) utilizaban el Dev c++ es un [entorno de desarrollo integrado](#) (IDE) para programar en lenguaje [C/C++](#). Usa [MinGW](#) que es una versión de [GCC](#) (GNU Compiler Collection) como su compilador. Dev-C++ puede además ser usado en combinación con Cygwin y cualquier compilador basado en [GCC](#) y que además se daba por conocido por parte del maestro.

Todavía seguimos pensando que en aplicaciones ingenieriles es más conveniente continuar con la programación imperativa, por ello, decidimos revisar el currículo de Programación Estructurada y adaptar los contenidos existentes al IDE Dev C++. Cuya popularidad, potencia y flexibilidad del mismo, con las ventajas de los lenguajes de alto nivel y la funcionalidad de los lenguajes ensambladores (Galindo, 2000) ha sido muy bien acogida por las academias universitarias.

3.2 Nuevas Tecnologías y Otros Recursos Propios

La aplicación de las Tecnologías de la Información (electrónica + informática + telecomunicaciones) en los procesos educativos y formativos ha dado lugar al desarrollo de nuevos métodos de enseñanza (Cabanés, 1993; Recker, 1997). Uno de los principales cambios en la materia de Programación Estructurada ha sido el uso de estas nuevas tecnologías. Se destaca de entre todas ellas la que mayor impacto ha tenido en la educación en los últimos tiempos, sin duda alguna es la Web.

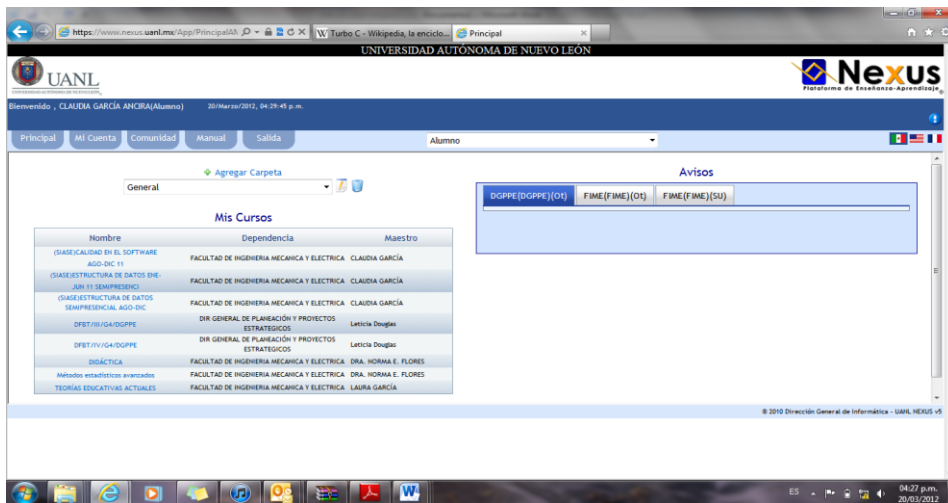
La utilidad educativa de la WWW es evidente. No sólo participa de las características de un sistema hipertexto tradicional, sino que puede utilizarse ventajosamente en campos como la educación a distancia o la elaboración de materiales de enseñanza/aprendizaje interactivos y/o permanentemente actualizados.

De entre las características que hacen de la WWW una tecnología de amplio potencial educativo (Aguado de Cea, 1995; Adell, 1995) podemos destacar su capacidad hipertexto/hipermedia, el ser un sistema que puede llegar a un número ilimitado de usuarios, permitir la comunicación entre maestros y estudiantes , disponer de forma gratuita de

servidores, clientes, navegadores y herramientas para todas las plataformas hardware existentes y, por último, el permitir el uso de formularios de entrada de datos y ejecutar procesos en función de las peticiones de los clientes.

Por otro lado, el uso educativo de la WWW presenta ciertos problemas como la velocidad de recuperación de documentos en redes no muy avanzadas y el riesgo de que el usuario llegue a perderse sin conseguir llegar a la información necesitada.

Para diseñar un sistema hipermedia con fines didácticos es muy importante facilitar la información suficiente para que el estudiante identifique donde se encuentra, qué recorrido está realizando y desde dónde puede volver a incorporarse a una determinada posición. A continuación describimos los elementos introducidos para mejorar la enseñanza en Programación Estructurada



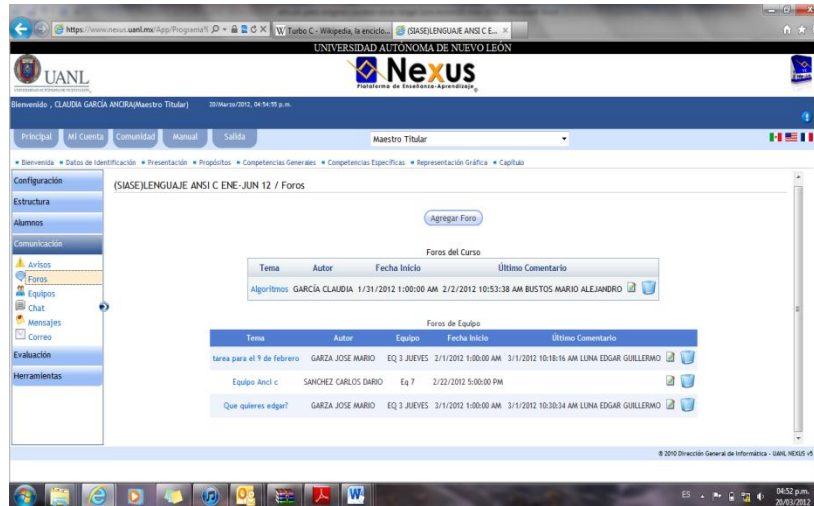
**Figura 1. Portal NEXUS
Programacion Estructurada**

(a) **Portal NEXUS** (Figura 1). Este portal NEXUS es un sistema desarrollado por la Dirección General de Informática (DGI) de la UANL es restringido para estudiantes inscritos en la materia que se imparte por ese medio o bien es usado como herramienta de aprendizaje.



**Figura 2. Página NEXUS
Calendario de actividades**

b) Portal NEXUS (Figura 2) El portar permite que el estudiante identifique las actividades, bibliografía, apuntes de la materia en formato PDF o HTML, ejercicios y prácticas, programas básicos.



**Figura 3 Página NEXUS
Comunicación**

c) Un Portal NEXUS (Figura 3) El portar permite que la comunicación por medio de avisos, equipos, foros, chat, mensajes y correos con el estudiante por ejemplo con los foros se abre una comunicación con todos los inscritos en esa materia ya sea de un grupo o varios grupos, esto con la finalidad de compartir conocimientos, puntos de vista y propiciar debates en línea.

Foro de discusión un foro en Internet es donde los estudiantes puedan discutir aspectos relacionados con la materia de Programación Estructurada, promover nuevas iniciativas, intercambiar ideas y proponer dudas o ejercicios (con o sin su solución) especialmente orientados a su carrera o relacionando ésta con otras materias.

El foro electrónico es mucho mejor, desde el punto de vista didáctico, que el correo electrónico, ya que en el foro puede preguntar cualquier estudiante y puede ser respondido por el maestro o por otro estudiante. Además, las respuestas sirven para todos. Por supuesto, este foro estaría moderado por los maestros de la Academia. Creemos que un foro que permita la participación anónima fomentaría (más que el correo electrónico) la participación del estudiantado.

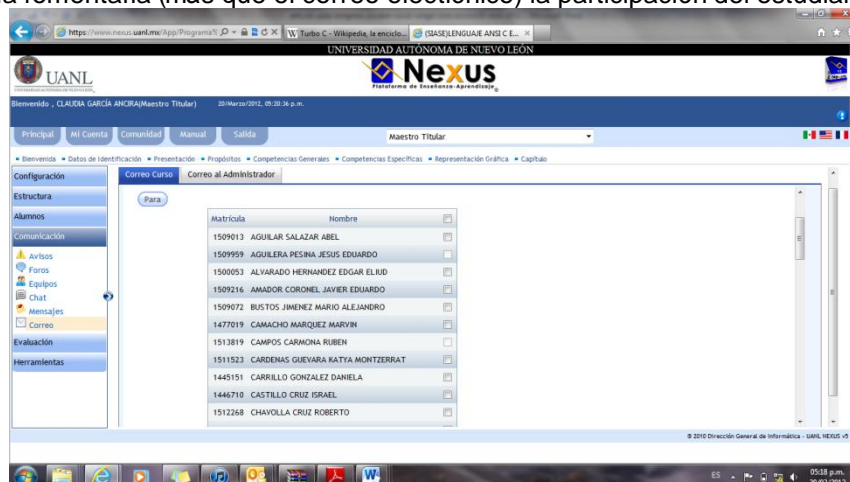


Figura 3.1 Página NEXUS Comunicación

Correo electrónico (e-mail). Además de la WWW existe esta otra aplicación con grandes posibilidades para uso didáctico. La principal ventaja del correo electrónico es su condición de medio de comunicación asíncrono (emisor y receptor no necesitan coincidir ni en el espacio ni en el tiempo). Uno de los grandes usos del correo electrónico en educación es la tutoría electrónica. El correo electrónico permite la comunicación en cualquier momento entre estudiantes y maestros por lo que surge el concepto de tutoría permanente y espontánea. Estas tutorías son atendidas por los maestros de los diferentes grupos y especialidades. Además, el correo electrónico puede usarse para múltiples tareas como asignación de trabajos, interacción entre estudiantes, formación de grupos de estudio ... con la ventaja añadida de que permite adjuntar ficheros de cualquier tipo.



Figura 4 Página NEXUS Evaluación

d) Un consultor de notas on-line (Figura 4) El portar permite la evaluación de las actividades ya sea por subidas por el estudiante o por el equipo, además de aplicar exámenes en línea y encuestar.

Se ha creado un programa que permite la consulta privada *on-line* no sólo de las calificaciones obtenidas por cada estudiante en las distintas convocatorias de exámenes sino también el estado del proceso de evaluación continua y sugerencias que el maestro le proporciona

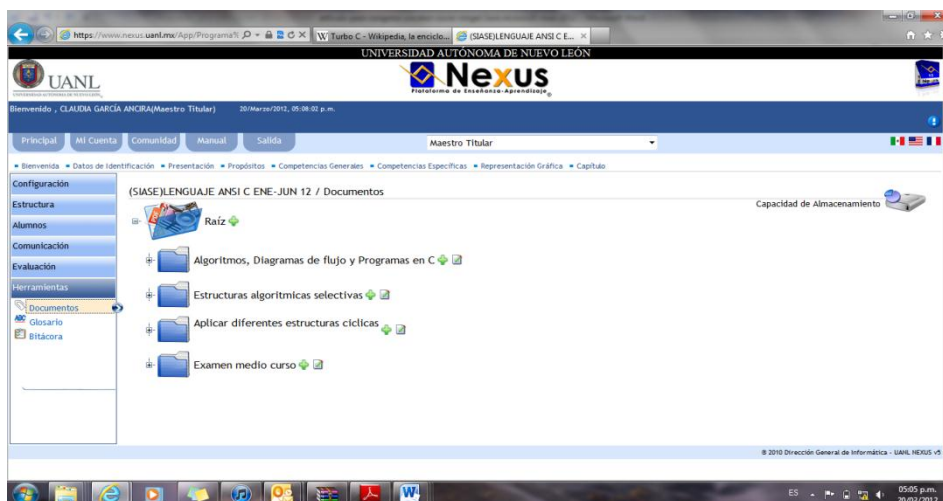


Figura 5 Página NEXUS Herramientas

e) **Un Portal NEXUS** (Figura 5) Entre esta información destacamos:

- El temario y bibliografía (básica y avanzada) comentada.
- Los datos de la materia (créditos, profesorado, horas de tutorías, horarios...).
- Sistema de evaluación.
- Apuntes de la materia en formato PDF o HTML.
- Enlace a compiladores gratuitos de Dev C++ (lo que permite al estudiante trabajar en su propia computadora).
- Ejercicios y prácticas semanales.
- *Programas* básicos: navegadores, lectores de PDF.
- Manuales de programación on-line de Dev C++, enlaces a portales.

Para el próximo año planeamos confeccionar material alternativo consistente en un conjunto de videos, presentaciones con animación dentro de una página web explicativas que apoyen las clases teóricas y prácticas.

Con esta iniciativa pretendemos indirectamente, a la vez que ayudarlos en el aprendizaje de la materia, introducirlos en el conocimiento y manejo de las Nuevas Tecnologías de la Información, que serán vitales en el desarrollo de su carrera profesional y que no cuentan con una materia específica dentro del plan de estudios.

3.3 Sistema de Evaluación Continuo

Como mencionamos la materia tiene dos partes: Teoría y Práctica. Las prácticas se deben de llevar a cabo en PCs, con el uso habitual del Dev C++ y ambas partes tienen un examen independiente que debe ser superado para aprobar la materia.

Practicar la materia es pues fundamental, siendo de tres horas semanales de teoría y práctica resulta insuficiente, por lo que el estudiante deberá practicar fuera de las horas lectivas. Por otro lado, la materia requiere un seguimiento continuo (semana a semana) por parte del estudiante, ya que los conceptos básicos de programación no son difíciles, pero requieren practicar y ser asimilados gradualmente.

A pesar de esto, observamos en años anteriores que la asistencia a las clases prácticas descendía progresivamente a lo largo del curso llegando a ser a finales del semestre un 45% de los estudiantes presentados a examen (con el consiguiente descenso de aprobados en éste). Para fomentar el seguimiento semanal de la materia por parte del estudiante, este semestre decidimos proponer, una actividad llamada Producto Integrador (PI) que permite al estudiante ir resolviendo durante el transcurso de las clases practicas o en sus horas libres. Este ejercicio es parte de una relación suministrada con antelación. Si el estudiante consigue resolver el Proyecto Integrador y mostrarlo al maestro antes de la finalización del semestre significa aprobar la parte práctica sin necesidad de presentarse al examen.

Con este método se alcanzan dos objetivos fundamentales: (1) la asistencia del estudiante a las sesiones prácticas y (2) motivar al estudiante a terminar el Proyecto Integrador para evitar el examen práctico lo que supone que debe intentar resolver en sus horas libres la mayoría de los ejercicios. Es necesario tener en cuenta que el hecho de ser estudiantes de segundo semestre supone cierta falta de madurez personal que no se encuentra en estudiantes de cursos superiores. El sistema propuesto ayuda además a uno de los grandes retos de la Universidad: Que el estudiante sea consciente de que él mismo es el principal responsable de su formación.

4 Análisis y Evaluación de los Resultados

La evaluación que nosotros se ha llevado a cabo no es un estudio profundo acerca de la calidad de los nuevos elementos aunque sí es un estudio significativo. La necesidad de obtener indicios a corto plazo de los resultados nos obliga a centrarnos en aspectos relacionados con el rendimiento académico de los estudiantes y el grado de aceptación de las novedades más relevantes introducidas en el programa docente. A continuación mostramos los parámetros escogidos.

4.1 Selección de Indicadores Selectivos

Se trata de seleccionar algunos indicadores comparando la media de los tres últimos semestres académicos con los valores del curso actual. Los parámetros que pretendemos evaluar son:

- Estudiantes matriculados. Estudiantes repetidores.
- Número medio de asistentes a clases teóricas y prácticas.
- Número medio de estudiantes que deja la asistencia a clase después de los dos primeros meses. Número de estudiantes presentados al examen.
- Número de aprobados y suspendidos.
- Número de estudiantes que usan las tutorías (electrónicas y personales).

Hasta la fecha lo que se ha recopilado permite hacer referencia a los tres cursos anteriores y a falta de los datos que dependen de los exámenes (aún no realizados) se ha observado que el índice de asistencia a clases y de uso de las tutorías se ha incrementado notablemente.

4.2 Encuestas de Evaluación

La opinión del estudiante es fundamental para calificar la calidad de nuestras mejoras. Por ello se creo un cuestionario de 25 preguntas donde los estudiantes han evaluado, anónimamente, aspectos diversos de la materia de Programación Estructurada tales como la calidad del profesorado, los recursos materiales de la materia (portal Web Nexus), transparencias, apuntes...) o la forma de evaluación entre otros temas.

Esta encuesta fue respondida por 100 estudiantes lo cual nos parece una muestra muy significativa.

Especialmente informativas fueron las respuestas de los estudiantes repetidores (80 en total) pues éstos podían evaluar el cambio de metodología con respecto a la seguida en semestres anteriores.

Las Figuras 5 y 6 muestran los resultados de algunas preguntas. Se observa que más del 70% de los estudiantes repetidores evalúan positivamente tanto el cambio de lenguaje como la nueva metodología empleada (a destacar que casi el 50% la considera excelente). También hacemos notar la aceptación (aún mejorable) que obtiene el material docente y, sobre todo, la forma de evaluación de las prácticas. Por otro lado, el 75% de los estudiantes declara haber usado algún recurso disponible a través nuestro portal Nexus aunque todavía existe una cuarta parte que declaran que nunca (o pocas veces) han accedido a estos recursos.

Es importante destacar que a la pregunta sobre su opinión sobre la página en Nexus de la materia más del 63% contestó favorablemente o muy favorablemente, frente a un 22% que se mostraba indiferente y un 12% que la valoró negativamente.

Con respecto a si la materia les resultó útil para aprender Programación un 73% de los estudiantes encuestados revelaron que en su opinión la materia era útil o muy útil, un 17% indicaba que era algo útil y aproximadamente un 5% declaraba que la materia era poco o muy poco útil para aprender la Programación.

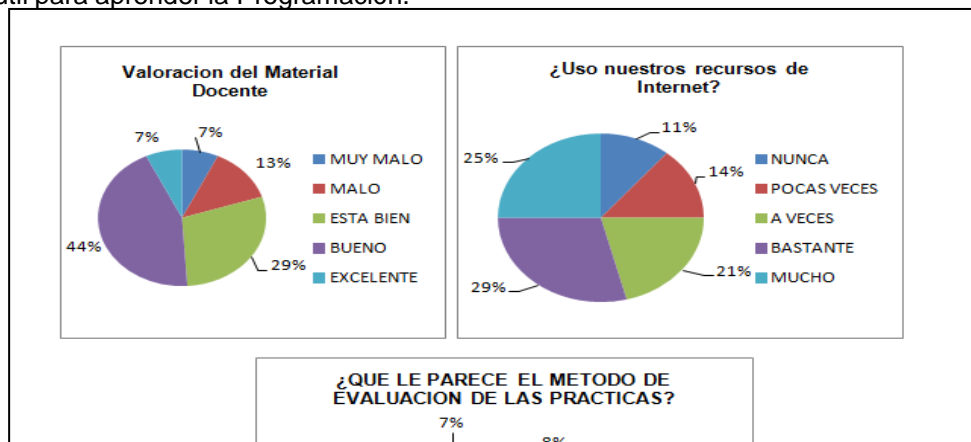


Figura 5.- Algunos resultados de la encuesta de evaluación

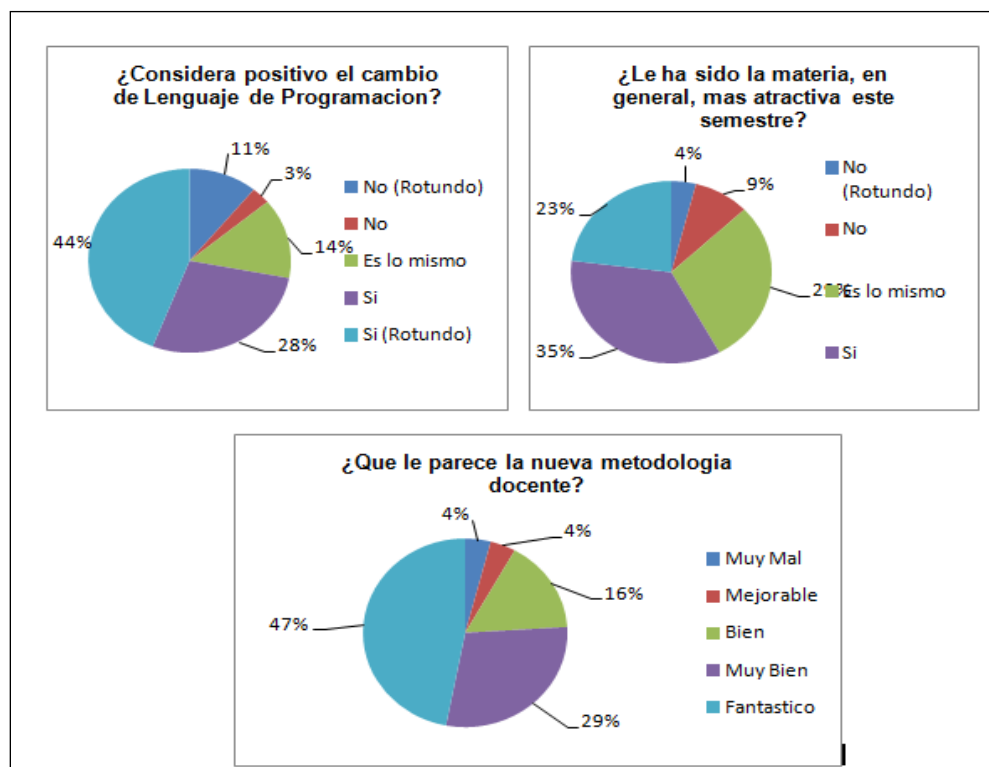


Figura 6.- Algunos Resultados de los Estudiantes repetidores

5.- Conclusiones

En este artículo se ha analizado la problemática que rodea la enseñanza de la materia de Programación Estructurada, en la FIME de la UANL y se ha propuesto un nuevo enfoque a la docencia de esta disciplina que trata de solventar los problemas identificados y de conseguir los objetivos básicos marcados inicialmente.

Nuestro enfoque acerca la materia al estudiante incitándole a participar activamente en su formación, a resolver ejercicios y a programar siguiendo la máxima de que "la única forma de

aprender a programar es programando". Además, este enfoque "obliga" al estudiante a conseguir uno de los objetivos más importantes de la materia: resolver creativamente un problema (en este caso, un problema de programación).

El método seguido consiste en animar a los estudiantes de Programación Estructurada a utilizar las nuevas tecnologías explotando el gran potencial de Internet como herramienta educativa y consiguiendo que se familiaricen con su uso. Aunque esto no es algo novedoso, sí se ha introducido otros recursos adicionales tales como el uso de dos herramientas interesantes: el consultor de notas *on-line* y un sistema de auto-evaluación adaptativo. A estos recursos hay que añadir el cambio del IED de programación y un nuevo sistema de evaluación continúa especialmente pensado para la parte práctica, incluyendo una actividad llamada Producto Integrador (PI) que permite no solo evaluar ciertos aspectos sobre el aprendizaje si no que también las competencias de análisis, desarrollo, estructuración, comunicación, trabajo en equipo, integración de otras materias para llevarlas a la programación (multidisciplinariedad) que ayuda a motivar al estudiante Tan importante o más que lo anteriormente expuesto es el proceso de evaluar si los elementos seguidos han conseguido los objetivos. Por ello se ha realizado un estudio preliminar de los resultados de la aplicación de todas estas estrategias a partir de los datos proporcionados anónimamente por los estudiantes mediante encuestas y se ha mostrado algunos resultados esperanzadores. Además se ha proporcionado otros parámetros para realizar en cursos sucesivos una evaluación cualitativa más profunda incluyendo otros factores aparte de los académicos que influyen en el éxito de un estudiante.

6 Referencias

- Adell, J. (1995). La navegación hipertextual en el World Wide Web: implicaciones para el diseño de materiales educativos. *Congreso de Nuevas Tecnologías de la información para la Educación..*
- Aguado de Cea, G. & Moliner, L. (1995). Aplicaciones Educativas de la World Wide Web. *Congreso de Nuevas Tecnologías de la información para la Educación.*
- Aranda, M.C., Fernández, A.J., Galindo, J., Trella, M. (2001). Valoración del marco docente de la informática en la Ingeniería Técnica Industrial: Propuesta de una nueva metodología. *VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI)*, Palma de Mallorca, España.
- Cabanes, M. (1993). Experiencias y reflexiones sobre la tecnología educativa en la empresa. *BIT*, 81, 45-50.
- De la Orden, A. (1996). Desarrollo y validación de un modelo de calidad universitaria como base para su evaluación. *Revista ELectrónica de Investigación y EValuación Educativa (RELIEVE)*, 2 (1).
- Fernández, A. J. & Olmedo, R. (2000). Un resolutor para el dominio finito: el consultor de notas en la Web. PFC, dpto. Leng. y Cien. de la Comp. Málaga.
- Galindo, J. (2000). Proyecto Docente en Fundamentos de Informática en Ingeniería Técnica Industrial. Universidad de Málaga, (www.lcc.uma.es).
- Galindo, J. (2001). Actitud Positiva ante la Vida y su Influencia en el Estudiante Universitario: las Claves del Éxito y la Felicidad. Informe Técnico, LCC -ITI-2001-2, Leng. y Cien. de la Comp. Universidad de Málaga, (www.lcc.uma.es).
- Goleman, D. (1995). Emotional Intelligence.
- Lowe, D., Scott, C. & Bagia, R. (2000). A skills development framework for learning computing tools in the context of engineering practice. *European Journal of Engineering Education (Especial Issue Computing as Engineering Tool)*, 25, 45-56.
- Recker, M. (1997). Appropriate use of educational technologies: a layered approach. *Educational Technology Review (International Forum on Educational Technology Issues and Applications)*, 7.
- Rios, A., Millán, E., Perez-de-la-Cruz, J.L., Conejo, R. & Trella, M. (1999). Internet Based Evaluation System. Artificial Intelligence in

Análisis cualitativo y cuantitativo sobre la demanda eléctrica en instalaciones de baja tensión residenciales.

Ing. Francisco Daniel Castro Hernández.
Instituto Tecnológico Superior de Huatusco
Fdcastro_86@hotmail.com

1. ANTECEDENTES

El presente trabajo se realizó con la finalidad de mostrar y proyectar, la eficacia sobre las instalaciones eléctricas residenciales, analizando parámetros específicos sobre la constitución de la instalación, el tipo de vivienda, la carga neta instalada y la localización de las mismas.

Puesto que los pagos realizados por la demanda eléctrica muchas veces, demasiado elevados.

1.1 localización

La ciudad de Huatusco Veracruz, se encuentra situada en la región central de Veracruz, denominada región de las altas montañas, al poseer una extensa y vasta región de boques de niebla y a la altura que se localiza el clima suele ser demasiado húmedo, dando como resultado un alto índice de estática eléctrica por las mañanas y por las tardes, que es cuando la niebla empieza a disiparse o a atenuarse; así mismo da pauta a que muchas descargas atmosféricas se den en época primaveral y de veraneo, dando como resultado afectaciones en el sistema eléctrico de distribución.

En la siguiente tabla se detalla las características primordiales del municipio

Tabla I

UBICACIÓN:	Huatusco se encuentra ubicado en la parte central del Estado de Veracruz, México, en la Región de Las Altas Montañas.
ALTURA:	1,344 Metros sobre el nivel del mar.
TEMPERATURA PROMEDIO:	19°
CLIMA:	Templado-húmedo
EXTENSIÓN TERRITORIAL:	212.21 Km.2 Con 16 congregaciones.
LIMITES:	Al norte con los municipios de Tlaltetela, Totutla, Sochiapa y Comapa. Al sur con los municipios de Ixhuatlan y Tepatlaxco. Al oriente con el municipio de Zentla. Al poniente con Coscomatepec y el Estado de Puebla. La distancia aproximada a Xalapa la Capital del Estado por carretera es de 125 Km.
POBLACIÓN:	49,081 Habitantes al último censo 2005

En la siguiente imagen de muestra un mapa de la ciudad de Huatusco y sus alrededores



Fig. 1.1

En esta imagen podemos apreciar detalladamente cómo está conformada la ciudad.



Fig. 1.2

Huatusco al ser una ciudad no tan concurrida y rica en diversas tradiciones tanto prehispánicas como de la conquista presenta un gran rezago tecnológico, puesto que su población no rebasa los 50 mil habitantes, esto da origen a sea un ciudad con poca actividad industrial, la C.F.E. es la encargada de suministrar la energía eléctrica a toda la población, aunque en muchas viviendas de la ciudad, el mal estado de la instalaciones eléctricas, por el paso de los años, o por el desconocimiento de una buena elaboración a dado marcha a que se consuma un alto porcentaje de energía en viviendas en donde la carga no la demandada por el medidor.

A continuación empezaremos el estudio.

2.- Análisis Cuantitativo

Este análisis se llevo acabó de la siguiente manera:

Se evaluaron 50 casa habitación de diverso estrato social (por consecuencia la carga instalada variara), en los tres niveles de servicio que ofrece la C.F.E. que son servicio monofásico (un hilo y un neutro), servicio bifásico (2 hilos y un neutro), servicio trifásico (3 hilos y un neutro).

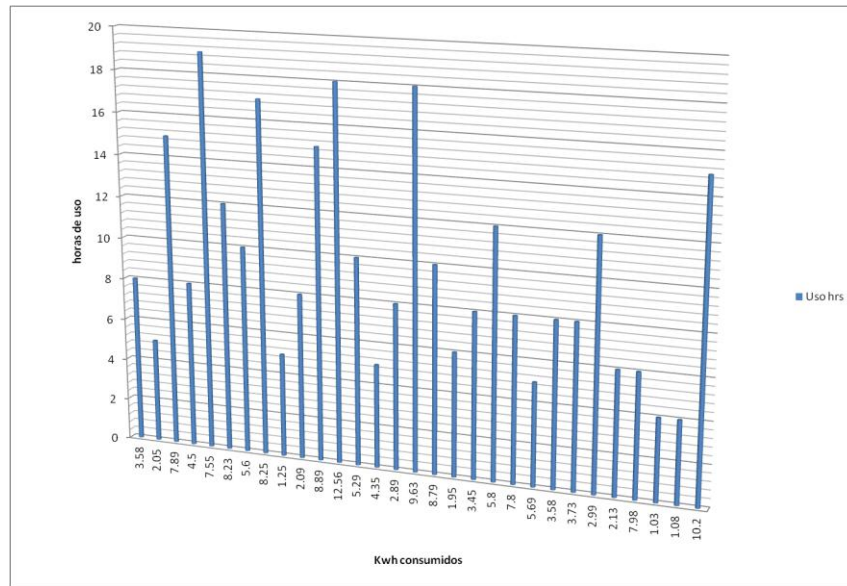
Y la distribución del censado es la siguiente; 30 casas servicio monofásico (siendo estas las que se encuentran ubicadas las mayoría en el centro de la ciudad) 10 casas con servicio bifásico (ubicadas en la casas de comunidades cercanas a Huatusco puesto que muchas familias se dedicas al negocio del café, algunas elaboran su contrato por la maquinaria que instalan en su propia casa), y 10 de servicio trifásico (ubicadas en zonas residenciales en donde la carga es mayor debido al complejo residencial que existe, presencia de climas, bombas, secadoras, en casa habitación). Y en donde se encuentre maquinaria pesada o industria
 En la siguiente tabla se plantean los datos de las muestra al servicio monofásico

Tabla II

Nº.	Carga instalada W	Kwh consumidos	Tipo de instalación	Uso hrs	habitantes
1	1350	3.58	Circuitos balanceados	8	2
2	950	2.05	Rustica	5	2
3	3580	7.89	Rustica	15	4
4	4580	4.50	Rustica	8	4
5	4985	7.55	Rustica	19	5
6	3258	8.23	Circuitos balanceados	12	9
7	2587	5.6	Rustica	10	3
8	5000	8.25	Rustica	17	3
9	850	1.25	Rustica	5	5
10	1225	2.09	Circuitos balanceados	8	3
11	4589	8.89	Circuitos balanceados	15	8
12	4289	12.56	Circuitos balanceados	18	5
13	3589	5.29	Rustica	10	6
14	1234	4.35	Rustica	5	3
15	4988	2.89	Circuitos balanceados	8	2
16	4269	9.63	Rustica	18	6
17	4599	8.79	Rustica	10	5
18	875	1.95	Rustica	6	4
19	1234	3.45	Rustica	8	6
20	3985	5.8	Circuitos balanceados	12	3
21	2369	7.8	Rustica	8	4
22	1258	5.69	Rustica	5	3
23	4561	3.58	Circuitos balanceados	8	5
24	4995	3.73	Circuitos balanceados	8	5
25	3258	2.99	Circuitos balanceados	12	4
26	596	2.13	Rustica	6	2
27	3459	7.98	Rustica	6	2
28	1289	1.03	Rustica	4	1
29	578	1.08	Rustica	4	1
30	4823	10.2	Circuitos balanceados	15	8

Tabla 2 muestra los datos censados

A continuación se muestran las graficas del sistema monofásico



Grafica 2

En esta grafica podemos ver que existe una notable elevación con respecto al consumo de kwh, en algunas instalaciones de viviendas que no poseen una carga excedida y que el número de horas en las que hay mas carga se dispara.

Se cuenta con 11 casas con una correcta elaboración y funcionamiento de su instalación eléctrica Y 19 casas con una instalación elaborada con un solo calibre de conductor, con cuchillas en lugar de breakers, con derivación de saturación en el conductor principal, sin línea de tierra, etc.

Los casos de las casas 8, 14, 21 y 27 son las que reportaron ser las más afectadas, en el consumo eléctrico ya que el incremento del pago subió hasta un 53 % en cada una de ellas, si notamos, la mayoría de instalaciones eléctricas de tipo monofásico son rusticas esto quiere decir que el problema se centra en la mala disposición de conductores al momento de suministrar carga al sistema, y en función del tipo de operación, en estas casas no se encontró maquinaria pesada, o algún sistema energético que causara perturbaciones en el sistema eléctrico.

Según la nom-sede-2005 la normalización de las instalaciones eléctricas se de realizar al pie de la letra esto con la finalidad de un correcto uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

En la figura siguiente se puede apreciar la correcta conexión según la NOM-SEDE-2005

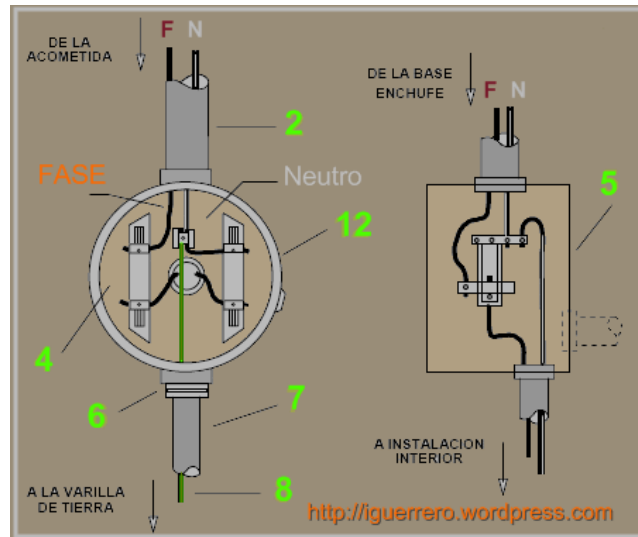


Fig. 2.1

con una correcta conexión y racionalizando el consumo eléctrico los costos del consumo deberán de bajar considerablemente.

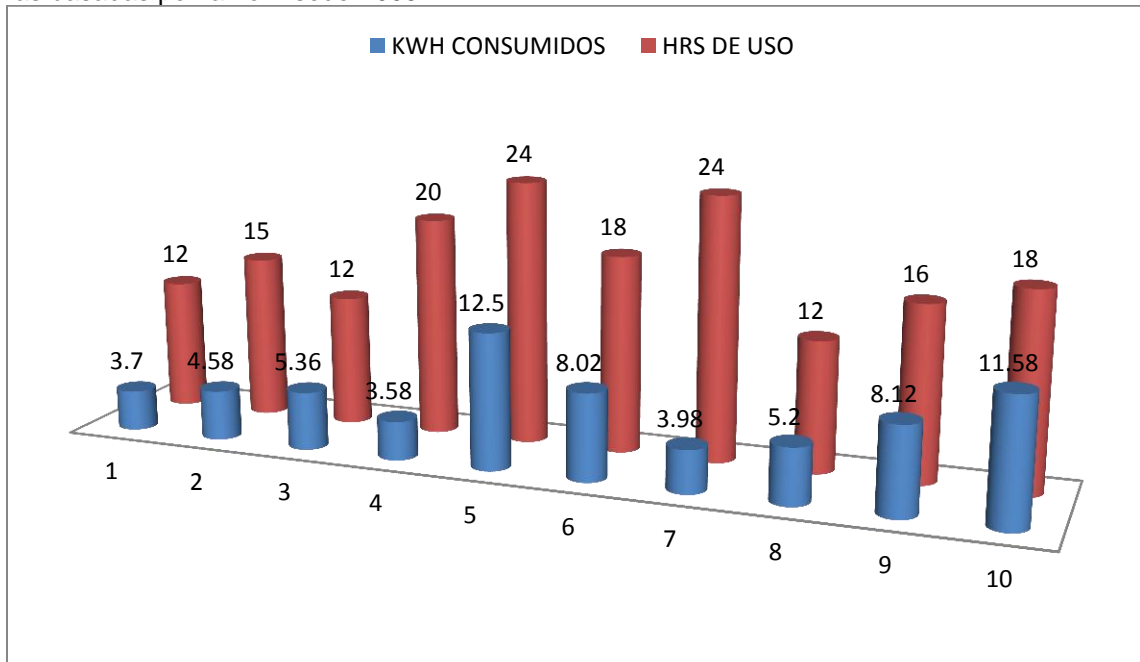
Hay que tener en cuenta que el ritmo de vida en esta ciudad varía con la temporada del año, los costos más elevados se ven reflejados a inicios de la cosecha de café, que es la temporada más fría del año, y cuando inicia el horario de verano, estos dos periodos, son el punto de elevación en los consumos de energía eléctrica en todo el municipio; también hay que considerar la humedad presente en el ambiente, haciendo un ambiente frío, en donde se necesita más energía para poder satisfacer todas las necesidades de la población.

2.1 sistema bifásico

Como en el sistema monofásico ahora también censaremos las viviendas con este servicio.

NO	CARGA INSTALADA W	KWH CONSUMIDOS	TIPO DE INSTALACION	HRS DE USO	HABITANTES
1	7859	3.70	BALANCEADA	12	8
2	6689	4.58	BALANCEADA	15	5
3	9855	5.36	BALANCEADA	12	2
4	8559	3.58	BALANCEADA	20	2
5	6359	12.5	BALANCEADA	24	2
6	8596	8.02	BALANCEADA	18	5
7	69858	3.98	BALANCEADA	24	4
8	7125	5.2	BALANCEADA	12	7
9	8596	8.12	BALANCEADA	16	3
10	896	11.58	BALANCEADA	18	2

En la siguiente grafica se muestra en comportamiento de las 10 casas que se censaron, teniendo en cuenta que todas pertenecen a comunidades cercanas a Huatusco, y que muchas e las familias poseen una secadora de café, o algún tipo especial de motor para poder llevar a cavo sus labores diarias, en este tipo de instalaciones podemos ver que se encuentran en un buen estado y todas ellas basadas por la nom-sede-2005.



Grafica 2.1

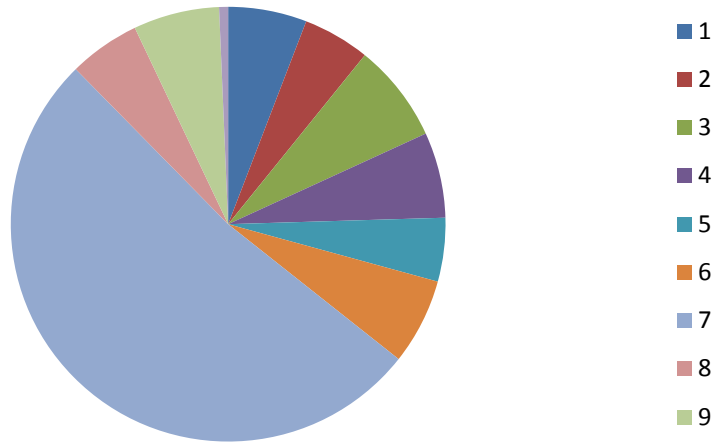
En este tipo de instalaciones, solo percatamos que la población no tiene la cultura sobre el uso racional, ya que muchas veces hacen trabajar horas excesivas a la maquinaria que poseen, y realizan una instalación hogareña, muy simple, que entran en armónicas con la corriente de la línea de transmisión.

2.3 sistemas trifásicos

Para esta sección fue nula la respuesta de al comunidad ya que solo las empresas como beneficios o trapiches cuentan con este tipo de instalación y a la cual se nos negó el acceso, así mismo la zona residencial denominada, la maquina de Vega, tuvo el mismo efecto, ya que al ser viviendas privadas no fue posible el acceso a alguna de ellas

3.- comparación de resultados

CARGA INSTALADA W



Grafica 3.1

SOFTWARE MULTIMEDIA PARA EL REAPRENDIZAJE DEL LENGUAJE PARA ADULTO AFÁSICO.

Ing. Aldryn Jesús Osorio Hernández. MSC.¹, Lic. Clara Liliana Pech Adrián ².
easySOFT PC Soluciones Informáticas ¹, College Station ISD Texas ², Pathfinder Pediatric Home Care ².

aldryn@easysoftpc.com.mx ¹, clpa81@hotmail.com ², clarap@pathfinderpediatrics.com ².

RESUMEN

La afasia se considera puramente una alteración del lenguaje que se presenta en pacientes de mentalidad normal, con su excepción de su dificultad para comprender y explicar palabras.

Se ha realizado un *software multimedia para el apoyo en las terapias del reaprendizaje del lenguaje en un paciente adulto con afasia*. Dicho software esta conformado por un conjunto de ejercicios interactivos, específicamente diseñados y revisados por un logopeda. Cada ejercicio tiene un propósito en el reaprendizaje del lenguaje, así como un nivel de dificultad que el mismo logopeda puede improvisar.

Los pacientes participan de una manera más activa en el aprendizaje partiendo de la relación paciente-terapeuta de tal manera que entre ellos exista una relación de compañeros en la resolución de las tareas presentadas por la computadora. De igual manera, el software ayuda al logopeda a llevar la terapia de una manera más atractiva y eficaz; ayudándolo a tener de una manera más ordenada los ejercicios que pueden trabajarse y tiene como opción, que podrá enriquecerlos marcando ejercicios similares.

ABSTRACT

Aphasia is considered purely a language disorder that occurs in patients with normal mentality, with the exception of their difficulty understanding and explaining words.

Has been performed multimedia software for the support therapies relearning of language in an adult patient with aphasia. The software is comprised of a set of interactive exercises, specifically designed and monitored by a speech therapist. Each exercise has a purpose in the relearning of language and level of difficulty as the same speech therapist can improvise.

Patients participate in a more active learning based on the patient-therapist so that between them there is a relationship of partners in solving the tasks presented by the computer. Similarly, the software helps the speech therapist to bring therapy a more attractive and effective help you have a more orderly exercises that can be processed and has the option, which may enrich marking similar exercises.

1. INTRODUCCION

En el presente artículo se abordará el tema sobre el diseño de un programa computacional para el reaprendizaje del lenguaje en el adulto que haya presentado alteraciones neurológicas debidas algún tipo de accidente vascular cerebral, (AVC).

Se conocen como AVC a todos los trastornos en los cuales se daña un área del cerebro en forma permanente o transitoria, a causa de un isquemia cerebral o hemorragia (cerebral o subaracnoidea) y en los cuales uno o más vasos sanguíneos cerebrales, presentan alguna alteración primaria por algún proceso patológico. Los accidentes vasculares cerebrales (AVC) constituyen una importante causa de invalidez, especialmente en los adultos mayores. En efecto, pueden cambiar de un momento a otro la calidad de vida; una persona que se sentía bien, independiente y en actividad, bruscamente se puede transformar en un paciente postrado en cama, incapaz de caminar, asearse, hablar, y de decidir qué hacer con su vida.

El lenguaje se define como un medio de comunicación entre los organismos o miembros de una misma especie; o bien como la facultad que permite representar, expresar o comunicar ideas o sentimientos por medio de un conjunto ordenado de signos. Es sobre todo, el resultado de la

implicación de muchas áreas cerebrales cuya función última es dar significado a las palabras habladas o escritas.

El aprendizaje se define en términos de los cambios relativamente permanentes debidos a la experiencia pasada, y la memoria es una parte crucial del proceso de aprendizaje, sin ella, las experiencias se perderían y el individuo no podría beneficiarse de la experiencia pasada.

Se conoce como reaprendizaje a la facultad de poder enseñar y establecer las habilidades perdidas, si un paciente no consigue leer, por que a causa de la lesión ya no dispone o no puede hacer uso temporal o permanentemente de las reglas de conversión grafema a fonema, la terapia de reaprendizaje tendrá como objetivo enseñárselas de nuevo, bien directamente o mediante algún tipo de ayuda [8].

Un programa computacional de educación se puede definir como cualquier pieza de software que tiene como objetivo final el agregar conocimientos a cierto grupo de individuos o a uno en particular. En este sentido se sobre entiende que dicho software educativo debe estar adecuado en cuanto a su estructura, contenido y presentación sobre todo al sector social al que se pretenda llegar [2].

2. AFASIA

Se suele hablar indistintamente de trastornos de lenguaje y del habla para referirse globalmente, a cualquier alteración o dificultad en la comunicación oral [11]. Aproximadamente el 40 por ciento de personas que sufren un AVC, presentan un trastorno de lenguaje, comúnmente denominado afasia. Afasia es pues, un trastorno del lenguaje secundario o debido a lesiones cerebrales que afecten a las áreas del lenguaje. En los cuadros de afasia se verán afectados: la capacidad para codificar y decodificar el mensaje verbal, las capacidades que inciden en la formación del lenguaje interior (como el análisis, la síntesis, la abstracción y la simbolización) y las funciones asociadas al pensamiento y a la inteligencia) [12]. La afasia se considera puramente una alteración del lenguaje que se presenta en pacientes de mentalidad normal, con su excepción de su dificultad para comprender y explicar palabras [8].

El lenguaje y el pensamiento son abstracciones psicológicas de la totalidad de la actividad mental, y los mismos procesos fisiológicos están en gran medida en la base de ambos.

El paciente afásico tendrá entonces dificultad para pensar y esto va a depender del grado de afectación de sus funciones de comprensión de los esquemas centrales y los esquemas para el significado de las palabras y esto afectará no sólo al pensamiento sino también a su percepción.

La afasia es la perturbación de la comunicación verbal causada por lesiones cerebrales circunscritas, es una perdida adquirida del lenguaje, ocasionada por un daño cerebral, que esta caracterizada por errores en la pronunciación (parafasia), alteraciones en la comprensión y dificultad para encontrar las palabras (anomia) u otros síndromes asociados [12].

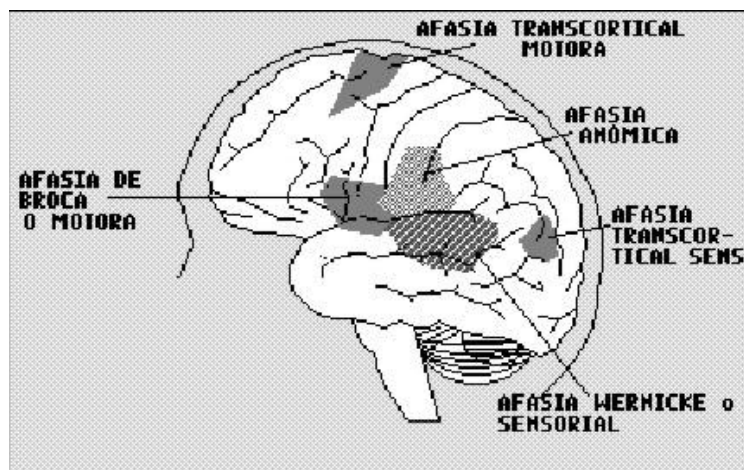


Figura 1. Tipos de afasia, según sector dañado.

La pérdida del habla y la dificultad para hablar y entender, es decir las pérdidas de las habilidades para la comunicación que una persona presenta después de un AVC, son denominadas comúnmente afasias. La mayor parte de las personas afectadas por la afasia tiene una edad promedio que varía entre 60 a 70 años, aunque teóricamente se puede presentar a cualquier edad. En todo caso, la afasia es un desorden que compromete las habilidades lingüísticas. El grado de compromiso en alguna de estas modalidades puede ser diferente. Por ejemplo algunas personas presentan un déficit severo en la comprensión del discurso hablado; otras pueden tener una capacidad mediana de comprensión, pero severas dificultades para expresarse; otros tienen la capacidad de comprender un mensaje, pero apenas logran decir el nombre de algunos objetos aisladamente, sin alcanzar a encadenar esas palabras para formar una oración con sentido completo.

3. EL LOGOPEDA Y EL USO DE SOFTWARE DE CÓMPUTO EN LA TERAPIA DEL LENGUAJE.

El logopeda o maestro de comunicación es el encargado de proporcionar una intervención orientada a la superación de los trastornos de la comunicación verbal de origen diverso. Este profesional tiene la responsabilidad de liderar acciones de información a la comunidad acerca de las causas de los trastornos y desórdenes de la comunicación, cómo influyen estos sobre el desarrollo integral del individuo, la familia y la comunidad, y cómo factores sanitarios, nutricionales, culturales y sociales inciden sobre la comunicación [9].

El reaprendizaje del lenguaje lo lleva a cabo el logopeda, cuya meta principal es establecer un medio de comunicación por medio del cual el paciente pueda relacionarse en forma inteligible con aquellos que lo rodean. La afasia es un trastorno de la comunicación al que podemos aproximarnos desde muchos puntos de vista donde se incluyen las ciencias biológicas, psicológicas y sociales. Sin embargo, hoy en día los métodos de tratamiento carecen de un cuerpo teórico que apoye y dé razón de sus acciones específicas. De este modo se diseñó un programa que contenga actividades para poder contribuir al reaprendizaje del lenguaje del adulto.

El uso de la computadora en una terapia de lenguaje por lo general se daba de una manera sistemática, sin embargo hoy en día las terapias asistidas por la computadora pueden ofrecer considerables ventajas incluyendo el incremento de la motivación en el usuario. Los pacientes participan de una manera más activa en el aprendizaje partiendo de la relación paciente-terapeuta de tal manera que entre ellos exista una relación de compañeros en la resolución de las tareas presentadas por la computadora en vez de que el terapeuta sea el que ponga las actividades y esto lleve a una repetitiva ineficiencia en las actividades.

Las computadoras ofrecen tanto una alternativa como una útil manera de llevar una terapia. El actual desarrollo de los tratamientos deberá incluir asistencia, preparación de materiales monitoreo y ajuste, registro, información ofrecida por otros especialistas, es decir, una mezcla de procesos administrativos y clínicos. La manera más efectiva de aprovechar todo el potencial de esta nueva tecnología en las terapias de lenguaje es estableciendo una mejor aproximación en la que se examine también otros aspectos en el trabajo de los terapeutas como descubrir cuales son las actividades que consumen tiempo, son ineficientes o insatisfactorias y diseñar aplicaciones de computadora que asistan en estos aspectos. Los sistemas de preparación y entrega de información son áreas en donde la tecnología esta muy involucrada como proveer una base de datos de ideas de materiales y actividades en vez de estar preparando materiales por sesión. Cada persona tiene que necesita un programa individual para satisfacer sus necesidades y dificultades particulares.

Cualquier programa de computadora puede hacer esto con un menú no muy complejo de selección, el cual probablemente tome menos tiempo que hacerlo a mano, en adición a esto, la persona tendrá el beneficio de involucrarse en la preparación y disfrutar del contacto personal con el maestro.

4. SOFTWARE MULTIMEDIA CON EJERCICIOS PRÁCTICOS PARA EL REAPRENDIZAJE DEL LENGUAJE PARA EL ADULTO AFÁSICO.

Los tipos de reaprendizaje son: el de la comprensión oral, el del lenguaje automático, el de la repetición, el de la denominación, el de la generación, el de la estructuración de frases simples y por último el de la generación y estructuración de lenguaje complejo.

La forma en la que se trabajará el reaprendizaje será por medio de un programa computacional que ofrecerá actividades tomadas del autor Peña-Casanova que se ha basado de los diferentes tipos de afasia y las características de cada una de ellas, así como los diferentes síndromes con los que se acompaña.

Es importante que el logopeda conozca los antecedentes correctos del paciente al momento de iniciar la terapia, tales como: la edad, estado civil, grado de estudios, ocupación, puesto que cada dato constituyen elementos valiosos para trabajar con el paciente.

De igual modo hay que considerar a los pacientes que nunca había utilizado la computadora para realizar algún trabajo o tarea, por tanto el logopeda será el indicado para manejarla, enseñándole al paciente de una manera lenta el uso de está, de tal manera que poco a poco el paciente se vaya adaptando al uso y manejo básico de está.

4.1. Datos técnicos.

Se ha nombrado al software como **PRLAA: Programa para el Reaprendizaje del Lenguaje para el Adulto Afásico** (ver figura 2). El software se ejecuta directamente desde el CD de Instalación. PRLAA fue desarrollado en el lenguaje de programación visual Borland Delphi 5 [1], en el sistema operativo Microsoft Windows XP de 32 bits y en un periodo de 6 meses.

Los requisitos para la ejecución del programa son:

- PC con lector de CD/DVD, 1 GB de memoria RAM y 500 MB disponibles en disco duro, tarjeta de sonido con bocinas, video con soporte a resolución mínima de 1024 x 768.
- Sistema operativo Microsoft Windows XP 32 bits Professional, Microsoft Windows 7 Home/Professional/Ultimate de 32/64 bits.
- Instalar los drivers de video para codecs MPEG4, DIVX, MOV y FLV.
- Instalar los drivers de Flash Player para ejecución de archivos SWF.
- Instalar los archivos de la librería Microsoft Agent 2.0.
- Instalar los archivos de la librería Speech to Text 4.0.



Figura 2. Presentación del software PRLAA.

El lenguaje de programación Delphi, permite la utilización de la interface visual con controles personalizados, para que la experiencia del usuario sea lo mas amigable posible. Adicionalmente al software, se utilizo un trackball para facilitar al paciente el movimiento del cursor en la pantalla de cada ejercicio del software.

4.2. Objetivos de los ejercicios en PRLAA Versión 1.0.

Los objetivos de los ejercicios diseñados en la aplicación PRLAA son los siguientes:

1. Lograr una desmutización y una repetición voluntaria.
2. Disminuir las dificultades articulatorias
3. Lograr la emisión espontánea.
4. Limitar la producción verbal incorrecta.
5. Lograr una relación significado-significante.
6. Conseguir una expresión comprensible y eliminar errores en la prosodia.
7. Dotar al paciente de un vocabulario y que lo utilice de forma adecuada en vida diaria.
8. Lograr una discriminación de fonémica audio-verbal y la lectura en voz alta

4.3. Funcionalidad y módulos principales.

El diseño del software esta orientado para que cada ejercicio sea guiado a través de un logopeda. De tal manera, que cada modulo de PRLAA viene acompañado con un conjunto de instrucciones propias dirigidas al logopeda. Al iniciar la aplicación PRLAA, permite registrar el nombre del paciente con el cual se desea trabajar (*ver figura 3*).



Figura 3. Ventana de bienvenida al software PRLAA.

Después de que se ingrese el nombre del paciente, se presenta el menú de opciones principal de PRLAA. Este menú principal esta compuesto de una lista módulos consecutivos, en los cuales, al posicionar el cursor sobre el título del modulo, se muestra una explicación breve del objetivo que persigue cada una de las lecciones y ejercicios que componen a ese modulo (*ver figura 4*). Los módulos que componen al software PRLAA son los siguientes:

4.3.1. La reducción.

Será lo primero que se trabajará en los pacientes en los cuales es imposible la menor emisión espontánea y existe un mutismo por inhibición masiva del habla. O bien puede ser al contrario, es decir, un paciente que cuenta con un exceso de parafasias fluidas, y por tanto una producción verbal incorrecta. En ese caso se utilizará también la reducción para tratar de ir estableciendo un vocabulario correcto. Los tipos de actividades que se utilizan en esta parte, son de usos efectivos del lenguaje, es decir usos prácticos, como formulas automáticas frecuentes de la vida cotidiana (saludos), series articulatorias habituales (números días de la semana, meses) apoyados mnésicos (aprendizajes antiguos). La meta principal es lograr una desmutización, una repetición voluntaria

tratando de disminuir las dificultades articulatorias, la emisión espontánea y que poco a poco comience a ser autónomo y responder sin que se le apoye.

4.3.2. Jerga logorreica.

En las afasias fluentes y en particular la de Wernicke, se produce un aumento de numerosas parafasias tanto fonémicas como semánticas. Abundan los neologismos, que al sumarse a la disintaxia hacen bastante incomprensible el discurso del afásico. Se utilizan tareas no verbales, basadas en instrucciones verbales que hay que tener en cuenta. El paciente debe atender, y poner atención, para este aspecto, se crearon memoramas, cartas, y otros juegos en los que salgan los nombres de las cosas con sus respectivas imágenes. Posteriormente se trabaja a través de series verbales para reforzar la relación signo-significante. Se trabaja clasificación de los campos semánticos. La meta de este reaprendizaje es limitar la producción verbal incorrecta y dotar de significado el lenguaje. Debido a la cantidad de ejercicios y temas, se dividió el modulo en 2 secciones.

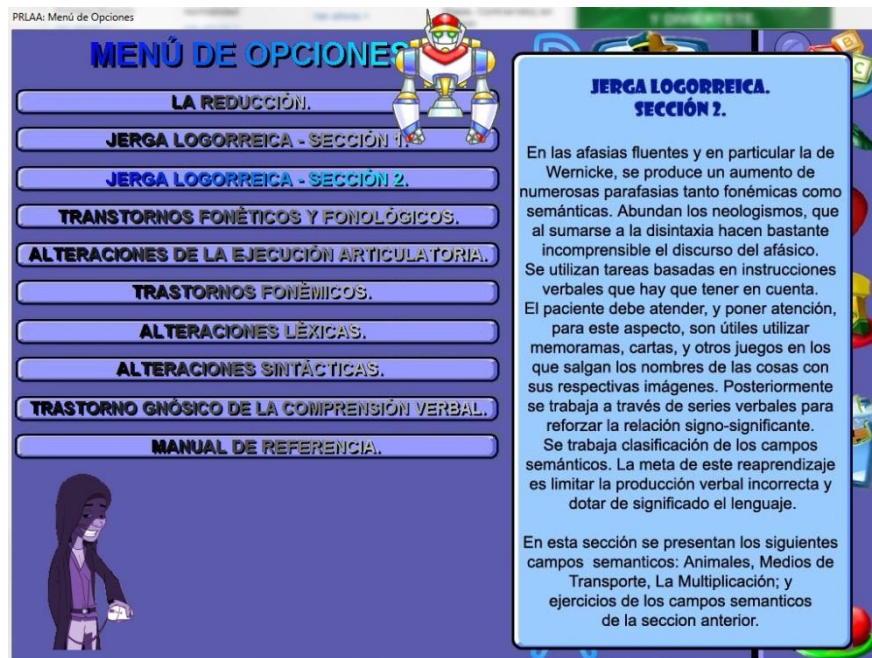


Figura 4. Menú principal de PRLAA: Módulo Jerga Logorreica.

4.3.3. Los trastornos fonéticos y fonológicos.

En el ámbito de la palabra pueden producirse transformaciones afásicas de diverso matiz. Una de ellas consiste en la alteración y deformación de los fonemas, con evidentes dificultades para la pronunciación y búsqueda laboriosa del punto articulatorio. El segundo trastorno supone la transformación de las palabras por sustitución, omisión o desplazamiento de los fonemas, aunque la pronunciación se realice de manera correcta. La meta principal es lograr que el paciente articule fonemas sin dificultad, logrando producir palabras teniendo una relación con el significado y signifiante. En este modulo, se podrá trabajar con imágenes de puntos articulación, sonidos de letras, repetición de palabras entre otros.

4.3.4. Alteraciones de la ejecución articulatoria.

En los pacientes con afasia de Broca, es muy frecuente la existencia de apraxias bucofonatoria, que ha de ser trabajada cuando el paciente no es capaz de pronunciar o emitir ningún sonido. La meta principal es conseguir una expresión comprensible y eliminar errores en la prosodia, tales como acentuación, alargamientos o acortamientos de palabras. Las actividades de este modulo permiten trabajar las vocales, punto de articulación, modo de articulación, fonemas líquidos y trabados, y los diptongos.

4.3.5. Trastornos fonémicos.

En las alteraciones fonémicas, al contrario que las fonéticas, hay que exigir perfección articulatoria, persistiendo hasta que el paciente logre un fonema claro y adecuado. Se trabaja con monosílabos con rasgos de oposición (ba-pa); posteriormente se valora la discriminación entre segmentos de mayor longitud (pala-bala). Se intenta que el paciente tome conciencia de las oposiciones fonémicas recurriendo a cualquier facilitación que sea eficaz, como la visualización de la praxis (movimiento) fonatoria, la reiteración de los sonidos, la lectura de los fonemas mientras el logopeda los pronuncia, y la escritura al dictado. Se utilizan loterías de sílabas, juegos como ahorcado. Igual se trabajan el orden de las palabras, el orden de las palabras con su artículo, y enunciados o frases completas. Se trabaja las pseudopalabras para darle una secuencia a la discriminación de fonemas. Y por último se trabajará la discriminación y el reconocimiento de ruidos y sonidos, en los que el paciente tendrá que reconocer las fuentes que producen determinados sonidos tanto ambientales como humanos. La meta es lograr una discriminación de fonémica audio-verbal y la lectura en voz alta.

4.3.6. Alteración léxicas.

En la afasia la disminución del léxico, se expresa a través de una variada sintomatología, como la anomia, los neologismos y sobre todo las parafrasis tanto fonémicas como verbales. En esta etapa se va incrementando la evocación y se trabajan conceptos más determinados como por ejemplo: La descripción, en la cual el paciente ya debe ser capaz de hacer comentarios sobre las cosas que observa, o al menos mencionar un “sí” o “no”, con preguntas que el logopeda le haga. Los antónimos y sinónimos, en esta etapa del reaprendizaje son útiles para trabajar con el paciente ya que estos enriquecen lenguaje y vamos mejorando la lógica. También se trabajan los derivados, así como los masculinos y femeninos, ya que por lo general son dos componentes que en la mayoría de los afásicos son muy difíciles de dominar, debido a la similitud de las palabras. La meta principal es dotar al paciente de un vocabulario y que lo utilice de forma adecuada en vida diaria.

4.3.7. Alteraciones sintácticas.

La función sintagmática regula la combinación de monemas según criterios de contraste, para formar una estructura lineal. Se trabaja con pseudopalabras, (estas son palabras que tienen casi una misma escritura o un mismo sonido), también se trabajan enunciados que no tengan espacios en donde el paciente se tendrá que dar cuenta en donde se separan, de igual modo se puede utilizar ejercicios de campos semánticos trabajados en otros módulos, haciendo que el paciente vaya teniendo un uso de ellos.

4.3.8. Trastorno gnósico de la comprensión verbal.

Se trabaja principalmente cuando en el paciente existe una sordera verbal. La meta principal de este reaprendizaje es restaurar la capacidad para discriminar los significantes sonoros. Por tanto se trabaja la denominación, enunciados verdaderos o falso en los que el paciente mencione “sí” o “no”, enunciados para completar adjetivos entre otras cosas.

4.4. Actividades multimedia: lecciones y ejercicios de PRLAA Versión 1.0.

Cada modulo esta compuesto de una serie de lecciones que vienen acompañados de instrucciones en audio y texto. Estas instrucciones están en el idioma español y fueron grabadas para que el paciente y el logopeda tengan una mejor comprensión de la actividad a realizar. Al ingresar a un modulo principal, PRLAA mostrara una pantalla de un submenú de opciones para dirigirse hacia alguna actividad. Regularmente cada modulo se compone de varias actividades que funcionan como lecciones y otras actividades que son los ejercicios tipo juego que sirven para reforzar el contenido de las lecciones (*ver figuras 5, 6 y 7*).

PRLAA esta compuesto de 8 módulos de lecciones con ejercicios multimedia y un modulo de contenido de referencia para el logopeda ó instructor. Cada lección tiene sus propias instrucciones en audio. En total son 135 actividades que se pueden realizar de manera directa con PRLAA. El contenido de las lecciones multimedia están conformados por: audio grabado por el logopeda, imágenes, sonidos, video y animaciones de Macromedia Flash. La mayoría del contenido visual ha sido diseñado con ilustraciones y caricaturas para retener la atención del paciente.



Figura 5. Menú de opciones del módulo Jerga logorreica.



Figura 6. Menú de actividades de la opción Multiplicación

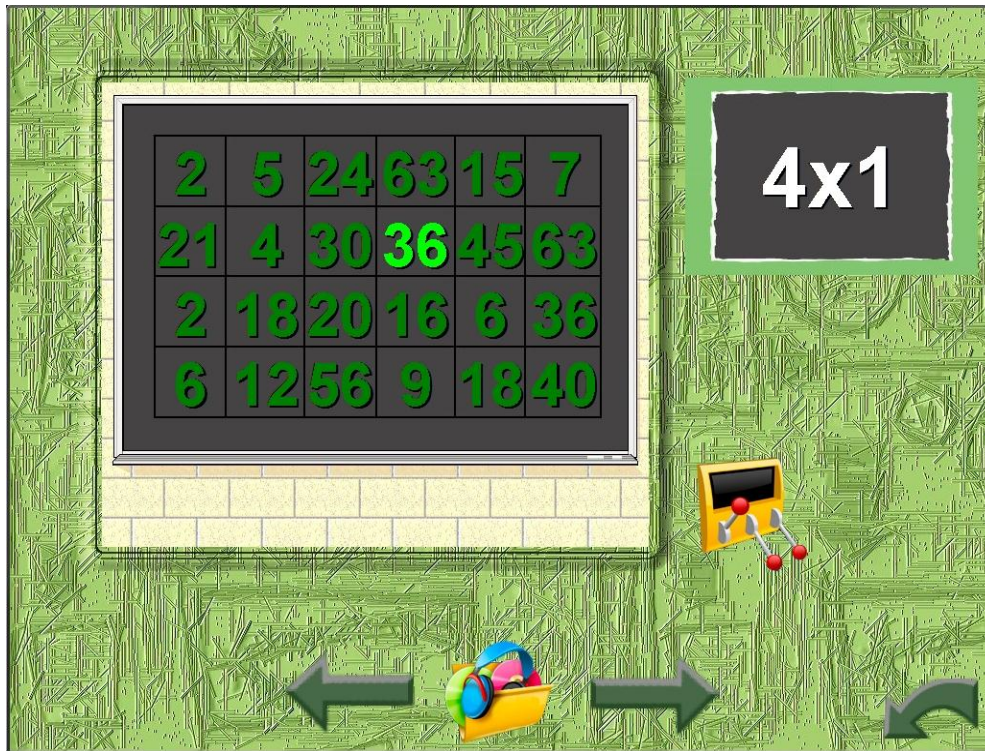


Figura 7. Actividad: Lotería de la Multiplicación.

A continuación se describirán algunas actividades que componen al software PRLAA versión 1.0.

Módulo: La reducción.

Actividad: Selecciona el conjunto (ver figura 8).

Objetivo: Que el paciente comienza a manejar cantidades.

Desarrollo: Saldrá un número y al otro lado habrán conjuntos con determinadas cantidades, y el paciente tendrá que seleccionar el conjunto según el número que le haya indicado el programa.

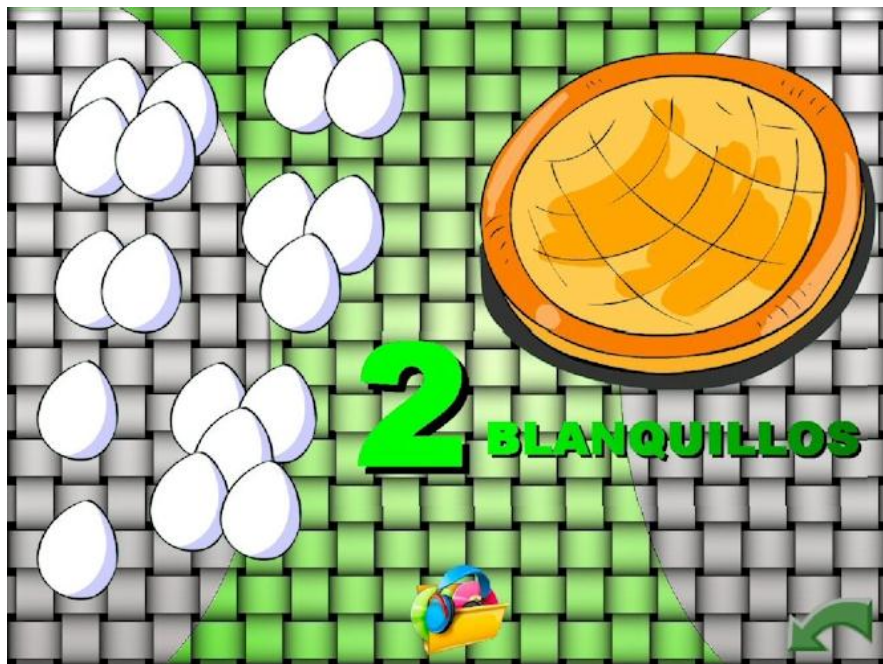


Figura 8. Actividad: Selecciona el conjunto.

Módulo: Jerga logorreica.

Actividad. Los campos semánticos (ver figura 9).

Objetivo: Que el paciente vaya teniendo empezando a tener una denominación de objetos, que comience a recordar alguna característica de estos.

Desarrollo: Se manejarán cuatro campos semánticos: alimentos, aparatos e instrumentos del hogar, ropas y partes del cuerpo humano y serán 3 tres actividades por cada campo semántico, la variante serán las imágenes puesto que las actividades serán las mismas. Se mostrará la imagen y sonido del nombre de cada imagen, según el campo semántico que se seleccione.



Figura 9. Actividad. Los campos semánticos.

Módulo: Jerga logorreica.

Actividad. Adivinanza de los campos semánticos (ver figura 10).

Objetivo: Que el paciente vaya empezando a tener una denominación de objetos, que comience a recordar alguna característica de estos.

Desarrollo: Se mostrará un pantalla llena de pequeñas imágenes vistas con anterioridad, el programa hará al azar una pequeña descripción de alguna de las imágenes, y el paciente tendrá que elegir cual es la imagen que se le describe.



Figura 10. Actividad: Adivinanza de los campos semánticos.

Módulo: Trastornos fonémicos.

Actividad: Juego del ahorcado (ver figura 11).

Objetivo: Que el paciente sea capaz de mencionar las letras que forman una determinada palabra cuya imagen aparecerá. Si el paciente no sabe leer, solo se esperará que el paciente mencione el nombre de la imagen que saldrá.

Desarrollo: Se presentará una imagen y a un lado unas rayas con el determinado número que forman la palabra, y el paciente irá mencionando las letras, y por cada vez que se equivoque un muñeco irá avanzando hacia un precipicio de tal modo que si se equivoca varias veces el muñeco se caerá.



Figura 11. Actividad: Juego del ahorcado.

Módulo: Trastorno gnóstico de la comprensión verbal.

Actividad: Completar enunciados de acuerdo al dibujo (ver figura 12).

Objetivo: Que el paciente sea capaz completar enunciados, con el nombre de objetos que se le enseñen.

Desarrollo: Se le presentará al paciente un enunciado para que complete con el nombre de la imagen que se mostrará



Figura 12. Actividad: Completar enunciados de acuerdo al dibujo.

5. ANALISIS DE RESULTADOS EN LA UTILIZACION DE PRLAA.

La afasia es un trastorno del lenguaje que ocurre como consecuencia de una lesión en el sector del cerebro responsable del control del lenguaje. El reaprendizaje de la afasia es un proceso que ayudará a estructurar el lenguaje de la persona, para que comience a tener una comunicación en los diferentes contextos de la vida diaria.

El reaprendizaje del adulto afásico, es un proceso muy complejo debido a la gama de consecuencias negativas que afectan la capacidad de comunicación: las actividades laborales, el estado de ánimo, la relación con la familia, la conducta pero sobre todo la calidad de vida del paciente.

Debido a la falta de motivación del paciente con Afasia, es necesario desarrollar estrategias que ayuden al paciente a comprometerse de una manera alentadora en las terapias de lenguaje. Este programa computacional se llevo a la practica con una paciente de 52 años al segundo mes después de haber sufrido el Accidente Vascular Cerebral (AVC), la paciente presentaba un tipo de Afasia en la región de Broca en donde su comprensión no estaba afectada por lo tanto era una herramienta que se utilizaba para habilitar su lenguaje expresivo.

Las terapias se llevaban a cabo 2 veces por semana por 60 minutos por un periodo de 10 meses. La paciente se mostraba más motivada cuando la sesión se llevaba a cabo usando el programa computacional que cuando se utilizaban tarjetas o ejercicios tradicionales. El lugar en donde se llevaba a cabo la terapia también favorecía los resultados, al principio del tratamiento las sesiones se llevaban a cabo en un consultorio de la Clínica T1 del IMSS en Mérida Yucatán México; posteriormente y para comodidad de la familia los tratamientos se llevaron a cabo en casa de la paciente.

La familia fue una pieza clave para la rehabilitación de la paciente, su esposo e hijas mostraban apoyo en cada una de las sesiones, y ellos expresaron que el uso del programa computacional hacia mas entretenidas las sesiones en casa.

El presente programa computacional será enfocado hacia aquellas personas que presentan cualquier tipo de AVC, y que cursen con algún tipo de afasia, los ejercicios se han diseñado tomando en cuenta características tanto generales como específicas de la afasia, el logopeda es él que se encargará de seleccionar los ejercicios que más se adapten al tipo de alteración. En este programa solo se trabajará la comunicación puesto que ya se ha mencionado que es la secuela más discapacitante en la persona que sufre un AVC.

Al final del tratamiento de lenguaje, la paciente logro recuperar al 95% su lenguaje comprensivo y en un 70% su lenguaje expresivo. La familia se comprometió a seguir utilizando el programa computacional para seguir ejercitando la capacidad comunicativa de la paciente.

6. CONCLUSIONES.

La comunicación es la herramienta indispensable para poder relacionarnos en la familia, en el trabajo, y los demás grupos sociales; al presentarse un AVC, esta herramienta se ve severamente afectada trayendo consigo un problema en el lenguaje expresivo y comprensivo, comúnmente denominada afasia. El reaprendizaje de la afasia es un proceso que ayudará a estructurar el lenguaje de la persona, para que poco a poco comience a tener una comunicación en los diferentes contextos de la vida diaria.

PRLAA representa una opción al logopeda, para llevar a cabo este reaprendizaje. Si bien es cierto que la computadora hoy en día es un instrumento que esta presente en la mayoría de los ámbitos laborales, entre ellos la educación.

En las terapias del lenguaje, puede ayudar al logopeda a llevar la terapia de una manera más atractiva y eficaz. Ayudándolo a tener de una manera más ordenada los ejercicios que pueden trabajarse y tiene como opción que podrá enriquecerlos marcando ejercicios similares.

El programa computación es una herramienta que podrá auxiliar al logopeda al momento de llevar a cabo un reaprendizaje del lenguaje en la persona afásica, pero no constituye una herramienta indispensable, puesto que se considera que la terapia de lenguaje es un arte, que depende de la creatividad e imaginación que pueda llegar a tener el logopeda para poder enriquecerla, y este se debe de auxiliar de cualquier método que este a su alcance para realizarla.

REFERENCIAS

- 1) Charte, F., Programacion con Delphi 5, Anaya Multimedia, 2000, ISBN: 978-84-415-0967-2, EAN: 9788441509672
- 2) Manuel Alonso Castro, Antonio Colmenar, Pablo Lozada, Juan Piere. Diseño y Desarrollo Multimedia, Alfaomega Grupo Editor 2003.
- 3) Alcantud, F. (1999) (ed.) Teleformación: Diseño para todos. Valencia: Servei de Publicacions de la Universitat de Valencia Estudi General.
- 4) Insa, D. y Morata, R. (1998) Multimedia e Internet: las nuevas tecnologías aplicadas en la educación. Madrid: Paraninfo.
- 5) Clares, J. (2005) Propuesta de diseño pedagógico para la elaboración de un programa educativo multimedia.
http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=8880

- 6) Sánchez Rodríguez, J. (2003) Producción de aplicaciones multimedia por docentes. Revista Pixel-bit, nº
- 7) 21. <http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n21/n21art/art2109.htm>
- 8) Domínguez, A. y Cuetos, F. 1998. "Similitud ortográfica y prosódica en el reconocimiento de palabras". II Congreso de la Sociedad Española de Psicología Experimental (SEPEX), Granada, 17-18 de diciembre.
- 9) Peña Casanova J. Rehabilitación de la afasia y trastornos asociados. Barcelona. Masson 1995
- 10) Vigotsky, S.L. Pensamiento y Lenguaje. Paidós. Barcelona, 1995.
- 11) Diccionario Enciclopédico de Educación Especial. 4 Tomos. México, Santillana, 1990. Cuarta reimpresión en editorial Santillana.
- 12) Flores Avalos B.: Las afasias. Conceptos clínicos. Instituto de la Comunicación Humana. Manual de medicina de la comunicación humana No. 7, México, 2002
- 13) Vendrell J.M: Las Afasias, semiología y tipos clínicos. Rev. Neurol. 2001: 32: 980-6
- 14) Berthier M.L.: Afasia secundaria a accidente cerebrovascular: Epidemiología, fisiopatología y tratamiento. Drugs and Aging 22 (2):163-182, 2005
- 15) Soto, P., Sebastián, E. y Maldonado, A. 1992. Retraso en lectura: evaluación, y tratamiento educativo. Madrid: UAM.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ELECTROESTIMULADOR PORTÁTIL RECONFIGURABLE

Angel. Mena. Díaz-Ordaz, Francisco. López-Huerta

Facultad de Ciencias de la Electrónica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio y 18 Sur Colonia. San Manuel, Ciudad Universitaria, 72570, Puebla, Puebla. México. Tel. (222) 2295500. ext 2158. angel_mena.dior@hotmail.com; luerta@ece.buap.mx

RESUMEN

En este trabajo, se presenta el diseño e integración de un dispositivo portátil reconfigurable, para estimulación eléctrica transcutánea (TENS) y estimulación eléctrica neuromuscular (NMES), respectivamente, estas dos técnicas de Electroestimulación, son hoy en día los dos pilares fundamentales en los que se basa la electroterapia de baja frecuencia. El electroestimulador portátil reconfigurable implementado, es capaz de provocar un potencial de acción (PA), en el tejido excitable, para modificar su estado habitual, el cual puede ser usado en diferentes áreas como: medicina del deporte, tratamientos de dolores musculoesqueléticos, rehabilitación muscular. Este instrumento presenta las siguientes los siguientes bloques funcionales: etapa de generación de las señales que provocaran un PA. Etapa de procesamiento analógico, este bloque cuenta con amplificadores, diferenciadores, integradores, circuitos de protección. Por último, la etapa de visualización y control del usuario final, la información se muestra en una pantalla de cristal líquido mientras que el control se realizará por un teclado matricial. El sistema presenta las siguientes especificaciones; para la onda TENS se obtuvo una corriente y voltaje variable de 25 a 70 mA y de 0 a 65 Volts, respectivamente en un periodo de .1 a 1 milisegundo. Mientras que la onda NMES presenta una corriente y voltaje de 30 a 120 mA a 70 Volts en un periodo de .1 a 1 milisegundo.

Palabras Clave: TENS, NEMS, Electroterapia, Electroestimulación.

ABSTRACT

In this work, we present the design and integration of a reconfigurable handheld device for transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES), respectively, these two techniques of electrostimulation, are today the two pillars on which underlying the low-frequency electrotherapy. The portable stimulator reconfigurable implemented, is capable of eliciting an action potential (AP) in excitable tissue, to alter its normal state, which can be used in different fields like sports medicine, treatment of musculoskeletal pain, muscle rehabilitation. This instrument has the following functional blocks as follows: stage of generation of signals that would trigger an AP. Analog processing stage, this block has amplifiers, differentiators, integrators, protection circuits. Finally, the stage of visualization and control of end user, the information is displayed on LCD screen while the control is performed by a matrix keyboard. The system has the following specifications; for wave TENS was obtained current and voltage variable from 25 to 70 mA, and 0 to 65 Volts, respectively at a period of .1 to 1 ms. While the NEMS wave presents current and voltage a 30 to 120 mA at 70 volts and period of .1 to 1 ms.

Keywords: TENS, NEMS, Electrotherapy, Electrostimulation.

1. INTRODUCCIÓN

La electroterapia, por definición, consiste en la aplicación de energía electromagnética al organismo de diferentes formas, con el fin de producir sobre él reacciones biológicas y fisiológicas, las cuales serán aprovechadas para mejorar los distintos tejidos cuando se encuentran sometidos a enfermedades o alteraciones metabólicas de las células que componen dichos tejidos y a su vez forman el organismo vivo humano. La energía eléctrica se desplaza por el organismo en forma de electrones asociados a iones que se moverán por la fuerza electromotriz aplicada; por electrodos

procedentes de una fuente de energía externa o bien por las cargas internas del organismo. La electroterapia es muy antigua y tiene su origen con el uso del pez torpedo en el año 400 a. C. Los choques eléctricos producidos por el pez eran utilizados para el tratamiento de diferentes enfermedades como artritis, asma y hemorroides [1-2]. El uso de la electricidad con fines terapéuticos tuvo un amplio desarrollo a partir del siglo XIX; en esta época se diseñaron electrodos transcutáneos y se localizaron los puntos motores en el cuerpo humano. En el siglo XX la electroterapia intenta dar una solución técnico-científica a las diferentes enfermedades de esa época [3]. A finales de ese siglo, quedó representada gráficamente la curva de intensidad/duración, la cual permite la aplicación en músculos inervados y denervados. Hoy en día los avances tecnológicos en casi todos los aspectos del conocimiento científico han permitido el diseño y fabricación de equipos portátiles, reconfigurables, eficientes y de fácil manejo. Desde la industria del entretenimiento virtual, comunicaciones y medicina del deporte. Es en este campo en donde en los últimos años, la electroterapia presenta una creciente renovación en los equipos de electroterapia [4-5]; como consecuencia del desarrollo tecnológico, unas veces obedeciendo a mejoras en las técnicas, perfeccionamiento de la electrónica; otras, para ampliar y corregir insuficiencias de los equipos de generaciones anteriores [6] por último por cuestiones de mercadotecnia. En particular es muy importante contar con equipos o sistemas que sean adecuados para la dosificación de la energía eléctrica a fin de alcanzar los objetivos pretendidos; el exceso acarreará efectos secundarios no buscados en el organismo.

Una de las técnicas de aplicación de la corriente eléctrica en el cuerpo humano es la electroestimulación funcional, la cual es una técnica que utiliza la corriente eléctrica para provocar una contracción muscular o nerviosa, mediante un instrumento electrónico. Esta técnica se aplica en diversos aspectos médicos y en el campo de la rehabilitación [7]. En la actualidad, ha aumentado el interés tanto por el desarrollo tecnológico de nuevos equipos que cuente con nuevas funciones, capacidades para la aplicación y valoración de resultados obtenidos a nivel de estimulación neuromuscular. El electroestimulador es un generador de corriente, que produce impulsos eléctricos con la potencia suficiente para generar un potencial de acción en el tejido excitable: musculares o nerviosas y así modificar su estado habitual, que es el reposo. Para que el estímulo (impulso) sea eficaz debe simular la contracción voluntaria, alcanzando la moto-neurona con una carga eléctrica calibrada [8]. Los impulsos deben ser calibrados según dos variables: frecuencia y ancho de impulso en microsegundos (cronaxia) [9]. Dentro de la electroestimulación existen diferentes tipos o técnicas para su aplicación. Estimulación Eléctrica Nerviosa Transcutánea (TENS), es una técnica encaminada a bloquear los impulsos de dolor que viajan por los nervios periféricos hacia la medula para después viajar hacia el cerebro. Las especificaciones de la onda TENS son: corriente, voltaje variable, de 20 a 80 mA, y de 0 a 70 volts, respectivamente con un periodo de .1 a 1 milisegundo Figura 1.

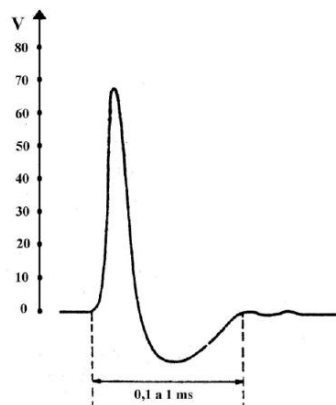


Figura 1. Onda TENS típica utilizada para analgesia.

Estimulación Eléctrica Muscular (MES), es una técnica encaminada al fortalecimiento muscular, la corriente recomendada para este tipo de estímulo es una onda rectangular Figura 2, las corrientes de tipo galvánico están desaconsejadas, por el elevado riesgo de quemaduras químico-eléctrico y por la desagradable sensación de corriente eléctrica. Las especificaciones de la onda EMS son: corriente de 28 a 120 mA, 70 volt con un periodo de .1 a 1 milisegundo.

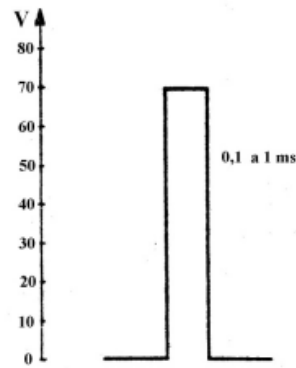


Figura 2. Onda EMS típica utilizada para estimulación muscular.

El empleo de la electroestimulación es ampliamente usada en diferentes áreas como: medicina del deporte, tratamientos de dolores musculo-esqueléticos, en donde se requiere aplicar corrientes o voltajes a diferentes frecuencias y la duración de los mismos se debe a que cada una sirve para un tratamiento determinado. El incremento en la duración de la corriente o voltaje aplicados a los puntos del cuerpo humano depende del tipo de enfermedad a tratar, empezando siempre con la de menor duración de tiempo. Este trabajo está conformado de la siguiente manera. En la sección 2 se describe el diseño e implementación del electroestimulador portátil reconfigurable y las especificaciones eléctricas para el acondicionamiento de las señales. En la sección 3 se presentan los resultados obtenidos del funcionamiento eléctrico del dispositivo implementado en este trabajo. Finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones y se plantea el trabajo futuro.

2. DISEÑO DEL ELECTROESTIMULADOR PORTÁTIL RECONFIGURABLE

El electroestimulador es un dispositivo que tiene la capacidad de generar un potencial de acción, para provocar una contracción muscular o nerviosa. Este instrumento debe tener las siguientes condiciones de seguridad: Estimulación intencional o/a demanda, es decir, la persona posee en sus manos la llave que activa o desactiva la estimulación cuando sucede algo que no le agrada, circuitos de protección, al encender o apagar el equipo debería iniciar sin voltaje/corriente a la salida. El electroestimulador portátil tendrá las siguientes partes: etapa de generación de las señales para provocar las contracciones musculares o nerviosas, para esta etapa se utilizará un microcontrolador que cuenten con los bloques de modulación por ancho de pulso (PWM). Etapa de potencia, en este bloque se utilizaran amplificadores operacionales, configurados como diferenciadores e integradores, la etapa de visualización y control, se muestra en un display de cristal líquido (LCD) mientras que el control se realizará por un teclado matricial.

Para el diseño del electroestimulador portátil se considera el siguiente diagrama a bloques.

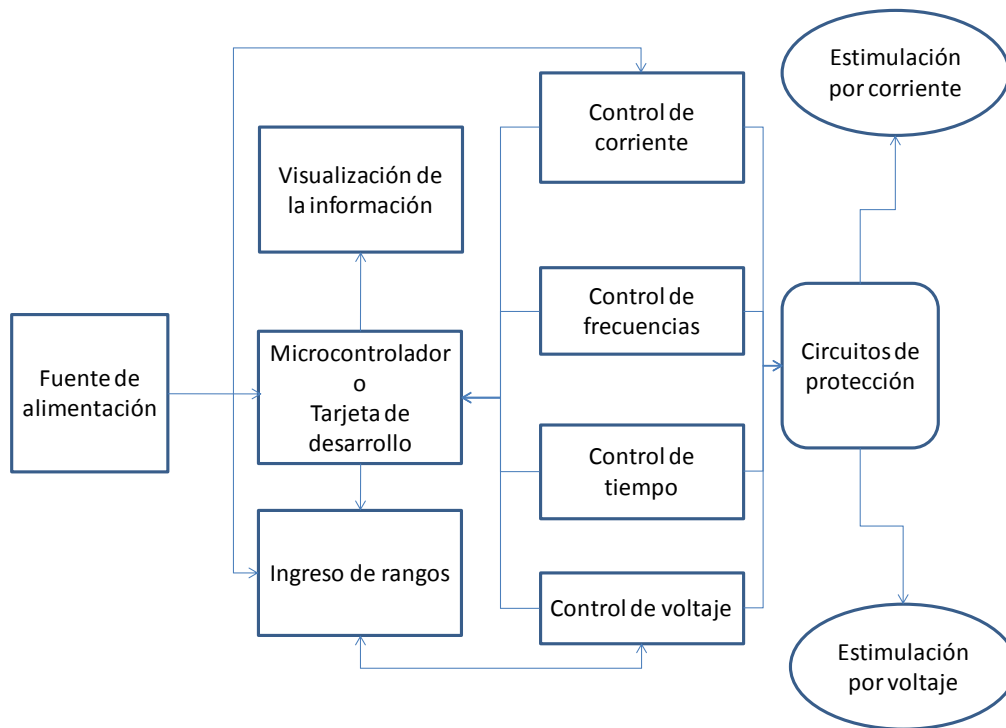


Figura 3. Diagrama a bloques del electroestimulador.

2.1. Implementación del Electroestimulador

La instrumentación para el electroestimulador portátil reconfigurable, está compuesto por los siguientes bloques: un microcontrolador PIC16F877A [10], etapa analógica de filtrado implementado a través del amplificador operación LM385N [11], interface gráfica por medio de un LCD y un teclado matricial, por último los electrodos para inyectar la corriente eléctrica al cuerpo humano.

Para la primera etapa se ocupó el microcontrolador PIC16F877A (Figura 4), en el cual se programaron todas las opciones de nuestro diseño. Mediante el lenguaje de programación basado en C, mediante este script se controlan todos los dispositivos y periféricos de entrada-salida, las cuales son controladas a través del teclado matricial y la información es desplegada en el LCD, esta interface le permite al usuario escoger alguna opción de Electroestimulación dependiendo de su necesidad específica y también sirve para reiniciar el sistema. El mayor objetivo del Microcontrolador es controlar todas las variables del sistema el cual ayudara a tener una estimulación más segura.

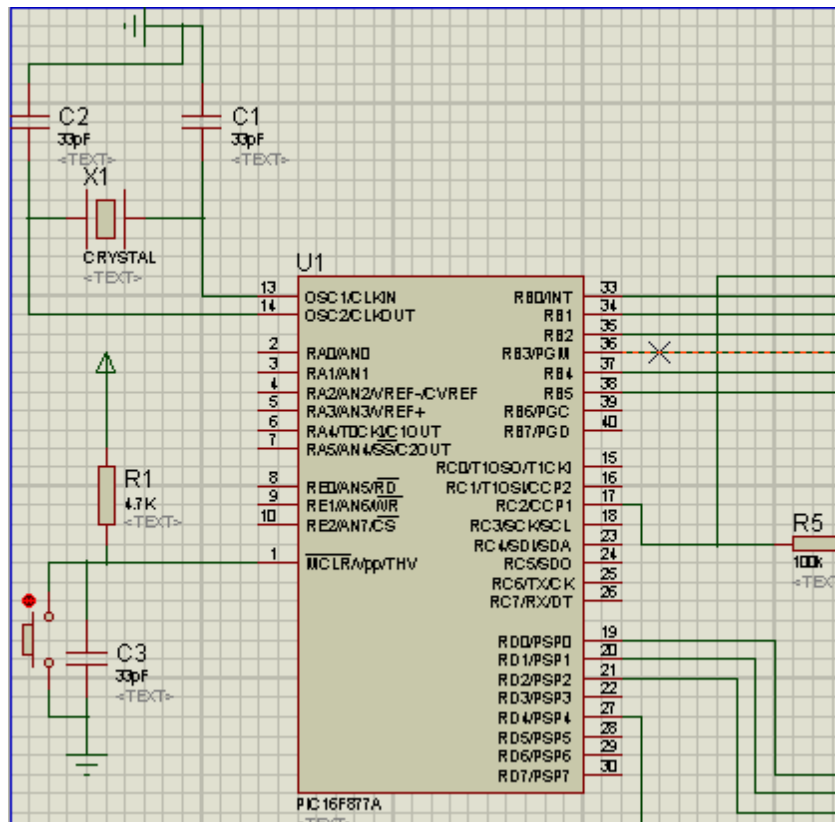


Figura 4.- Bloque de la programación del sistema.

En la Figura 5, se muestra la conexión del LCD con el Microcontrolador y el teclado matricial, mediante el cual el usuario puede acceder al menú en donde podrá elegir el tipo de estimulación más conveniente para la necesidad que tenga. Una vez establecida el tipo de Electroestimulación, esta no podrá ser cambiada, por cuestiones de seguridad ya que la señal debe cumplir con ciertas características de intensidad y duración.

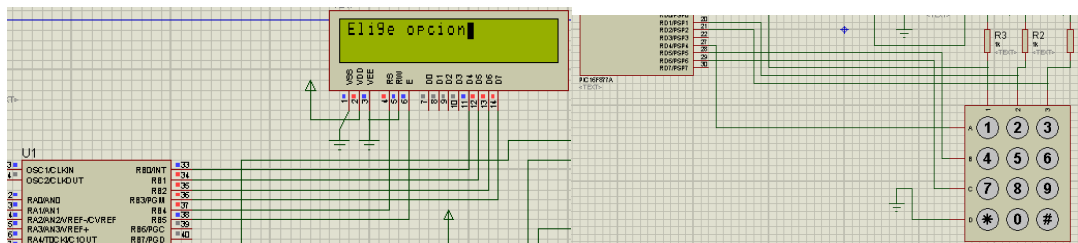


Figura 5.- Interfaz con el LCD.

Las opciones de Electroestimulación se eligen mediante el teclado matricial en el cual se da 3 bloques. En el bloque 1 se dan las opciones para frecuencia de pulso, en el bloque 2 las opciones para tipo de señal y en el bloque 3 las opciones para tipo de salida. El bloque 1 se compone por los botones 1, 2 y 3, y controla el ancho de pulso (frecuencia de pulso). Mediante el bloque 2 (botones 4, 5 y 6) se eligen el tipo de señal. Para el bloque 3 (botones 7 y 8) se eligen el tipo de salida ya sea si la estimulación es por voltaje (botón 7) o si la estimulación es por corriente (botón 8). Para que todos estos bloques funcionen correctamente es necesario activar correctamente la modulación por ancho de pulso (PWM) del Microcontrolador. Dado que el músculo humano sólo resiste una cierta frecuencia de pulsos, para este prototipo se diseñaron 3 frecuencias fijas, .2 milisegundos, .4 milisegundos y .7 milisegundos.

Para la etapa analógico de filtrado se implementaron dos filtros activos pasa bajas, mediante el amplificador LM385N, por medio de los cuales se obtienen la señal triangular y sinusoidal, como se muestran en la Figura 6.



Figura 6.- Señales obtenidas en cada integrador onda triangular y sinusoidal respectivamente.

Estos tipos de señales (cuadrada, triangular y sinusoidal), pertenecen a la estimulación por voltaje. Para obtener una salida de estimulación por corriente se utiliza un amplificador de transconductancia. Mediante el teclado matricial y al presionar los botones 7 y 8, tendremos el control, para determinar qué tipo de salida tendremos.

El usuario final solo controla el teclado, mediante el cual puede seleccionar que tipo de Electroestimulación desea y el tiempo de aplicación. Este sistema evitara que haya 2 salidas diferentes al mismo tiempo. El prototipo final se muestra en la Figura 7.

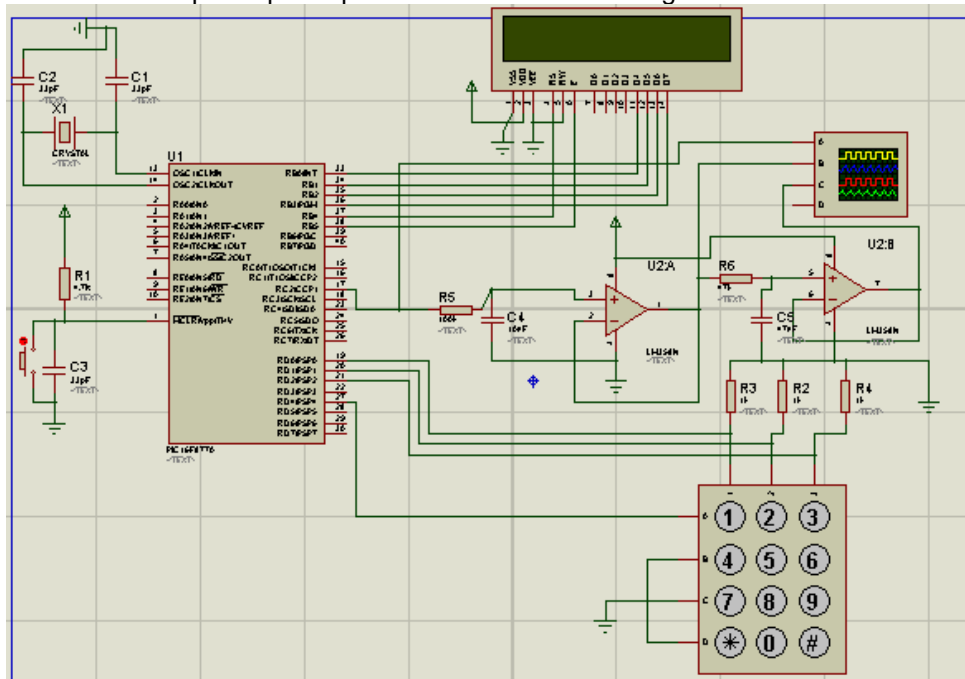


Figura 7. Prototipo del electroestimulador portátil reconfigurable.

3. Resultados

Las pruebas se realizaron dentro de las instalaciones de la facultad de ciencias de la electrónica de la BUAP. En la Figura 8 se muestra el prototipo implementado en donde está integrado cada uno de los bloques que conforman el electroestimulador portátil reconfigurable, todas las señales obtenidas fueron verificadas en el osciloscopio Tektronix TDS1002. En las Figura 9,10 y 11 en donde se muestran la señal cuadrada, sinusoidal y triangular, respectivamente.

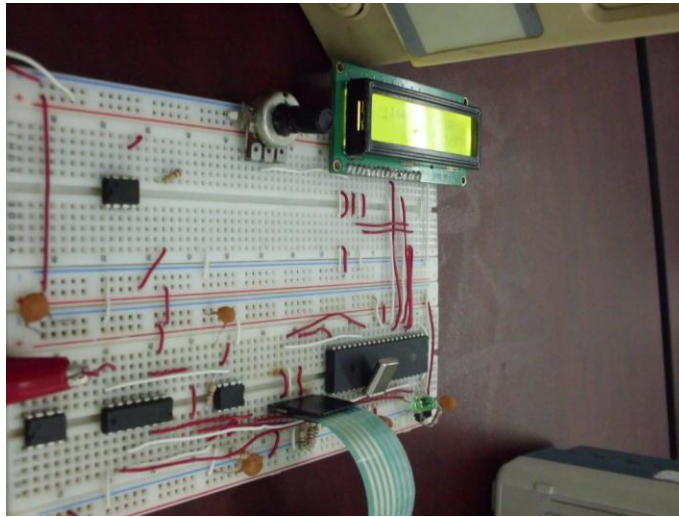


Figura 8. Prototipo del electroestimulador portátil reconfigurable a nivel protoboard. En la Figura 9, se muestra la interfaz gráficode usuario en el LCD en donde se escogio la opcion senoidal y se muestra la salida en el osciloscopio.

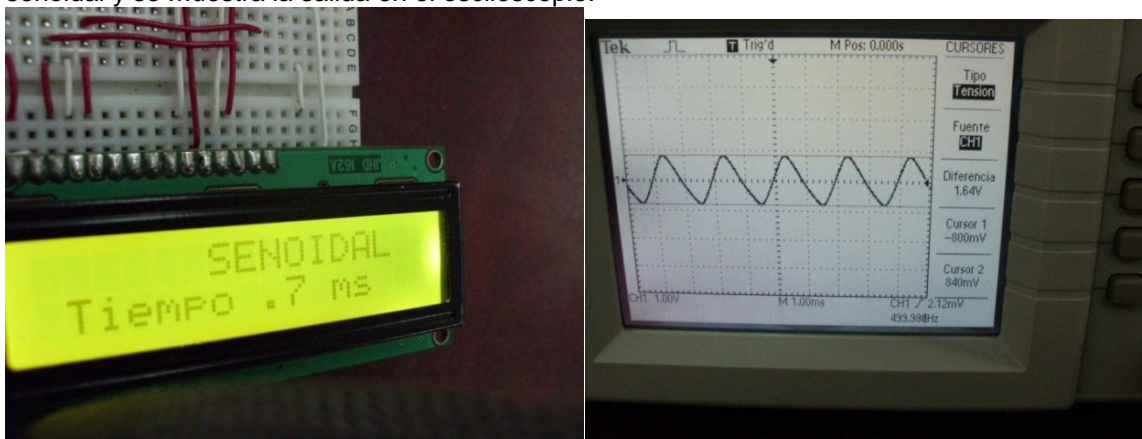


Figura 9.- Estimulación senoidal con un tiempo de pulso de .7 milisegundos. En la Figura 10, se muestra la elección de una señal cuadrada con un tiempo de 4 milisegundos y la señal obtenida en el osciloscopio.

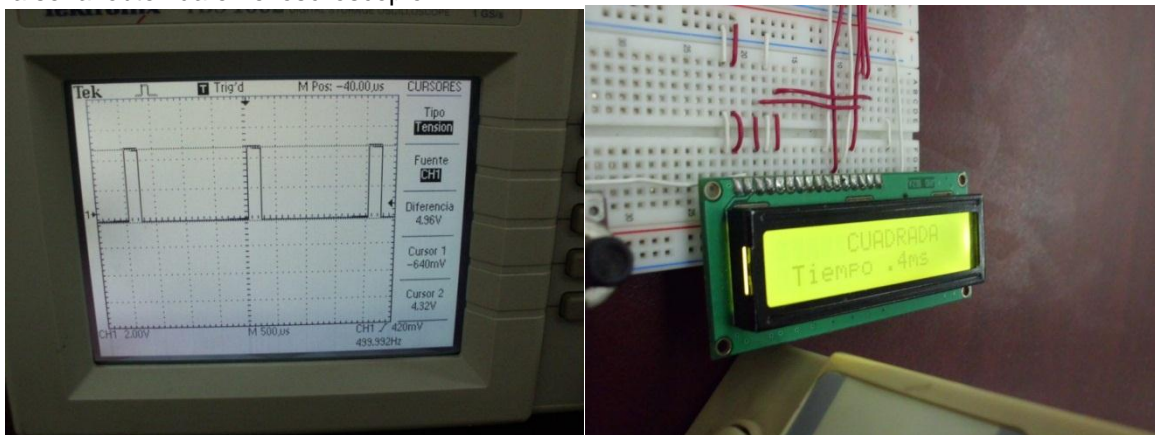


Figura 10.- Tipo de señal cuadrada con un periodo de .4 milisegundos.

En la Figura 11, se muestra la señal de estimulación triangular con periodo de .7 milisegundos.

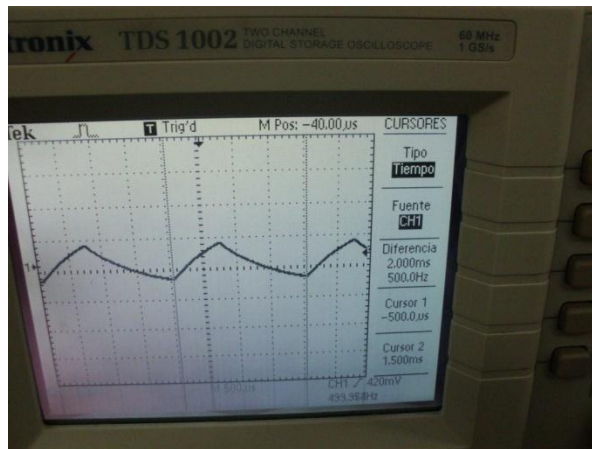


Figura 11. Tipo se muestra la salida con señal triangular.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se implementó un electroestimulador portátil reconfigurable de bajo costo, el cual cuenta con las siguientes características para la onda TENS se obtuvo una corriente y voltaje variable de 25 a 70 mA y de 0 a 65 Volts, respectivamente con un periodo de .1 a 1 milisegundo. Mientras que la onda NMES presenta una corriente y voltaje de 30 a 120 mA a 70 Volts con un periodo de .1 a 1 milisegundo. Con una recuperación aceptable a perturbaciones y reinicio del sistema a cero mediante el reinicio general. El circuito esta alimentado con 5 volts y consume una corriente total de 150 mA. Las salidas obtenidas cumplen con las especificaciones eléctrica de los electroestimuladores, siendo viable su aplicación para ejercitar y relajar los músculos del cuerpo humano.

Como trabajo futuro se plantea la obtención de la estimulación por corriente y la puesta en marcha en personas así como establecer los bloques de protección para el usuario final.

5. REFERENCIAS

- [1] Hecox Bernadette, Physical Agents: A comprehensive text of physical therapist, Connecticut, Appleton & Lange 1994.
- [2] Baker, L.; McNeal, D.R.; Benton, L.A.; Bowman, R. L.; Waters, L. L. Neuro Muscular Electrical Stimulation: A practical guide. 3 Edición. Downey (CA).
- [3] Gianpaolo Boschetti ¿Que es la Electroestimulación? Teoría, práctica y metodología del entrenamiento. Barcelona, Paidotribo, 2002.
- [4] Mompín Poblet Jose. Introducción a la Bioingeniería. Marcombo España. 1988.
- [5] Webster J. Medical Instrumentation, Application and Design, 4^a edition, John Wiley & Sons Inc, USA. 2009.
- [6] Prutchi David, Norris Micahel. Design and development of medical electronic instrumentation. John Wiley & Sons Inc, USA. 2005.
- [7] Rodríguez Martin. Electroterapia en fisioterapia, 2^a edición Panamericana.

[8] Rodríguez de la Iglesia Isabel. Estudio comparativo del efecto de los ejercicios abdominales tradicionales voluntarios y la electroestimulación. 2007.

[9] Herrera Alonso Azael, Abadía García de Vicuña Olaia, Morante Rábago Carlos, García López Juan. Parámetros del entrenamiento con electroestimulación y efectos crónicos sobre la función muscular. Archivos de medicina del deporte, 455-462. 2006.

[10] Fabricante de microcontroladores y memorias:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/35007b.pdf> (acceso Noviembre 2011).

[10] Fabricante de componentes electrónicos:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/2163.pdf> (acceso Diciembre 2011)

Colorímetro con comunicación vía USB hacia una computadora.

José Luis Zamorano Flores, Randy J. Rabadan Sotelo
Depto. de Electrónica, Área de Comunicaciones. Universidad Autónoma Metropolitana,
San Pablo 180 col. Reynosa Tamaulipas Del. Azcapotzalco México DF.
Tel: (55) 5318 9550 ext. 1035 Fax: 55 5394 6843 correo: jlzf@correo.azc.uam.mx

Resumen:

El color es una característica asociada a la longitud de onda de la luz, especialmente a su longitud de onda dominante, y a la luminancia. Podemos decir que el color es una interpretación del cerebro y por lo tanto ésta puede ser un tanto subjetiva. En ésta interpretación, intervienen varios parámetros como: la pureza, la saturación y el tinte, lo cual hace que su medición sea complicada. Sin embargo, hoy en día, existen sensores que facilitan la implementación de medidores de color. En este trabajo se presentan avances sobre el diseño y construcción de un colorímetro basado en el sensor de color TCS230. El colorímetro cuenta con un microcontrolador que además de procesar los datos entregados por el TCS230 establece comunicación vía USB con una computadora. Aunque el colorímetro no está completamente terminado éste obtiene datos que al ser procesados, por la computadora, determinan el color de la muestra de manera muy aproximada.

1.- Introducción

Como es sabido el sentido más desarrollado por el ser humano, es el de la vista, nuestros ojos tienen receptores de luz (conos y bastones) que responden a las diferentes longitudes de onda. Estos receptores componen la retina, de forma parecida a un CCD en una cámara fotográfica, al recibir luz estos conos y bastones responden enviando señales electroquímicas al cerebro, el cual, las interpreta como imágenes y colores. El color es una característica asociada a la longitud de onda de la luz, especialmente a su longitud de onda dominante. También está asociado con la luminancia, visualmente, el brillo percibido es aproximadamente igual a la raíz cubica de ésta. Cabe señalar que el color es una interpretación del cerebro y por lo tanto puede ser un tanto subjetiva, en ésta, intervienen varios parámetros como: la pureza, la saturación y el tinte. Todo esto hace que la medición del color sea complicada. Para medir el color, se dispone de dos tipos de instrumentos: los colorímetros y los espectrofotómetros. La diferencia entre ellos es que el colorímetro está diseñado con tres filtros (rojo, verde y azul), que se utilizan para seleccionar la longitud de onda el haz de luz y los espectrofotómetros están diseñados con una rejilla de difracción para separar el haz de luz en todas sus componentes espectrales. En el mercado existe una gran variedad de marcas y modelos de colorímetros y espectrofotómetros con diferentes características, según su aplicación. Pero, como muchos otros dispositivos e instrumentos no muy comunes, son caros. Además, estos instrumentos como muchos otros son diseñados y fabricados en el extranjero. Hoy en día existen sensores y dispositivos que ayudan a disminuir las complicaciones en el diseño e implementación de medidores de color, un ejemplo de estos es el circuito integrado TCS230. Este circuito consta de 64 fotodiodos organizados en 4 grupos de 16, la luz que llega a tres de los grupos es pasada por filtros ópticos de color rojo, verde y azul, al cuarto grupo la luz llega sin filtrar, esto permite determinar el nivel de tres colores básicos y la intensidad total de la luz que llega al sensor. En este trabajo se presenta el diseño y la implementación de un colorímetro basado en el TCS230, el cual, recibe la luz reflejada de una muestra seca. El sensor es manejado por un microcontrolador que obtiene los datos, los organiza y los envía a una PC, para que ahí se terminen de procesar y se muestre el color dicha muestra. Los resultados obtenidos son satisfactorios y aunque el funcionamiento del colorímetro no es del 100%, su desempeño es muy promisorio.

2. El colorímetro.

2.1 introducción

Como se ha mencionado, para la medición del color se utilizan básicamente espectrofotómetros y colorímetros. Un espectrofotómetro utiliza una rejilla de difracción, por medio de la cual, se separan las diferentes longitudes de onda de la luz de la muestra y las dirige hacia un fotodetector, al rotar la rejilla la componente espectral que incide sobre el detector va cambiando. Permitiendo así conocer la intensidad de cada longitud de onda de la luz que llega de la muestra. En un colorímetro, la luz a analizar se hace pasar por tres filtros rojo, verde y azul que dejan pasar solo la luz de estos colores hacia sendos fotodetectores que determinan el nivel cada uno de estos colores primarios. La figura 1 muestra un esquema de estos dos instrumentos de medición.

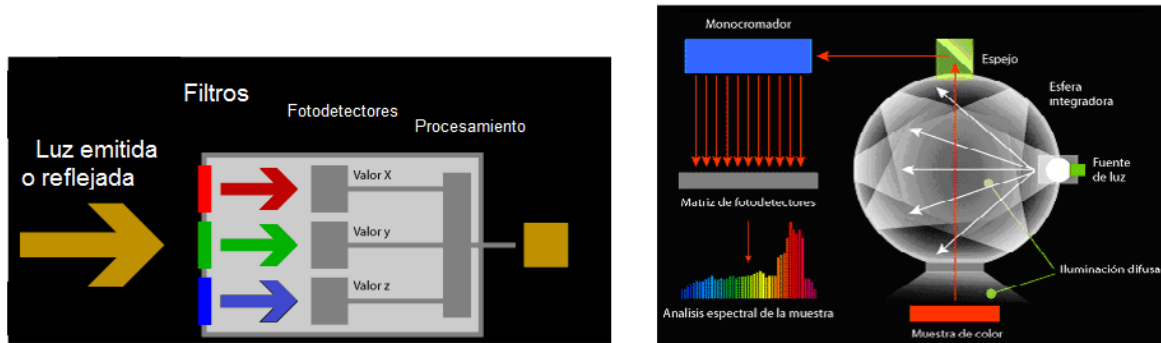


Figura 1. Principio de funcionamiento de un colorímetro de: (izquierda) un colorímetro, (derecha) un espectrofotómetro.

En un colorímetro se utiliza un modelo de color RGB, con el que es posible representar un color mediante la mezcla por adición de los tres colores luz primarios. El modelo de color RGB no define por sí mismo lo que significa exactamente rojo, verde o azul, por lo que los mismos valores RGB pueden mostrar colores notablemente diferentes en diferentes dispositivos que usen este modelo de color. Para indicar con qué proporción mezclamos los colores, se asigna un valor a cada uno de los colores primarios, por ejemplo el valor 0 significa que no interviene en la mezcla y, a medida que ese valor aumenta, se entiende que aporta más intensidad. Aunque el intervalo de valores podría ser cualquiera (valores reales entre 0 y 1, valores enteros entre 0 y 37, etc.), en las computadoras es frecuente que cada color primario se codifique con 8 bits. Así, de manera usual, la intensidad de cada una de las componentes se mide según una escala que va del 0 al 255. El conjunto de todos los colores se puede representar en un cubo. Cada color es un punto de la superficie o del interior de éste. La escala de grises estaría situada en la diagonal que une al color blanco con el negro. Observar la figura 2.

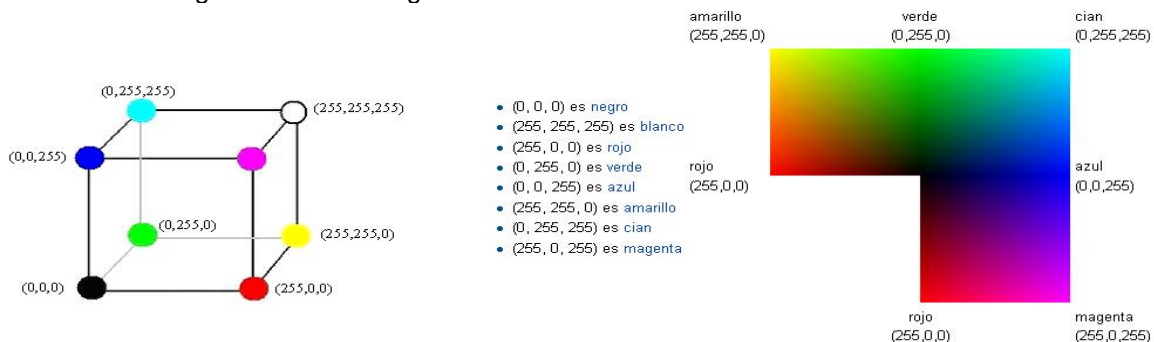


Figura 2. (Izquierda) cubo RGB; (derecha) esquema plano del modelo RGB.

2.2 Diseño del colorímetro

En la figura 3 se muestra el diagrama a bloques del colorímetro, en este, se observa que la muestra a analizar, el sensor TCS230 y una fuente de luz RGB están colocadas dentro de una cámara oscura, de tal manera que el sensor sólo recibe la luz reflejada por la muestra.



Figura 3. Diagrama a bloques del colorímetro.

El sensor de color (TCS230) consta de 4 grupos de fotodiodos, tres de ellos cuentan con sendos filtros de color rojo, azul y verde; esto es, estos grupos de fotodiodos responderán solo a la luz del color de su filtro. El cuarto grupo de fotodiodos no cuenta con un filtro, por lo que estos recibirán todos los colores reflejados por la muestra, obteniéndose una corriente proporcional a la intensidad total de la luz. La intensidad de corriente, de cada grupo de fotodiodos, es convertida a una frecuencia, es decir, la salida del sensor consiste en pulsos de frecuencia proporcional a la potencia óptica recibida. El sensor tiene un solo pin de salida, por lo que cuenta con un multiplexor para seleccionar la señal del color que ha de salir. Un programa, ejecutado en un microcontrolador, selecciona las señales de cada uno de los colores primarios, mide sus frecuencias y las envía hacia una computadora; para ello, utiliza una interfaz USB. El microcontrolador utilizado fue el PIC18F2550 de Microchip, el cual, tiene 28 pines y posee características avanzadas, como el hecho de estar dotado de un módulo USB, que facilita la realización de una interfaz HID (Human Interface Device). En la computadora, los datos de frecuencia recibidos, son procesados para que tengan valores en el rango de los valores RGB en las computadoras (de 0 a 255). Con estos valores se le da color a un cuadro dibujado en una ventana, donde también aparecen los valores RGB. El microcontrolador también maneja la fuente de luz RGB, la cual, está formada por dos LEDs tricolor, alimentados con fuentes de corriente implementadas con transistores. La programación del microcontrolador se realizó con ayuda del paquete mikrobasic y la computadora se programó en Visual Basic.

3. Resultados

En la figura 4 se presenta una fotografía del colorímetro conectado a una PC, en esta, se observa la cámara oscura (destapada) donde se instaló el sensor de color junto con el microcontrolador y la fuente de luz tricolor. También se puede ver la conexión, mediante un cable USB hacia una computadora portátil. En la pantalla de la computadora, se puede ver la ventana que muestra los resultados del colorímetro, que en este caso, se ve un cuadro de color negro porque la cámara oscura está abierta y no tiene colocada la muestra de color.



Figura 4. Fotografía del colorímetro conectado a una PC.

En la figura 5, a la izquierda, se muestra una imagen más detallada de la ventana de resultados en la PC, esta corresponde a una muestra de color amarillo y en ella se aprecian los valores RGB obtenidos y el cuadro del color resultante con dichos valores. A la derecha de esta figura, se tienen los resultados para una muestra azul. Cabe mencionar que las muestra consistieron en trozos de foami, porque este un material opaco, es decir, no muestra brillo.



Figura 5 Resultados para muestras de color amarillo y azul.

4. Conclusiones

El colorímetro todavía no está completamente terminado, pero se tienen buenos resultados, con él colorímetro se obtienen datos, que al ser procesados, permiten obtener de manera muy aproximada el color de la muestra. Esta inexactitud, se debe en gran parte a que los dispositivos que manejan colores, los muestran con tonalidades distintas, por ejemplo cuando nosotros escaneamos una imagen, la observamos en la pantalla con colores un poco diferentes al original y

cuando la imprimimos, los colores resultan ser mayormente distintos. Este hecho, esperamos corregirlo ajustando la ponderación de los datos de cada color primario y tomando en cuenta la intensidad total de luz reflejada por la muestra.

Bibliografía

http://www.gusgsm.com/funciona_colorimetro

<http://www.bluemetric.mx/colorimetros-medidor-portatil-diferencia-color-p-416.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Color>

“ANGEL-BABY”

Margarita Alvarez Cervera, Marco Josué Yeh Arcique, Theodoro Rateike Del Rivero, Adrian Ferrera Damas.

Instituto Tecnológico De Mérida

malvarez@itmerida.mx , marcoyehar@hotmail.com , tedy_rateike@hotmail.com,
a_ferrera@live.com

RESUMEN

En este trabajo se mostrará el prototipo que se está realizando sobre un dispositivo que monitorea el estado de un neonato, desde el nivel de sus signos vitales primordiales tales como, ritmo cardiaco y temperatura corporal, de igual manera cuenta con la capacidad de notificar a los padres de manera remota cualquier alteración o anomalía en las lecturas de dichos datos proporcionando, una alerta temprana a los padres y evitar un posible daño a la salud del bebé. El proyecto tiene como nombre “ANGEL-BABY”, que surge como una ayuda al neonato, para prevenir un síndrome conocido como muerte de cuna, que afecta en los primeros 3 meses de vida del infante.

ABSTRACT

In this paper we show the prototype that is being done on a device that monitors the status of an infant, from the level of primary vital signs such as heart rate and body temperature, just as has the ability to notify the parents remotely any change or abnormality in the readings of the data by providing early warning to parents and to avoid possible damage to the baby's health. The project's name BABY ANGEL which arises as an aid to newborns to prevent a syndrome known as crib death, affecting in the first 3 months of life the infant.

ESTRUCTURA DEL TRABAJO

1 Marco Teórico

1.1 Síndrome De Muerte De Cuna.

El **síndrome de muerte súbita del lactante** (SMSL) se define como la muerte repentina e inesperada de un niño menor de un año aparentemente sano. También se le conoce como *síndrome de muerte súbita infantil o, muerte en cuna*. Generalmente se encuentra muerto al bebé después de haberlo puesto a dormir, no mostrando signos de haber sufrido.

Se considera SMSL si, después de una investigación post mórtem, la muerte permanece inexplicada. En esta investigación se incluye una autopsia, examen de la escena y circunstancias de la muerte y exploración del historial médico del bebé y de la familia.

El 90% de casos de SMSL se da entre los 2 y 6 meses de edad. Estadísticamente aumenta la incidencia en los meses invernales.

El SMSL es responsable de 1 muerte por cada 2000 nacimientos aproximadamente en Estados Unidos. Aunque es causa de muchas menos muertes que los desórdenes congénitos y los relacionados con las gestaciones cortas, es la causa primera de muerte entre bebés sanos después de un mes de vida. [1]

1.1.1 Por Qué Se Produce

Por el momento las investigaciones realizadas a nivel mundial, aseguran que siempre se asocia a múltiples factores que a continuación explicaremos.

- **Alteraciones en el control de la presión arterial**

Podrían existir anomalías a nivel cerebral, que afectarían el centro respiratorio o el control de la presión arterial, cosas que pueden asociarse también a la inmadurez que presentan los bebés prematuros.

- **Anomalías del bulbo cerebral**

Se han detectado anomalías anatómicas a nivel del bulbo cerebral, lugar adonde se encuentra el centro regulador de la respiración y del funcionamiento cardíaco.

- **Imposibilidad de defenderse**

También la imposibilidad de defenderse ante situaciones tan simples como al quedar atrapado entre las sábanas, podría ser otro factor de riesgo. [1]

2.- “ANGEL-BABY”:

- ✚ Uso de infrarrojos para detectar que el bebé deja de respirar, midiendo los pulsos.
- ✚ Sensor de temperatura
- ✚ Brazaletes para la comodidad del bebé.

- ✚ Equipo receptor con despliegue en el LCD mostrando los valores de ritmo cardiaco y temperatura corporal del infante.
- ✚ Capacidad de monitoreo a tiempo real
- ✚ Programación inteligente con la posibilidad de medir los rangos de variación en los signos vitales y de temperatura del infante, para detectar anomalías en el mismo.
- ✚ Con un costo de fabricación aproximado de \$800.00
- ✚ Distancia de máxima transmisión de 100 metros, sin problema de interferencias.

2.1 ¿Por qué es mejor el “ANGEL-BABY”?

Podríamos mencionar que es muy clara la ventaja del “ANGEL-BABY” con respecto a los otros proyectos, como son:

- ✚ Consta de dos lecturas (ritmo cardiaco y temperatura corporal), estas a tiempo real.
- ✚ El brazalete utiliza una batería con la cual no se perjudicaría al bebe causándole alguna inconformidad o molestia al momento de descansar.
- ✚ Su costo de fabricación se encuentra intermedio con relación a otros dispositivos, lo que beneficia al cliente ya que no solo pagaría por medir un signo vital.
- ✚ La capacidad de respuesta es a tiempo real, no como otros dispositivos que tardan hasta 4 segundos en responder.
- ✚ La distancia de transmisión es máxima de 100 metros sin problemas de alguna interferencia (paredes, cableado eléctrico, otras señales FM).
- ✚ Se puede considerar que el uso no es específico para infantes, ya que con la comodidad y practicidad del brazalete, se puede extender y adaptar a la persona.
- ✚ La ventaja de constar con un receptor, es que garantiza la comunicación con el dispositivo; y el usuario puede tener la seguridad que no estará recibiendo, alguna otra señal de respuesta.
- ✚ La comodidad de mover el receptor a cualquier habitación del hogar.

3.- Estructura “Angel-Baby”

El dispositivo se encuentra conformado por dos etapas la sección de transmisión y la etapa de recepción; cada una con subcapas que la conforman, las cuales se identifican en el diagrama a bloques por colores (rojo-hardware, verde-software) y se desglosan a continuación. La etapa transmisora, constituida por un sensor de temperatura, sensor de ritmo cardiaco, microcontroladores, transmisor FM. La etapa receptora contiene el receptor FM, microcontroladores, pantalla LCD.

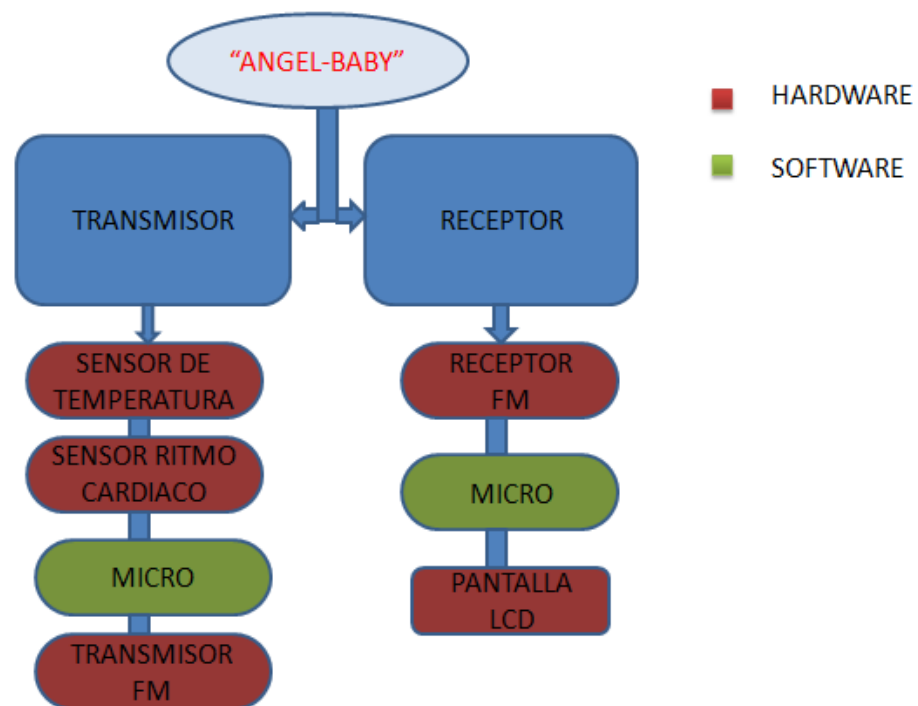


Figura 1.- Diagrama a bloques del “Angel-Baby”

TRANSMISOR

Sensor de temperatura: Tiene la función de medir la temperatura corporal del niño, la información recabada va directamente al Microcontrolador, la cual se encarga de transmitir la información al receptor.

Sensor de ritmo cardiaco: Mide las pulsaciones dependiendo de la velocidad de cambio del flujo sanguíneo del infante.

Microcontrolador: Dispositivo principal de la etapa de transmisión, lleva la programación adecuada para trabajar con el sensor de temperatura y el medidor de ritmo cardiaco, del mismo modo genera el código de información que viajara directamente al receptor.

Transmisor FM: Este dispositivo se encarga de transmitir la información que le ofrece el microcontrolador a una frecuencia determinada.

RECEPTOR

Receptor de FM: Dispositivo que se encarga de recibir la información enviada por el transmisor (etapa de transmisión).

Microcontrolador: Dispositivo que contiene la programación adecuada para decodificar la información del receptor, con la finalidad de desplegar en la pantalla de el LCD la información correspondiente.

Pantalla LCD: Dispositivo electrónico encargado del despliegue de información, con la finalidad de que el usuario conozca los signos vitales del bebe.

3.1 Imágenes “Angel-Baby”

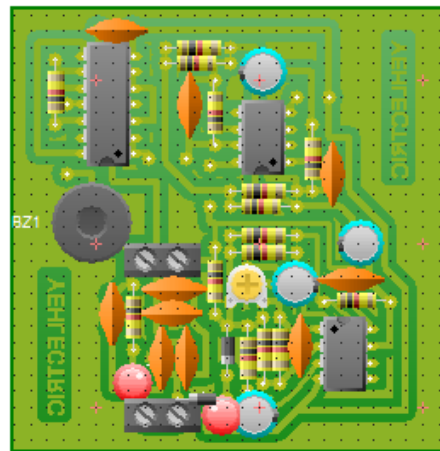


Figura 2.- placa del sensor de temperatura

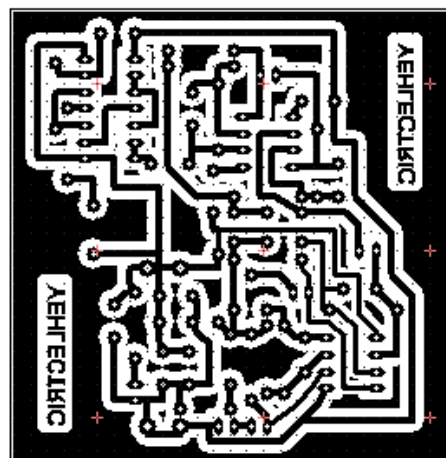


Figura 3.- circuito impreso del sensor de temperatura

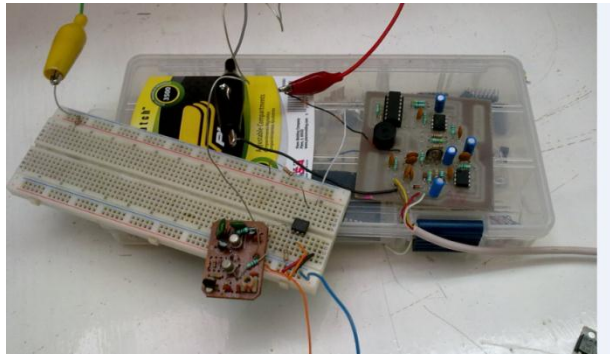


Figura 4.- Transmisor y medidor de ritmo cardiaco

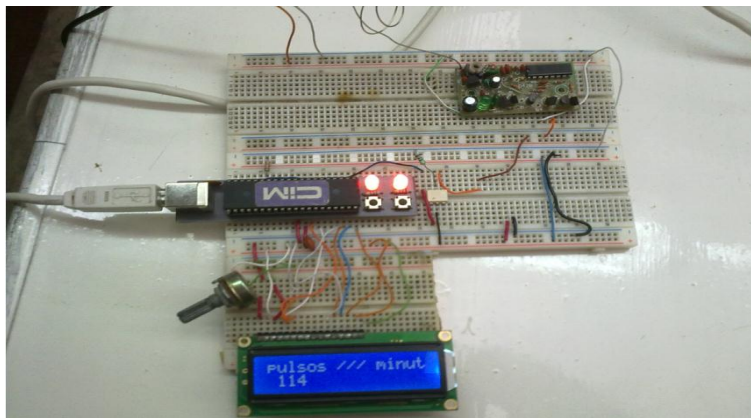


Figura 5.- receptor y LCD

Referencias:

[1] BABYSITIO S.A. Síndrome de muerte súbita del lactante [en línea]

<http://www.babysitio.com/bebe/salud_bebe_sids.php> [consulta: 16 marzo 2012]