

Ciencias Computacionales

avances y perspectivas

María del Carmen Santiago Díaz
Gustavo Trinidad Rubín Linares



Ciencias Computacionales: Avances y Aplicaciones

Ciencias Computacionales: Avances y Aplicaciones

María del Carmen Santiago Díaz
Elsa Chavira Martínez
María de Lourdes Sandoval Solís
Nelva Betzabel Espinoza Hernández
María del Pilar Amador Alarcón
Héctor David Ramírez Hernández
Jesús Vázquez Ramírez
(Editores)

Gustavo Trinidad Rubín Linares
(coordinador)



Cultura, procesos y etnografías contemporáneas

María del Carmen Santiago Díaz; Elsa Chavira Martínez; María de Lourdes Sandoval Solís;
Nelva Betzabel Espinoza Hernández; María del Pilar Amador Alarcón;
Héctor David Ramírez Hernández; Jesús Vázquez Ramírez
(editores)

Gustavo Trinidad Rubín Linares
(coordinador)

Gustavo Trinidad Rubín Linares; María Teresa Torrijos Muñoz; María del Pilar Amador Alarcón; Gabriel Juárez Díaz; María del Carmen Santiago Díaz; José Italo Cortez; Ernest Cortez; Rogelio González Velázquez; Roberto Contreras Juárez; Elsa Chavira Martínez; Mario Mauricio Bustillo Díaz; Maya Carrillo Ruíz; Nelva Betzabel Espinoza Hernández; Hector David Ramírez Hernández; Nicolás Quiroz Hernández; Luis Enrique Colmenares Guillén; Jose Luis Hernandez Amecca; María De Lourdes Sandoval Solís; Barbara Emma Sanchez Rinza; Pedro García Juárez; José Martin Estrada Analco; José Andrés Vázquez Flores; Beatriz Beltrán Martínez; Jessica Nayeli López Espejel; Juan Manuel Gonzalez Calleros; Miguel Rodríguez Hernández; María Josefa Somodevilla García; Josefina Guerrero García.
(revisores)

María del Carmen Santiago Díaz; Elsa Chavira Martínez; María de Lourdes Sandoval Solís; Nelva Betzabel Espinoza Hernández; María del Pilar Amador Alarcón; Héctor David Ramírez Hernández; Jesús Vázquez Ramírez; Gustavo Trinidad Rubín Linares.
(compiladores)

Primera Edición: Diciembre, 2018

ISBN: 978-607-7512-86-8

© 2018 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Diagramación, diseño e impresión:

Montiel & Soriano Editores S.A. de C.V.

15 sur 1103-6 Col. Santiago

Puebla, Pue.



Montiel & Soriano
EDITORES

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. José Alfonso Esparza Ortiz

Rector

Dr. José Jaime Vázquez López

Secretario General

Dr. Ygnacio Martínez Laguna

Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado

M.C. Marcos González Flores

Director de la Facultad de Ciencias de la Computación



Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, ni registrada en, o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea este mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro sin el permiso previo por escrito del titular de los derechos de la obra.

Contenido

Prefacio	9
-----------------------	---

Reconocimiento de Voz Utilizando un Sistema Empotrado para el Control de Dispositivos Electrónicos

<i>José Luis Hernández Ameca</i>	
<i>Elsa Chavira Martínez</i>	
<i>Gregorio Trinidad García</i>	
<i>Ricardo Pastor Hernández</i>	
<i>Henry Rueda Baylón</i>	
<i>José Angel Pino Castrejón</i>	10

Prototipo de Sistema de Control para la Inmersión y Emersión de un Vehículo Acuático Sumergible

<i>José Luis Hernández Ameca</i>	
<i>José Ítalo Cortez</i>	
<i>Pedro García Juárez</i>	
<i>Gregorio Trinidad García</i>	
<i>Enrique Cortés Rodríguez</i>	
<i>Cristian Serrano Martínez</i>	
<i>Daniel Arenas Romero</i>	20

Herramienta de Rehabilitación Pasiva para Esguince de Tobillo de Primer y Segundo Grado

<i>Jose Luis Hernandez Ameca</i>	
<i>Elsa Chavira Martinez</i>	
<i>Luis Enrique Colmenares Guillén</i>	
<i>José Italo Cortez</i>	
<i>Cinthy Karla Saldaña Escalona</i>	
<i>Maria Del Carmen Baez Salazar</i>	
<i>Iveth Angeles Huerta</i>	31

Alineamiento Múltiple de Secuencias de ADN Mediante un Algoritmo Evolutivo

Luis Cornelio De la Cruz Hernandez

Marcela Rivera Martínez

Luis René Marcial Castillo

María De Lourdes Sandoval Solis..... 39

Comparación de Métodos de Clasificación en el Análisis de la Cobertura Edáfica en el Sureste de la Presa Valsequillo, Puebla

Gladys Linares Fleites

María De Lourdes Sandoval-Solis

Antonio Pacheco Ríos

Jesús Armando Ruiz Careaga 46

Sistema de Tickets para el Soporte Técnico del Área de Servicios de Red de la FCC BUAP

Irving Cruz García

Ana Claudia Zenteno Vázquez

José Luis Pérez Rendón

María Del Carmen Santiago Díaz..... 59

Las TIC como Parte del Proceso de Inclusión Empresarial en el Sur de Bogotá – Colombia

Camilo Jose Peña Lapeira

Cliden Amanda Pereira Bolaños..... 75

Implementación de una Red LIN para la Interconexión de Sensores y Actuadores Inteligentes con Tecnología ARM

Marcelino Luis Guadalupe

Nicolas Quiroz Hernandez

Christian Alexander Flores Martinez

Roberto Carlos Ambrosio Lazaro

Ana Maria Rodriguez Dominguez

Carlos Garcia Lucero 90

Modelación y Generación de la Aplicación de Escritorio del Grado de Endurecimiento de las Resinas Fenólicas

Lorena Sánchez López
Juana Deisy Santamaría Juárez
Carlos Zamora Lima
Carlos Palomino Jiménez
Jenaro Leocadio Varela 103

Diseño de un Sistema de Adquisición de Datos Flexible con Filtro Anti-alias Programable y Microcontrolador de 32 bits

Victor Raúl Arteaga Pérez
Nicolás Quiroz Hernández
Héctor Santiago Ramírez
Gerardo Mino Aguilar 124

Análisis de Datos sobre la Delincuencia en México en el Periodo 2015-2017 Utilizando Técnicas de Aprendizaje Automático

Karen Leticia Vazquez Flores
Luis Gustavo Olivares Soto
Maria Josefa Somodevilla García
María De La Concepción Pérez de Celis Herrero 133

Sistema de Seguridad Comunitaria para Inhibir el Robo a Casa Habitación Utilizando IoT

Carlos Yael Canizales Castro
Bryan Anthua Mejía López
Axell Habid Hernández Bojalil
Nicolás Quiróz Hernández 149

Sistema por Puntos para Conservar la Licencia de Conducir Utilizando IoT

Saul Luna Minor
Margarita Edith Solis Cuautle
Diego Antonio Juárez Rocha
Nicolas Quiroz Hernández 156

Uso de Sensores para Riego en Tiempo Real para Hidroponia

Nuria Aide López Hernández

Jessica Nayeli López Espejel

Abel Alejandro Rubín Alvarado

Eduardo Contreras López 173

Emulación de un Sistema de Almacenamiento de Energía para un Vehículo Eléctrico Híbrido Mediante Hardware-in-the-loop

Miguel Martínez-Velázquez

Ernest Cortez

José Ítalo Cortez

Gregorio Trinidad García..... 182

Criptografía Usando Curvas Elípticas

Héctor David Ramírez Hernández

Roberto Contreras Juárez

Nelva Betzabel Espinoza Hernández

Eduardo Sánchez Mendoza 200

Control Directo de Torque Basado en Lógica Difusa para un Motor AC

Gerardo Pantle Cuautle

Ernest Cortez

José Ítalo Cortez

Gregorio Trinidad García..... 211

Análisis de Datos Relacionados con las Habilidades de Estudio de Alumnos de Nivel Superior Mediante Técnicas de Agrupamiento

María Patricia Torrijos Muñoz

Jaime Alejandro Romero Sierra

Gustavo Trinidad Rubín Linares

María Teresa Torrijos Muñoz

Guillermo Marín Dorado 227

Prefacio

Debido a su naturaleza científica y tecnológica el área de Ciencias de la Computación, siempre ha estado en constante cambio, cada día se tienen noticias en materia de tecnología y que son el punto de partida para el desarrollo y aplicación de los conocimientos teóricos que se conceptualizan en la academia, sin embargo muchos sectores de nuestra sociedad realmente tienen una necesidad de resolver problemas en los que los especialistas de esta área pueden aplicar sus conocimientos y habilidades.

Sistemas de prótesis, accesorios para personas con alguna discapacidad, algoritmos y propuestas para sistemas de seguridad informática, e incluso aplicaciones que buscan resolver o mejorar las condiciones de algún servicio. Realmente el campo de aplicaciones de esta maravillosa área que son las ciencias computacionales es casi en su totalidad un terreno fértil, debido a que hay muchos problemas que resolver o bien nuevas estrategias para resolverlos, aun cuando se mejoren los sistemas casi siempre el camino sigue abierto en el sentido de optimizarlo.

Si bien es cierto que la investigación es una de los sectores de nuestra sociedad que ha sido duramente castigado económicamente a nivel del presupuesto destinado por las administraciones estatales y federales, también debemos mencionar que es una responsabilidad de la academia y de los investigadores servir a la sociedad y para ello afortunadamente se pueden generar recursos a fin de que esta actividad sea autosustentable en la medida que se den las condiciones de vinculación y de competencia en el mercado de consumo de nuestra sociedad.

Esta edición presenta una serie de trabajos de investigación, desarrollo y aplicación por especialistas en diversos campos de las Ciencias de la Computación, se presentan resultados y prototipos, que se están desarrollando para responder a algunas necesidades de nuestra sociedad.

Gustavo Trinidad Rubín Linares

Reconocimiento de Voz Utilizando un Sistema Empotrado para el Control de Dispositivos Electrónicos

José Luis Hernández Ameca, Elsa Chavira Martínez, Gregorio Trinidad García,
Ricardo Pastor Hernández, Henry Rueda Baylón, José Angel Pino Castrejón

Laboratorio de Sistemas Robóticos “SIRO”, Facultad de Ciencias de la Computación,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,

Edif.CC03, 14 sur y Ave. Sn. Claudio, Fraccionamiento
Jardines de Sn. Manuel C.P. 72570 Puebla, Pue; México.

amecajl@hotmail.com, elsachavira56@hotmail.com, tgarcia@cs.buap.mx,
richard_yo@msn.com, henrybaylon@gmail.com, japc_2605@hotmail.com.

Resumen. A continuación se muestran algunas investigaciones orientadas al Reconocimiento Automático del Habla (RAH). En el presente trabajo se propone el desarrollo de un sistema de reconocimiento de voz, basado en un algoritmo de RAH, el cual consta en comparar señales de voz emitidas por un usuario con otras previamente almacenadas en una memoria, en este caso la de un Sistema Empotrado (SE). Dichas señales almacenadas corresponden a siete diferentes comandos. Para hacer el reconocimiento de los comandos de voz se han utilizado diferentes conceptos como: digitalización de señales, transformada de Fourier y Coeficientes Cepstrum. Se evalúa el funcionamiento del sistema mediante la realización de pruebas de funcionamiento y por último se muestran los resultados obtenidos.

Palabras Clave: Coeficientes Cepstrum, Sistema Empotrado, Teorema de Muestreo, Transformada de Fourier.

1. Introducción

En el presente trabajo se muestra el diseño e implementación de un algoritmo de RAH, cuyo objetivo es reconocer comandos de voz dados por un usuario de manera automática, el cual se ha implementado en un sistema empotrado.

En la actualidad existen diversos métodos para el tratamiento y reconocimiento automático del habla, donde la base son los procesos de identificación y caracterización de las señales. A continuación se mencionan algunas investigaciones que se han tomado como referencia para la realización del presente trabajo.

El centro de investigación en computación del Instituto Politécnico Nacional (IPN) desarrolló una alternativa a la forma en la que el RAH se ha estado implementando,

analizando la forma en la cual el sistema es capaz de tratar automáticamente la señal de voz emitida por un individuo. A dicha señal se le ha aplicado un proceso de digitalización para obtener elementos de medición como muestras, que permiten denotar su comportamiento e implementar procesos de tratamiento de señales, enfocados al reconocimiento de voz [1].

En la Universidad de Granada España se han desarrollado algoritmos robustos para el reconocimiento y tratamiento del habla, basados en el distorsiona miento acústico del entorno. Se propone combinar algoritmos de compensación como Sustracción Espectral y Ecuilización de Histogramas o desarrollo en serie de Taylor vectorial) [2].

En la Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina, se propone realizar el reconocimiento de voz mediante un sistema empotrado que permite implementar algoritmos para el reconocimiento de voz, desde un enfoque práctico con respecto a la programación, dividido en etapas de procesamiento de la señal, clasificación de fonemas y una de modelado del lenguaje [3].

2. Diseño

El sistema de reconocimiento de voz, debe ser de lazo cerrado, para que identifique errores por sí solo, en la figura 1 se muestra el diagrama a bloques realizado.

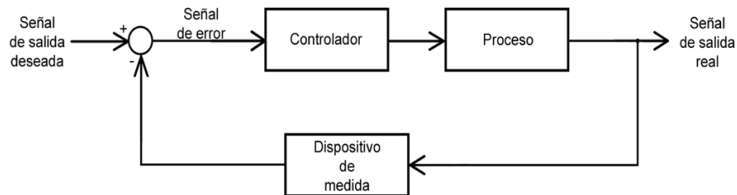


Fig. 1. Diagrama a bloques del sistema en lazo cerrado.

El SE utilizado carece de un convertidor analógico digital, digital a analógico, para lo cual se utilizó una tarjeta de sonido USB Manhattan, también carece de una memoria de almacenamiento interna para lo cual se utilizó una SD, donde se cargó un sistema operativo (Ubuntu MATE de 64 bits en su versión 16.04). Para capturar la voz del usuario, se ha utilizado un micrófono.

El funcionamiento se ha dividido en dos etapas que se muestran en las figuras 2 y 3, la entrada al sistema es dada por el usuario que emite una onda mecánica longitudinal (voz), la cual es convertida a una señal eléctrica mediante un micrófono, esta señal entra al sistema empotrado, el cual cuenta con un circuito Convertidor Analógico Digital (ADC), que se

encarga de digitalizar las señales, la señal digitalizada se puede manipular, mediante del algoritmo del RAH para el tratamiento de voz, para ilustrar este proceso en la figura 2 se muestra un diagrama a bloques del funcionamiento del sistema.

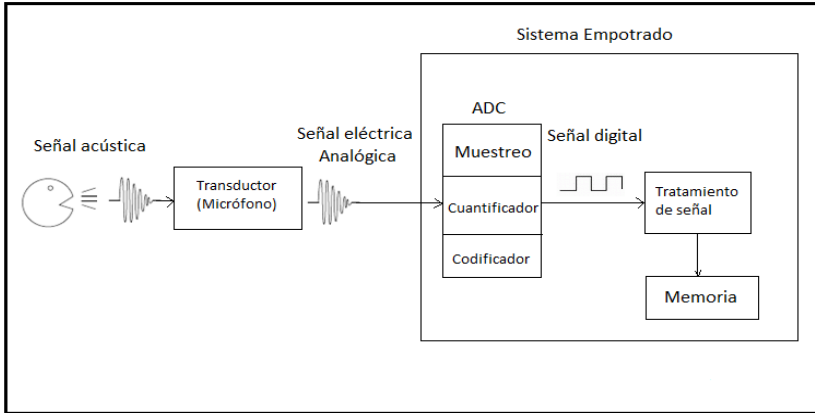


Fig. 2. Diagrama a bloques del almacenamiento de comandos de voz.

La etapa de comparación de señales se muestra en el diagrama de la figura 3, donde la señal recibida se compara con la almacenada y se ejecuta un comando, enviando un voltaje continuo por los puertos de salida del sistema empotrado.

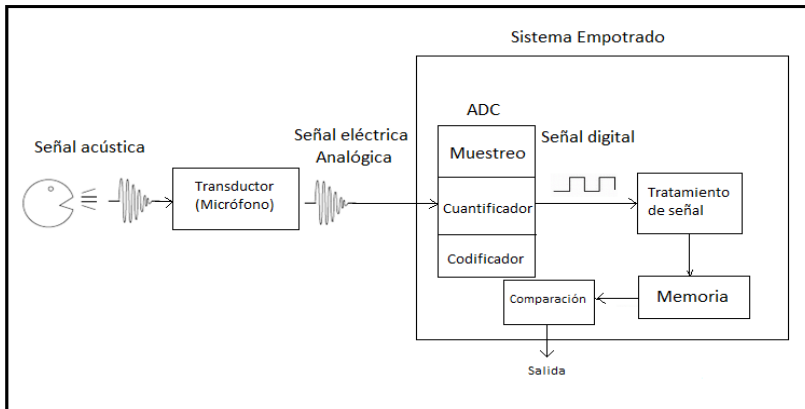


Fig. 3. Diagrama a bloques de la comparación de comandos de voz.

La propuesta de algoritmo de RAH implementado en el SE, se muestra en la figura 4.

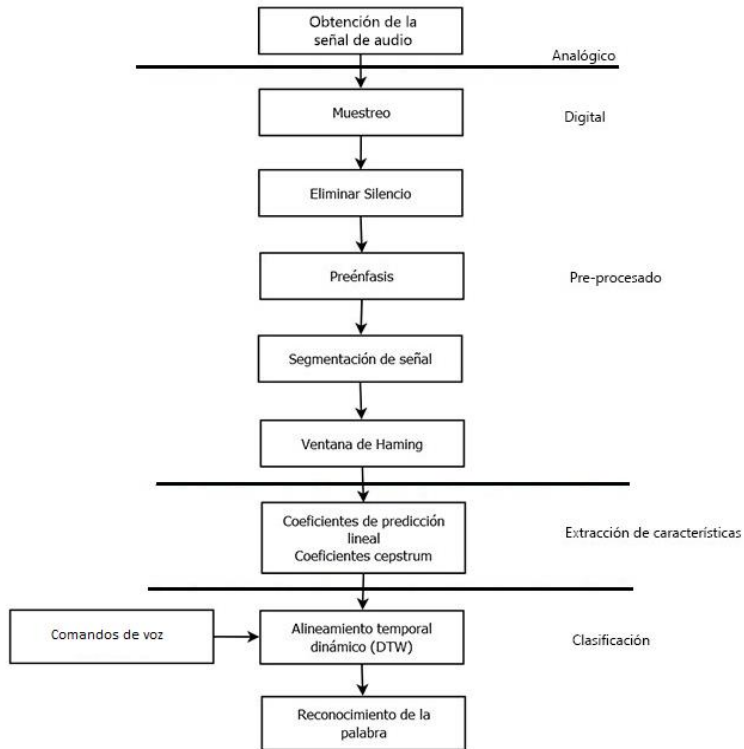


Fig. 4. Etapas para la obtención y tratamiento de la señal de audio [1].

A continuación se explican las etapas del algoritmo:

1. Obtención de la señal de audio: para esto, se requirió de un micrófono, el cual transforma las ondas de presión del aire (voz) en señales eléctricas, y un sistema empotrado.
2. Muestreo: El formato con el cual se capturo el audio es el WMA a una frecuencia de 11025Hz y 16 bits de profundidad, esto ya que el rango de frecuencia de la voz humana está comúnmente entre los 250Hz y los 5000Hz, y debido al teorema de Nyquist.

3. Corte de silencio: Elimina el silencio, esto ya que al hacer una grabación existe un lapso de silencio o de frecuencias bajas (por debajo de los 250Hz) las cuales no son necesarias procesar, así que se ha utilizado un algoritmo de punto final, para eliminar dichas frecuencias.
4. Preénfasis: Es un proceso diseñado para incrementar magnitudes de frecuencias que son usualmente altas con respecto a magnitudes usualmente bajas, esto ya que el tracto vocal no filtra las frecuencias altas. El filtro de preénfasis se expresa mediante la siguiente función:

$$H(z) = 1 - 90z^{-1} \quad (1)$$

5. Segmentación de señal y ventana de Hamming: Antes de la extracción, la señal debió ser segmentada en intervalos de 20 a 30 ms donde se considera que es una señal estacionaria casi periódica.
6. Coeficientes de predicción lineal y coeficiente Cepstrum: Se procede a la extracción de patrones por medio de las técnicas de LCP (Coeficiente de Predicción Lineal) Y CS (Coeficiente Cepstrum).
7. Alineamiento temporal dinámico: En esta etapa se relaciona la señal de entrada con las señales almacenadas en el sistema, para eso se utiliza el algoritmo DTW.
8. Reconocimiento de la palabra: Una vez reconocida la palabra, el sistema ejecuta una acción o una serie de acciones que están relacionadas con la señal reconocida.

3. Desarrollo

La programación del RAH se ha implementado en el Sistema Empotrado Raspberry Pi 3, al cual se le ha adaptado una memoria micro SD que le permite trabajar con el sistema operativo Ubuntu MATE. El SE, micrófono, botón de encendido y la USB para la captura de audio se muestran en la figura 5.



Fig. 5. Sistema Empotrado para tratamiento de señales de audio.

El escritorio que utiliza el sistema operativo Ubuntu MATE de 64 bits en su versión 16.04, muestra con una captura de pantalla, en la figura 6.

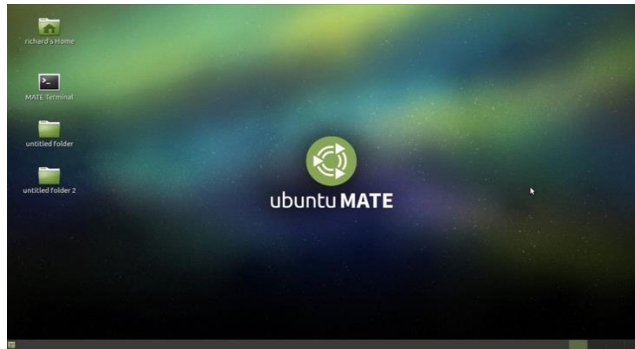


Fig. 6. Sistema Operativo Ubuntu MATE de 64 bits.

La programación de los algoritmos con cada una de sus etapas, filtro digital, ventana de Haming, coeficientes Cepstrum, etcétera, se han realizado en el lenguaje de programación Python para Raspberry Pi3, la interface de programación se muestra en la figura 7.

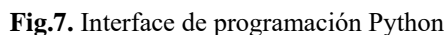









Fig.7. Interface de programación Python

4. Pruebas de Funcionamiento

Se realizaron pruebas de ejecución del programa dentro del sistema empotrado, donde se verificó que se ejecutara sin errores, como se puede ver en la figura 8.

Reconocimiento de Voz Utilizando un Sistema Empotrado para el Control de Dispositivos Electrónicos

Tabla 1. Entrada asociada a cada GPIO de salida y cada LED con su respectivo color

(Comando) de entrada	Salida (No. De GPIO)	Color de LED
Arriba	GPIO 5	 Naranja
Abajo	GPIO 6	 Blanco
Izquierda	GPIO 13	 Violeta
Derecha	GPIO 19	 Naranja
Avanzar	GPIO 26	 Rojo
Atrás	GPIO 14	 Verde
Parar	GPIO 15	 Azul

5. Resultados

En la tabla 2, se muestra el número de veces que se probó el sistema y el porcentaje de aciertos obtenidos. Las pruebas se realizaron con 10 distintos usuarios.

El algoritmo tarda un promedio de 2.19 segundos para determinar si la palabra coincide con una de las previamente guardadas en la base de datos.

Tabla 2. Resultados de la prueba del Sistema

Palabra de entrada	No. de pruebas	% de aciertos
Arriba	10	90
Abajo	10	91
Izquierda	10	84
Derecha	10	87
Avanzar	10	90
Atrás	10	90
Parar	10	93

6. Conclusiones y trabajos futuros

Se logró cumplir el objetivo general de diseñar e implementar un sistema de control por voz, por medio de distintas técnicas, métodos y filtros matemáticos los cuales fueron posibles adaptar gracias a la investigación de diferentes algoritmos de RAH.

Se diseñó un algoritmo propio de RAH basado en diferentes técnicas, métodos y filtros matemáticos.

Con la definición del problema fue posible establecer el número de comandos que es necesario identificar por el sistema.

Es posible manipular diferentes dispositivos electrónicos por medio de comandos de voz, esto se simuló por medio de leds.

Como trabajo futuro se plantea mejorar el tiempo de respuesta, hacer pruebas con SE con mayor equipamiento y hacer pruebas de control con algunos dispositivos electrónicos particulares.

Referencias

1. Rodríguez Oropeza José Luis, Suárez Guerra Sergio: "Algoritmos y Métodos para el Reconocimiento de Voz en Español Mediante Sílabas". *Computación y Sistemas* Vol. 9 Núm. 3, pp. 270-286. México ISSN 1405-5546, (2006)

Reconocimiento de Voz Utilizando un Sistema
Empotrado para el Control de Dispositivos Electrónicos

2. C. Segura José, Benítez M. Carmen, De la Torre Ángel, Ramírez Javier, Rubio Antonio J.: “Algoritmos robustos de parametrización de la voz para reconocimiento automático del habla”. *Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCyT)* (2001)
3. Rufiner, Hugo L.; Milone, Diego H.: Sistema de Reconocimiento Automático del Habla. *Ciencia, Docencia y Tecnología ISSN 0327-5566* (2004)
4. García Murillo, J., Arias Correa, Mauricio., Valencia Díaz, Édison., Diseño de prototipo de simulador para entrenamiento en cirugía laparoscópica, Volumen 5, (2011)
5. H. Nyquist: “Certain Topics in Telegraph Transmission Theory”, (1928)
6. Claude E. Shannon: “Communication in the presence of noise”, (1949)

Prototipo de Sistema de Control para la Inmersión y Emersión de un Vehículo Acuático Sumergible

José Luis Hernández Ameca, José Ítalo Cortez, Pedro García Juárez, Gregorio Trinidad García, Enrique Cortés Rodríguez, Cristian Serrano Martínez, Daniel Arenas Romero

Laboratorio de Sistemas Robóticos “SIRO”, Facultad de Ciencias de la Computación
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Edif.CC03, 14 sur y Ave. Sn. Claudio, Fraccionamiento Jardines de Sn. Manuel
C.P. 72570 Puebla, Pue; México,

{amecajl, pgarciajz_2}@hotmail.com, {jose.italo.cortez, enrique050993, cristianmartinezcruise, dani.arenasrom}@gmail.com, tgarcia@cs.buap.mx

Resumen. En este trabajo se muestran algunas referencias de proyectos previos realizados con diferentes tecnologías (Neumática, control por radio frecuencia y simulación en software) para resolver el problema de inmersión y emersión de sólidos, basados en el principio de Arquímedes. Se describe una propuesta fundamentada en energía eléctrica-neumática, las etapas de diseño, implementación y resultados. Se presenta un prototipo de sistema de control para lograr los fines antes mencionados, donde el sistema eléctrico se encarga de desplazar el aire contenido en el tanque principal al tanque de lastre, logrando liberar peso para conseguir que la fuerza de empuje sea mayor y el vehículo salga a flote, el proceso para la inmersión se manipula inversamente desde el sistema eléctrico. En esta primera versión las funciones de inmersión y emersión se controlan desde un tablero de mando directamente cableado al prototipo. Este sistema se ha diseñado como parte fundamental para la construcción de un Vehículo Acuático Sumergible (VAS) que sirva a la exploración de ambientes subacuáticos.

Palabras Clave: Principio de Arquímedes, Presión hidrostática, Inmersión, Emersión, Vehículo Acuático Sumergible.

1. Introducción

La exploración remota de ambientes subacuáticos mediante herramientas tecnológicas hace posible la localización de objetos, realizar estudios de contaminación en los cuerpos de agua y fallas en instalaciones como: grietas, fisuras en tuberías, etc. También es posible localizar y observar el comportamiento de especies acuáticas para su estudio y control.

Dentro de este marco existen diversos trabajos que abordan técnicas aplicadas para este fin, por ejemplo, en el trabajo [1] se utilizan sistemas de propulsión y energía proporcionados por motores eléctricos, para sumergirse hidrostáticamente, se utiliza el

principio de Arquímedes y la fuerza de flotación. En [2] se presenta un laboratorio virtual remoto diseñado para el aprendizaje del principio de Arquímedes a estudiantes de secundaria. En [3] se explica el principio de funcionamiento de un submarino, su estructura mecánica y el modelo dinámico propuesto. En [4] se propone una solución para el mismo problema, con instrumentación para medir algunas variables de su entorno y poder determinar sus condiciones de operación. El desarrollo del subsistema de control de lastre consiste en el control de nivelación y profundidad, el cual es asistido por el subsistema de instrumentación.

En este documento se desarrollan los cálculos del diseño, se describe la implementación, se muestran los resultados obtenidos y se estipulan las conclusiones del trabajo realizado.

2. Metodología

El principio de Arquímedes establece que, *“Todo cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje ascendente igual al peso del fluido desalojado”* [5].

Esta fuerza recibe el nombre de *empuje*, se expresa mediante la ecuación 1 y sus variables se explican en la tabla 1:

$$E = m * g = (\delta * g * v)$$

Tabla 1. Variables que intervienen en el principio de Arquímedes

Símbolo	Nombre de la variable	Unidad de medida
E	Fuerza de empuje	N
m	Masa del cuerpo sumergido	Kg
g	Constante de aceleración de la gravedad 9.81	m/s ²
δ	Densidad del agua	Kg/m ³
v	volumen del fluido desplazado	m ³

3. Diseño

Tablero de Control: Este se basa en un diagrama de conexiones eléctricas, el cual contiene un par de botones (1 y 2) que permiten realizar las acciones de inmersión–emersión. Con un tercer botón se acciona el servomotor que abre y cierra un arreglo de compuertas para el acceso de agua a la cámara de lastre, como se muestra en la figura 1.

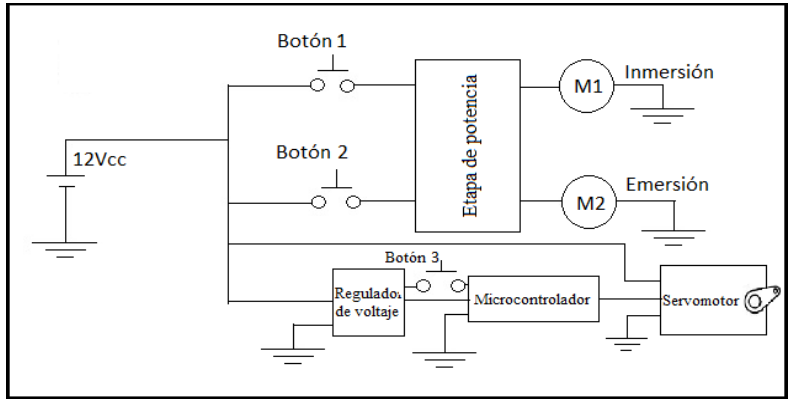


Fig. 1. Diagrama de conexiones para el sistema de control de inmersión y emersión.

Cada motor se acciona mediante un botón, que se encarga de extraer (botón 1) o de suministrar (botón 2) aire a la cámara de dilatación-contracción, la cual al expandirse expulsa el agua del tanque de lastre y al contraerse permite que el tanque se inunde. En la figura 2 se muestra la forma y medidas de la cámara de lastre y cabina principal.

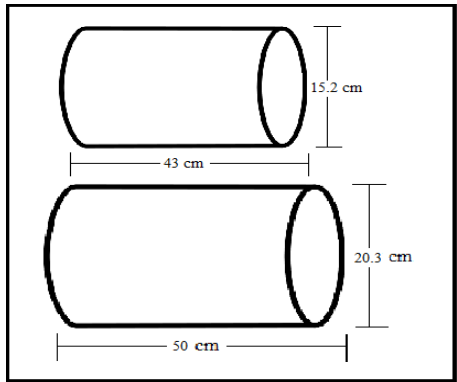


Fig. 2. Cámara de lastre y cámara principal.

El funcionamiento lógico del control se implementó mediante un diagrama de flujo, el cual se muestra en la figura 3.

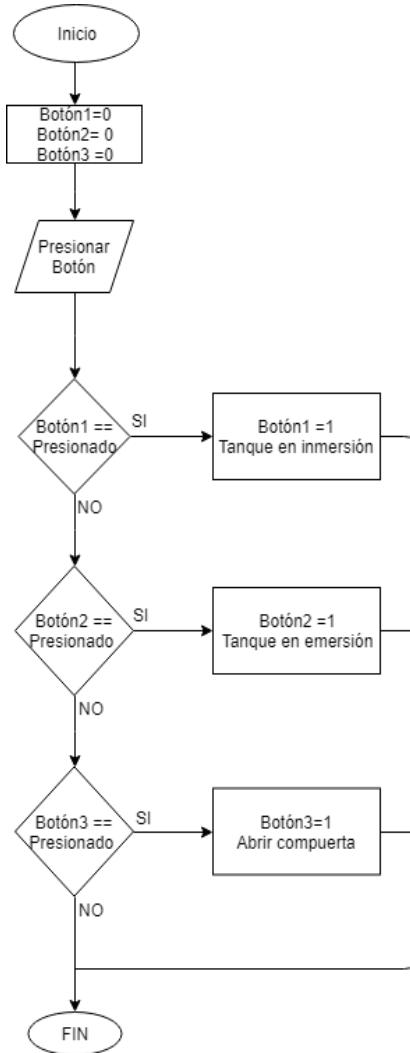


Fig. 3. Diagrama de flujo para el tablero de control.

El volumen del tanque de lastre se ha determinado por la ecuación, en la tabla 2 se describe el significado y la unidad de medida de cada una de las variables

$$v = \pi \times r^2 \times h$$

Tabla 2. Variables que intervienen en la fórmula 2

Símbolo	Nombre de la variable	Unidad de medida
π	Constante de relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro 3.1416	Adimensional
r	Radio	m
h	Altura	m

Sustituyendo los valores reales en la ecuación anterior se obtiene:

$$v_L = 3.1416 \times (10.15)^2 \times 50$$

$$v_L = 16182.774 \text{cm}^3 = 0.016182774 \text{m}^3$$

El volumen de la cámara principal se calculó sustituyendo los valores reales en la ecuación (2).

$$v_C = 3.1416 \times (7.6)^2 \times 43$$

$$v_C = 7802.729 \text{cm}^3 = 0.007802729 \text{m}^3$$

Por lo que la capacidad de almacenamiento de agua en el tanque de lastre es de 8380.045 cm^3 .

El diseño del prototipo de sistema de control realizado para la inmersión y emersión del VAS se muestra en la figura 4.

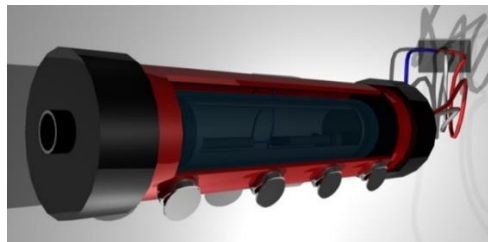


Fig. 4. (Diseño propio) Prototipo de sistema de control para la inmersión-emersión del VAS.

Diseño estructural: El prototipo se ha diseñado para una profundidad de operación máxima de 60 cm, presión hidrostática de 7840 N/m², temperatura 26.85 °C, resistencia a la corrosión y la facilidad de ensamblaje. Se ha decidido realizar la estructura con tubos de policloruro de vinilo (PVC) con densidad de 1.4 gr/cm³.

La presión hidrostática que soporta a 60 cm de profundidad es de 7840 N/m², la cual se ha calculado mediante la siguiente expresión.

$$P_h = (\delta * g * h)$$

Tabla 3. Variables que intervienen en la ecuación 3.

Símbolo	Nombre de la variable	Unidad de medida
P _h	Presión hidrostática	N/m ²

Sustituyendo los valores reales en la expresión anterior se obtiene:

$$P_h = (1000)(9.8)(0.8)$$

$$P_h = 7840 \frac{N}{m^2}$$

Debido a las características termoplásticas del PVC, se garantiza que la estructura no sufrirá deformaciones a causa de la profundidad y de variaciones de temperatura. Cabe mencionar que este material no se oxida ni se corroe. En la figura 5 se muestra una simulación del prototipo en el agua.

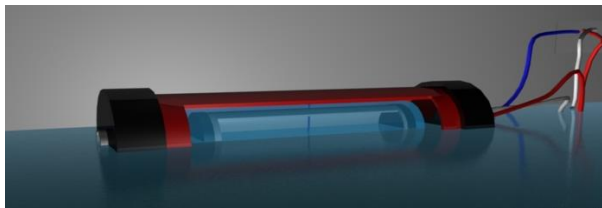


Fig. 5. Simulación del prototipo de control en ambiente acuático controlado.

Se ha utilizado un sistema de control de lazo abierto, el cual describe el funcionamiento general del sistema. Las entradas al sistema son las señales provenientes de los botones

colocados en el tablero de mando, el proceso consta en amplificar o interpretar las señales y las salidas son movimientos mecánicos que realizan las funciones de inmersión y emersión, como se muestra en la figura 6.

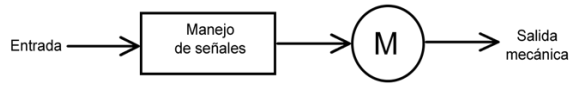


Fig. 6. Sistema de control de lazo abierto del prototipo para la inmersión-emersión.

4. Implementación

El prototipo se construyó dentro del Laboratorio de Sistemas Robóticos (SIRO) de la FCC-BUAP. Se comenzó por ensamblar el sistema hidráulico que permite realizar las funciones de expansión y contracción, como se muestra en la figura 7.



Fig. 7. Cabina principal (PVC) con sistema hidráulico de inmersión-emersión.

La cabina principal se ha sellado para evitar filtraciones de agua, como se muestra en la figura 8.



Fig. 8. Implementación del encapsulado de la cabina principal (PVC).

Como parte final de la implementación se adaptó la cabina principal dentro del tanque de lastre como se muestra en la figura 9.



Fig. 9. Tanque de lastre conteniendo la cabina principal.

La implementación del tablero de control para el VAS se muestra en la figura 10.



Fig. 10. Tablero de Control implementado.

5. Experimentación

Experimento 1: Se comprobó que la estructura se mantuviera a flote, lo cual dio origen al primer problema de filtraciones de agua al interior de la cabina provocando que el tanque

se comenzara a hundir. El segundo problema fue el sellado contra agua de los motores ya que estos no poseen características acuáticas y sufrieron daños irreparables.

Experimento 2: Se corrigieron los problemas anteriores sellando las uniones con silicón y cera. Posteriormente se hicieron pruebas en un ambiente controlado (pecera).

Experimento 3: Se logró la inmersión y emersión donde se obtuvieron velocidades constantes. En este experimento se presentaron diversos problemas de equilibrio al realizar los procesos debido a la presión hidrostática, control de fluido del agua dentro y fuera del tanque de lastre y el equilibrio de la distribución de los componentes dentro de la cámara principal.

Experimento 4: Se corrigieron los problemas que se presentaron anteriormente.

6. Resultados

Se ha construido un prototipo de sistema para la inmersión y emersión de un VAS controlado mediante el algoritmo presentado en la figura 3. Se realizaron 10 eventos donde se midió el funcionamiento del sistema en base a la velocidad de inmersión y emersión, por consiguiente las características del mismo son las siguientes:

Velocidad promedio de inmersión 0.3 cm/s, y velocidad promedio de emersión de 0.2 cm/s. Estos valores se consideraron cuando la batería de Polímero de Litio (LiPo) se encuentra con carga máxima de 11 volts y 2200 mAh.

En las figuras 11 y 12 se muestran las gráficas de inmersión y emersión con el tiempo promedio obtenido.



Fig. 11. Grafica de tiempo-profundidad (inmersión).

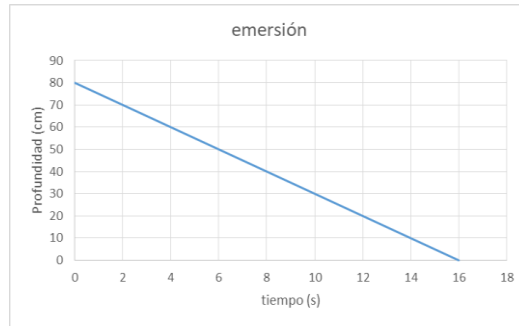


Fig. 12. Grafica de tiempo-profundidad (emersión).

De acuerdo a las pruebas realizadas, la batería dura un tiempo aproximado de 30 minutos y su consumo es directamente proporcional al número de veces que se sumerge-emerge el prototipo.

Basándose en el cálculo de la presión hidrostática el prototipo soporta 98000 N/m^2 lo cual nos permite llegar a una profundidad máxima de 10 m, a una temperatura promedio de $26.85 \text{ }^\circ\text{C}$.

En esta primera etapa el prototipo se ha controlado de manera alámbrica mediante un tablero de control, conformado por tres botones los cuales accionan cada uno de los motores.

7. Conclusiones y trabajos futuros

El prototipo ha logrado alcanzar sus objetivos de inmersión y emersión mediante los componentes descritos durante este trabajo.

Se concluye que este prototipo de sistema de control para la inmersión y emersión de un Vehículo Acuático Sumergible cumple su función de manera satisfactoria, presentando varios retos como la realización y adaptación del sistema hidráulico de inmersión-emersión, lograr la estabilidad del tanque, el sellado de la cabina principal y el control adecuado de los movimientos.

Se propone como trabajo futuro mejorar el diseño estructural, realizar simulaciones mediante software especializado, mejorar el sistema de control para manipular las distancias y tiempos de inmersión-emersión del prototipo.

Referencias

1. H. Mohiuddin, S. Morsalin, K. Mahmud: “ Design and Fabrication of a Prototype Submarine Using Archimedes Principle”. *3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATICS, ELECTRONICS & VISION* (2014)
2. J. García Zubía, I. Angulo, G. Martínez Pieper, D. Lopez De Ipiña, U. Hernández: “Archimedes Remote lab for Secondary Schools”. *978-1-4673-7717-1/15/\$31.00 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATICS, ELECTRONICS & VISION IEEE* (2015).
3. O. Gherairi, M. Ben Hamed, R Boucetta: “Dynamic model of underwater vehicle”. *978-1-5090-6287-4 / 17 / \$31,00 © INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATICS, ELECTRONICS & VISION IEEE* (2017)
4. Eickstedt D.; Benjamin M.; Schmidt H.; Leonard J.: Adaptive Control of heterogeneous marine sensor platforms in an autonomous sensor network. *Proceedings of the IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems* (2006)
5. Hector P.: Principio de Arquímedes y flotación de los cuerpos. *En física general (272 pp). México: Grupo editorial patria* (2014)
6. Héctor A.; Roque S.; Pugliese L.; Carrera I.; Cárdenas P.; Álvarez C.: Robótica Submarina: Conceptos, Elementos, Modelado y Control. *España: Elsevier* (2014)

Herramienta de Rehabilitación Pasiva para Esguince de Tobillo de Primer y Segundo Grado

José Luis Hernández Ameca, Elsa Chavira Martínez, Luis Enrique Colmenares Guillen, José Ítalo Cortez, Cinthya Karla Saldaña Escalona, María del Carmen Báez Salazar, Iveth Angeles Huerta.

Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, , Ciudad Universitaria, Edif. CC03-Laboratorio de Sistemas Robóticos "SIRO", 14 Sur y Avenida San Claudio, Fraccionamiento Jardines de San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Pue.; México.

{amecajl, elsachavira56, baez.salazar.mariadelcarmen, payce_610}@hotmail.com, {lecolme, jose.italo.cortez}@gmail.com, {cinthya_escalona}@outlook.com

Resumen. En este trabajo se muestran algunas referencias de proyectos previos realizados con diferentes tecnologías para contribuir a la rehabilitación pasiva de tobillo. En este artículo se presenta un diseño que pretende apoyar a los fisioterapeutas durante las terapias de movilidad, las cuales se enfocan en recuperar la amplitud de los movimientos del ligamento. La propuesta se basa en energía eléctrica, se utilizan servomotores debido a que son controlables mediante un sistema empotrado, también se utiliza un software para el diseño de un soporte para pie de un hombre adulto promedio, ya que de acuerdo a las estadísticas son más propensos a sufrir este tipo de lesión. El prototipo es capaz de emular los movimientos naturales del tobillo (dorsiflexión, plantarflexión, inversión y eversión) con una velocidad regulable, un alto grado de precisión, y el tiempo de trabajo está limitado sólo por la duración de la batería.

Palabras Clave: Sistema Empotrado, Servomotor, Dorsiflexión, Plantarflexión, Inversión, Eversión.

1. Introducción

El proyecto nace a partir de la investigación en el área médica y fisioterapéutica, enfocada en tratamientos para recuperación de movilidad del tobillo.

En base a los datos estadísticos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el número de hombres y mujeres que a nivel nacional han sufrido esguinces representan el segundo lugar de incidencia en accidentes de trabajo [1]. Un esguince se define como una lesión de los ligamentos de una articulación, debido a un movimiento forzado más allá de sus límites de elasticidad [2].

Uno de los rehabilitadores de esguince de tobillo es el Kinetec 5190 Ankle Continuous Passive Motion (CPM) Machine, este dispositivo requiere que el paciente esté acostado

boca arriba, el cual se encarga de realizar los movimientos necesarios para la rehabilitación, por ello se dice que la terapia es pasiva (el paciente no realiza ningún movimiento) [3]. Otro diseño disponible en el mercado es el Artromot Ankle CPM Kit [4]. Haciendo referencia a prototipos que se están desarrollando, Grigore Burdea propone un dispositivo para la rehabilitación de tobillo llamado “THE RUTGERS ANKLE”. Este dispositivo de seis Grados de Libertad (GL) es controlado con adaptadores neumáticos y cuentan con una interfaz para interactuar virtualmente mediante videojuegos con el paciente [5].

Jungwon Yoon y Jeha Ryu proponen un robot paralelo reconfigurable para desempeñar distintos movimientos de rehabilitación. El mecanismo paralelo de cuatro GL es controlado con cuatro adaptadores neumáticos [6].

La rehabilitación de tobillo se divide en terapias de movilidad, de potencia y de propiocepción. La terapia de movilidad se enfoca en recuperar la amplitud de los movimientos del tobillo. La terapia de potencia busca el fortalecimiento muscular por medio de ejercicios isométricos (inversión y eversión) e isotónicos (dorsiflexión y plantarflexión). Por último, la terapia de propiocepción tiene como objetivo la recuperación de ésta, mediante el desarrollo de ejercicios de equilibrio y marcha.

Basados en la información descrita anteriormente, esta propuesta de solución hace uso de la tecnología para el diseño y control del prototipo.

2. Diseño

Requisitos del prototipo: realizar rutinas programadas de movimientos de tobillo (usando cuatro servomotores), contar con un soporte de sujeción ajustable para inmovilizar la rodilla del paciente (evitando afectar otros tejidos), y disponer de un espacio para el sistema de control. El dispositivo debe contar con una base para el pie del paciente con forma similar a la de una plantilla, dicho soporte requiere de puntos de agarre para sujetar 4 tensores (los cuales deben ser de un material resistente pero maleable) que transmitan los movimientos de los servomotores (alimentados por una batería tipo LiPo) hacia la base.

El prototipo se realizó utilizando un software para diseño de piezas mecánicas bajo los requerimientos mencionados anteriormente. En la figura 1 se muestra el diseño del soporte realizado para la rodilla del paciente y la figura 2 muestra la base realizada para el pie.

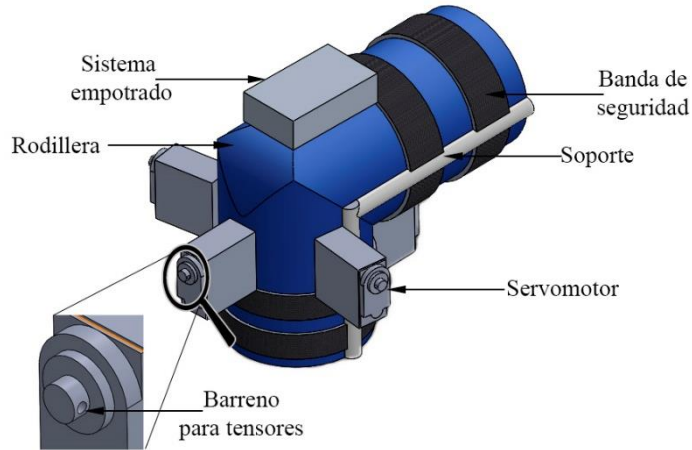


Fig. 1. Diseño de prototipo (soporte inmovilizador para rodilla con la adaptación de servomotores y sistema empotrado).



Fig. 2. Diseño de prototipo de base para pie con bandas de seguridad adaptables al paciente.

En la figura 3 se muestra el diseño del prototipo, donde se une el soporte inmovilizador para rodilla y la base para pie, dando como resultado el diseño integral.

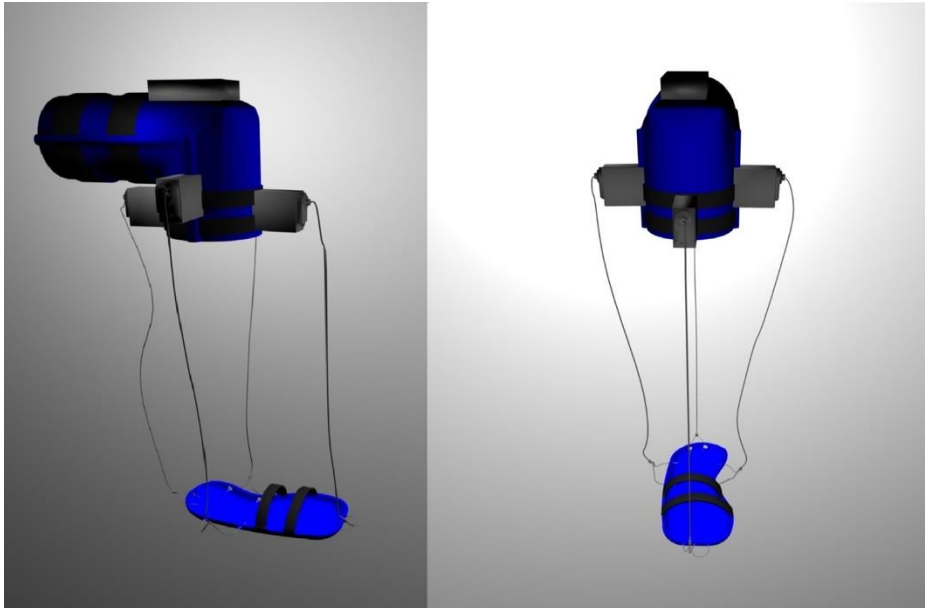


Fig. 3. Diseño integral de prototipo rehabilitador para esguince de tobillo con tensores de movilidad (vista lateral y vista frontal).

2.1 Funcionamiento del diseño.

El sistema empotrado se encarga de ejecutar el código, cuyo diagrama de flujo se muestra en la figura 4, donde se cuenta con dos variables, n que es el número de repeticiones programadas por el fisioterapeuta y r que es un contador del número de repeticiones ya realizadas. En dicho diagrama se observa que cada motor realiza los movimientos: inversión, eversión, dorsiflexión y plantarflexión (que se muestran en la figura 5) las veces que el fisioterapeuta indique n , dependiendo la fase de recuperación en la que el paciente se encuentre, teniendo siempre la opción de salir del ciclo de repeticiones después de realizarse cada movimiento.

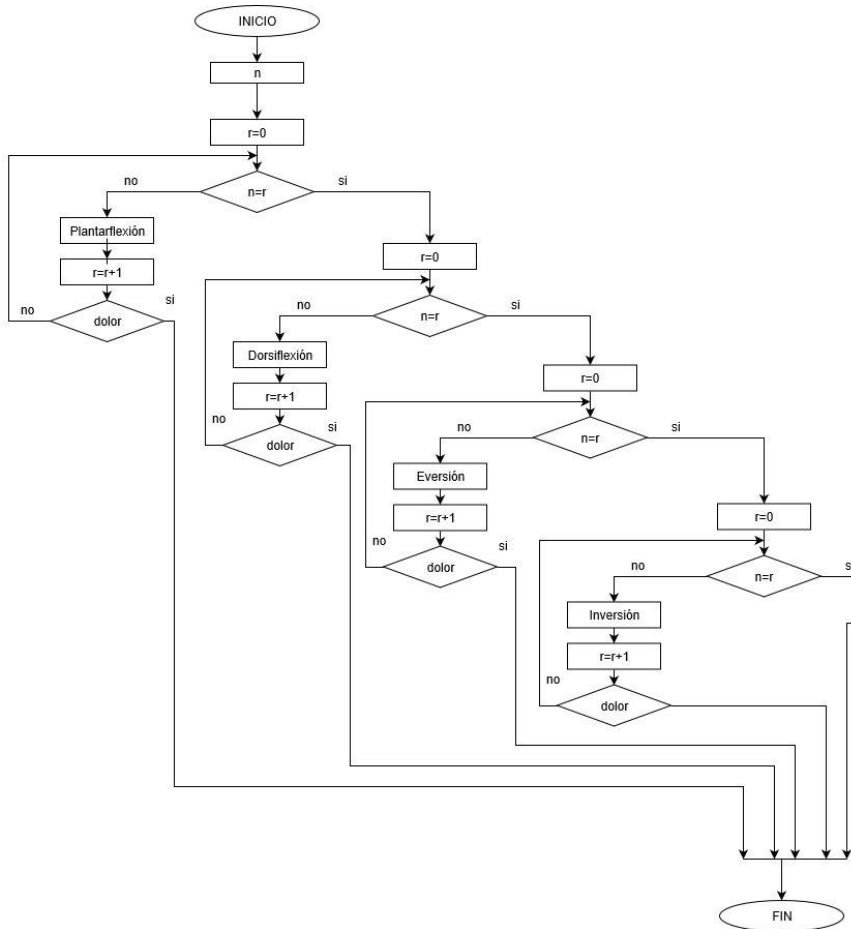


Fig. 4. Diagrama de flujo, para el control de movimientos.



Fig. 5. Movimientos de tobillo que emula el prototipo mediante cuatro servomotores.

En la figura 6, se ilustra el diagrama eléctrico del sistema empotrado, etapa de potencia, 4 servomotores y batería de Polímero de Lito (LiPo).

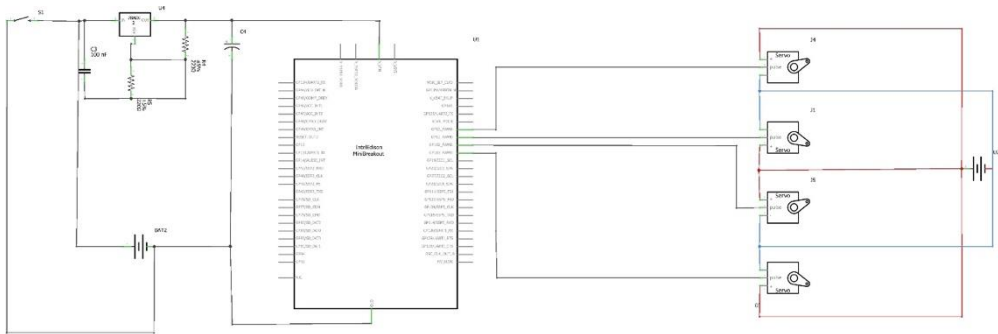


Fig. 6. Diagrama de conexión del sistema eléctrico-electrónico para el prototipo de rehabilitador de tobillo.

3. Parte Experimental

Las pruebas de funcionamiento se han realizado a nivel software y hardware, ejecutando el programa, comprobando que los movimientos realizados corresponden a los deseados.

Se han programado los intervalos de tiempo que los servomotores necesitan para alcanzar los grados máximos y mínimos del tobillo, los cuales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Intervalos de tiempos requeridos por los motores para realizar los movimientos del tobillo.

Tipo de Movimiento	Tiempo de accionamiento del motor en seg.	Rango de grados con una tolerancia de $\pm 5\%$
Dorsiflexión	9	20°
Plantar flexión	8	40°
Inversión	8	35°
Eversión	7	25°

4. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se ha presentado el prototipo de un rehabilitador de tobillo basado en la programación de un sistema empotrado que proporciona los movimientos de inversión, eversión, dorsiflexión y plantarflexión realizados por el tobillo.

Como primera etapa el diseño apoya al fisioterapeuta en la rehabilitación pasiva, lo cual se corrobora con los resultados obtenidos al medirse los grados de rotación de los servomotores.

Hasta ahora las pruebas físicas se han realizado en voluntarios que no presentan ninguna lesión de tobillo, donde se ha podido observar que el diseño cumple con las funciones requeridas.

Como trabajo futuro se pretende trabajar con fisioterapeutas para conseguir retroalimentación que nos permita validar el diseño. Se realizarán pruebas en pacientes y se corroborará el correcto funcionamiento del diseño.

Referencias

1. IMSS.: Guía Práctica Clínica. Diagnóstico y Manejo del Esguince de Tobillo en la Fase Aguda en el Primer Nivel de Atención.
http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogoMaestro/034_Gpc_EsguinceTobillo/I_MSS_034_08_GRR.pdf. Accedido el 2 Mayo 2018.
2. Espinel F. Duarte C.; Villamizar H.: Diseño de una órtesis para la rehabilitación de tobillo con esguince tipo III por inversión. Revista de la facultad de ingenierías fisicomecánicas. Vol. 5. No.1, pp. 67-78 (2006).
3. A. E. Gil García, Et Al.: Rehabilitador para tobillo por movimiento pasivo (automatizado), Maestría en Ciencias, Instituto Politécnico Nacional, México D.F.; (2008).

4. Guzmán Valdivia, C.; & Carrera Escobedo, J.; & Blanco Ortega, A.; & Oliver Salazar, M.; & Gómez Becerra, F.: Diseño y control de un sistema interactivo para la rehabilitación de tobillo: TobiBot. *Ingeniería Mecánica. Tecnología y Desarrollo*, 5 (1), pp. 255-264 (2014).
5. Girone, M.; Burdea, G.; Bouzit, M.: The Rutgers Ankle Orthopedic Rehabilitation Interface. *Proceedings of the ASME Haptics Symposium*, Vol. 67, pp. 305-312 (1999).
6. Yoon, J.; Ryu, J.: A Novel Reconfigurable Ankl Foot Rehabilitation Robot. *International Conference on Robotics and Automation – IEEE*, pp. 2290-2295 (2005).
7. Jurado A.; Medina I.: Tendón: valoración y tratamiento en fisioterapia. España. Editorial Paidotribo pp. 320-332 (2008).

Alineamiento Múltiple de Secuencias de ADN Mediante un Algoritmo Evolutivo

Luis Cornelio de la Cruz Hernández¹, Marcela Rivera Martínez²,
Luis René Marcial Castillo², María de Lourdes Sandoval Solís²

^{1,2}Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 14 Sur, Ciudad Universitaria, C. P. 72570, Puebla, Puebla, México.

¹luis.c.delacruzhdz@gmail.com, ²{cmr, lmc, sandoval}@cs.buap.mx

Resumen. El alineamiento de secuencias es una tarea de suma importancia debido a que, a través de esta, se extrae información funcional, estructural y evolutiva de dichas secuencias. El problema está clasificado como un problema NP-completo. En este trabajo, se presenta un algoritmo de programación evolutiva para poder realizar la alineación múltiple de secuencias de ADN utilizando problemas sintéticos.

Palabras Clave: Alineamiento múltiple, ADN, Programación evolutiva, NP-Completo.

1. Introducción

Una de las importantes contribuciones de la biología molecular al análisis evolutivo es el descubrimiento de que las secuencias (también llamadas cadenas) de Ácido Desoxirribonucleico (ADN) de diferentes organismos se encuentran a menudo relacionadas.

La tarea de alinear un conjunto de secuencias, algunas más relacionadas que otras, es idéntica a descubrir las relaciones evolutivas entre las especies. Los objetivos en la comparación de dos o más secuencias son: determinar y cuantificar el grado de similitud que hay entre ellas; determinar si existe algún tipo de relación entre ellas, por ejemplo, si son homólogas o si el parecido es simplemente fruto de la casualidad y detectar la presencia de motivos estructurales y/o funcionales conservados [1].

Las relaciones de tipo funcional permiten determinar si las secuencias tienen la misma función o similar; las relaciones estructurales indican si dos secuencias de aminoácidos poseen la misma estructura tridimensional y las relaciones de tipo evolutivo muestran si dos secuencias proceden de un ancestro común [2].

El alineamiento de secuencias es útil para aprender más sobre un nuevo brote de patógenos, es decir, averiguar qué especies están relacionadas con el patógeno y,

posteriormente, la fuente probable de transmisión. Esto puede conducir a nuevas recomendaciones para las políticas de salud pública [3].

El alineamiento múltiple de secuencias se encuentra clasificado como un problema NP-Completo [4], es decir, no se conoce un algoritmo de tiempo polinomial que pueda encontrar una solución exacta, por lo tanto, se recurre a otras alternativas, como las heurísticas, si bien este problema se ha resuelto con la técnica de programación dinámica, o una combinación que incluya ésta técnica, tiene el inconveniente de requerir una gran cantidad de memoria, es por ello que en este trabajo se presenta un algoritmo de programación evolutiva para resolver el problema del alineamiento de secuencias con la finalidad de mejorar los tiempos de cómputo. Los algoritmos de programación evolutiva, son algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de la selección natural y en la genética.

La estructura del documento es la siguiente: en la sección dos se describe el cómputo evolutivo así como la programación evolutiva, en la sección tres se proporciona una descripción del problema a resolver, la sección cuatro se detalla el algoritmo para resolver el problema de la alineación múltiple de secuencias, la sección cinco muestra las pruebas y resultados obtenidos, las conclusiones y el trabajo futuro están plasmados en el capítulo 6, finalmente se listan las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de este trabajo.

2. Cómputo evolutivo

El término computación evolutiva, engloba una serie de técnicas inspiradas biológicamente, las cuales son: algoritmos genéticos, programación evolutiva y estrategias evolutivas, en términos generales, se mantiene durante un periodo definido de tiempo, una población de individuos sometida a una presión ambiental a través de una selección natural o sobrevivencia del más apto, con un incremento constante en la calidad de los individuos. Este proceso es repetitivo, por lo cual, al final del proceso de evolución, entre los sobrevivientes se encuentran aquellos con las mejores características o considerados más fuertes [5].

2.1 Programación Evolutiva

Lawrence J. Fogel propuso en la década de 1960, una técnica denominada programación evolutiva, en la cual la inteligencia se ve como un proceso adaptativo [6]. La programación evolutiva trabaja a nivel del fenotipo, evolucionando la población a nivel de especies, descartando por completo mecanismos sobre el genoma, esto quiere decir que no existen operaciones de cruce. Su principal objetivo es maximizar la aptitud de un conjunto de soluciones candidatas, haciendo énfasis en la herencia después de aplicar operadores de mutación [7]. El algoritmo general de programación evolutiva es el siguiente:

Algoritmo 1: Programación evolutiva.

Inicio

Generar aleatoriamente una población inicial.

Mientras no se cumpla criterio de paro hacer

 Aplicar mutación.

 Calcular la aptitud de cada hijo y usar un proceso de selección para determinar cuáles serán las soluciones que se retendrán.

 Fin_mientras

Fin

Donde la mutación genera modificaciones muy pequeñas en la composición de los individuos de la población, logrando la diversificación de los mismos.

3. Definición del problema

La forma más habitual de comparar secuencias consiste en hacer un alineamiento. Alinear secuencias consiste en escribirlas una encima de la otra de modo que el número de símbolos que coinciden en una misma posición sea máximo. Si es necesario, se pueden introducir huecos (gaps) en cualquiera de las secuencias. Los huecos introducidos en las secuencias también se denominan indels (inserción) ya que se pueden considerar, indistintamente, como la inserción de un residuo en una de las secuencias o como la desaparición de un residuo en otra.

En cada posición del alineamiento habrá dos caracteres (iguales o no) o un carácter alineado con un hueco. Lo que no puede haber es dos huecos alineados, debido a que esto no proporciona información alguna de cambio respecto al tiempo. Dos secuencias se pueden alinear de muchas maneras, para determinar cuál es el mejor alineamiento se utiliza un sistema de puntuación que otorga a cada pareja de caracteres un valor distinto en función de que sean iguales, distintos o que haya un indel. La puntuación de un alineamiento se calcula sumando la puntuación de cada una de las posiciones y ayuda a determinar si las secuencias están realmente relacionadas o si su parecido se debe al azar. El alineamiento que obtiene la mayor puntuación se denomina alineamiento óptimo.

Tradicionalmente, el enfoque más popular para el alineamiento múltiple de secuencias ha sido el método de alineamiento progresivo, este método construye un alineamiento múltiple final realizando primero una serie de alineamientos de pares sobre secuencias sucesivamente menos emparentadas iniciando el alineado de las dos secuencias más cercanamente relacionadas, para seguir alineando sucesivamente la siguiente secuencia del conjunto problema más emparentada con el alineamiento producido en el paso previo. Una

limitación importante de los métodos progresivos es su fuerte dependencia de la asignación inicial del parentesco entre las secuencias, así como de la calidad del alineamiento inicial, algunos programas basados en este método son MULTALIN [8], MULTAL [9], y CLUSTAL X [10].

Recientemente han surgido numerosos algoritmos que ofrecen enfoques nuevos al problema del alineamiento múltiple, muchos tienen en común aplicar estrategias iterativas para refinar y mejorar el alineamiento inicial. El programa DIALIGN [11] (L. Al Ait, Z. Yamak, B. Morgenstern (2013) DIALIGN at GOBICS - alineación de secuencias múltiples utilizando varias fuentes de información externa Nuc. Investigación de ácidos 41, W3-W7) se basa en comparaciones segmento a segmento en lugar de residuo a residuo. El programa SAGA [12] usa un algoritmo genético junto con programación dinámica para resolver el problema del múltiple alineamiento, sin embargo, la inclusión de la técnica de programación dinámica limita el algoritmo en la cantidad de secuencias, así como su longitud.

4. Programación evolutiva y alineamiento de secuencias

Computacionalmente el problema de alinear secuencias se define como sigue: Dado un alfabeto $\Sigma = \{a, c, g, t\}$, donde a es adenina, c es citosina, g es guanina y t corresponde a timina, siendo s_1, \dots, s_k un conjunto de secuencias de entrada sobre el alfabeto Σ , se denomina como R_1, \dots, R_k al conjunto de filas de alineación que se obtienen insertando huecos en la secuencia s_1, \dots, s_k de tal forma que todas tengan la misma longitud l . Dado que l es la longitud común de todas las secuencias después de ser insertados los huecos, un alineamiento múltiple M es una matriz de tamaño $k \times l$ poniéndole las k filas R_1, \dots, R_k . Para calcular una buena secuencia de alineamiento, se necesita encontrar un método que evalúe una alineación con el objetivo de encontrar el mejor. Si se puede encontrar una función de puntuación que otorgue un puntaje a una puntuación indicando la calidad del alineamiento entonces se puede calcular una buena alineación mediante la alineación con el mejor valor de puntaje (score). El objetivo de un algoritmo de alineamiento múltiple es usar una función de puntuación y encontrar el alineamiento múltiple que maximiza ese puntaje. O, dicho de otra manera, dado una función de puntuación, se puede definir un algoritmo de alineación múltiple que encuentre el puntaje máximo de una alineación M , es decir, dada una función score (M) de una alineación múltiple M , el objetivo del algoritmo de alineación es encontrar $M^* = \operatorname{argmax}_M(\operatorname{score}(M))$.

En este trabajo, se utiliza un sistema de puntuación y penalización, la penalización se produce cuando no hay una alineación dentro de la secuencia. Para el problema del alineamiento de secuencias la función de aptitud a utilizar está dada por:

$$\sum_{1 \leq i, j \leq k} p(R_i, R_j)$$

El algoritmo acepta como entrada un conjunto de cadenas o secuencias k cada una de una longitud diferente l , la población inicial se genera de manera aleatoria, donde cada cromosoma es veinte por ciento más largo que la máxima longitud de las cadenas de entrada, la cual se le insertan gaps. Ejemplo:

Dadas las secuencias $S = \{acg, cg, agt\}$, la longitud mayor de estas es 3, lo cual significa que el tamaño del cromosoma será de 4, resultando la población inicial como: $S = \{ac-g, -cg-, a-gt\}$, donde el símbolo $-$ representa un hueco.

La mutación que se implementa en este trabajo es una mutación por desplazamiento, donde se elige de manera aleatoria un gap y se genera un valor que es el número de veces que se desplazará el gap. Ejemplo:

Dada la secuencia: $ac-gtt-a$, si se elige el gap de la posición 3 y un valor aleatorio de 2, la secuencia mutada queda como: $acgt-t-a$.

El sistema de puntuación a utilizar es: para emparejamiento un valor de 1, para huecos se le proporciona un valor de -1 y para no emparejamiento se penaliza con un valor de -3. Los cromosomas que van quedando de una generación a otra son los mejores evaluados, en este caso aquellos que maximizan la función de aptitud.

5. Pruebas y resultados

El algoritmo propuesto se validó utilizando problemas sintéticos, y se programó en el lenguaje de programación Octave [13].

Lo que se reporta en la tabla 1 es lo siguiente: la primera columna tiene la cantidad de secuencias que el programa recibe como entrada, la mayor longitud de todas las cadenas de entrada de ese problema se encuentra en la segunda columna, la tercera columna tiene el porcentaje de mutación que se utilizó, la siguiente columna contiene el criterio de paro, es decir, la cantidad de generaciones, finalmente la quinta columna muestra el porcentaje de secuencias que se alinearon de manera correcta.

Tabla 1. Resultados de las pruebas.

Cantidad de secuencias	Mayor longitud del problema	Porcentaje de mutación	Cantidad de generaciones	Porcentaje de secuencias alineadas
6	3	.3	5	93.3
8	6	.01	3	97.3
8	8	.2	3	81.8
10	9	.3	5	87.3
12	14	.2	2	89.6
12	20	.2	1	88.35
16	16	.2	1	93.37
20	19	.1	2	94.09
24	20	.1	1	97.77
28	20	.05	1	98.12

Como puede observarse de la tabla 1, el mejor porcentaje es del 98.12% para el problema que consta de 28 secuencias donde la mayor cadena tiene longitud 20, el peor porcentaje de todas las pruebas es el de 81.8%, el cual corresponde a un problema de 8 cadenas, de las cuales la mayor es de longitud 8.

6. Conclusiones y trabajos futuros

Los resultados obtenidos (tabla 1), muestran que la propuesta de este trabajo alinea un alto porcentaje de secuencias con los problemas sintéticos utilizados.

Como trabajo futuro, se probará con problemas reales tomados de bases de datos de secuencias de ADN, además de utilizar otro tipo de mutaciones y llevar a cabo la paralelización del algoritmo.

Referencias

1. Dong E.; Smith, J.; Heinze, S.; Nathan, A.; Meiler, J. BCL: Align-Sequence alignment and fold recognition with a custom scoring function online. *Gene* 422(1-2) pp. 41–46 (2008)
2. <http://www.ks.uiuc.edu/Training/Tutorials/science/bioinformatics-tutorial/bioinformatics.pdf>. Último acceso Junio 2018.
3. <http://www.ebi.ac.uk/training/online/course/introduction-phylogenetics/why-hylogenetics-important>. Último acceso Junio 2018.

4. Kosmas K.; Kraft D. Genetic Algorithm and the Multiple Sequence Alignment in Biology. Proceedings of the Second Annual Molecular Biology and Biotechnology Conference, LA. (1996)
5. Yao X.; Sarker M. Evolutionary computation: A gentle introduction, Eds. Kluwer Academic Publishers. (2002)
6. Lawrence J. F. Artificial Intelligence through Simulated Evolution. JohnWiley, New York. (1966)
7. Vitanyi P. “A dicipline of evolutionary programming”, Theoretical computer science. (2000)
8. <http://multalin.toulouse.inra.fr/multalin/>. Último acceso Octubre 2018.
9. <http://mathbio.nimr.mrc.ac.uk/>. Último acceso Octubre 2018.
10. <http://www.clustal.org/>. Último acceso Octubre 2018.
11. Al Ait L.; Yamak Z.; Morgenstern B. DIALIGN at GOBICS: multiple sequence alignment using various sources of external information. *Nucleic Acids Res.* 41, W3-W7. (2013)
12. Notredame C.; Higgins D. SAGA: sequence alignment by genetic algorithm. *Nucleic Acids Research*, Vol. 24, No. 8, pp. 1515-1524 (1996)
13. Octave: <https://www.gnu.org/software/octave/> . Último acceso Junio 2018.

Comparación de Métodos de Clasificación en el Análisis de la Cobertura Edáfica en el Sureste de la Presa Valsequillo, Puebla

Gladys Linares Fleites¹, María De Lourdes Sandoval Solís²,
Antonio Pacheco Ríos¹ y Jesús Armando Ruiz Careaga¹

¹Posgrado de Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias.
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
4 Sur No.104, Colonia Centro, C.P. 72000, Puebla, México.

²Facultad de Ciencias de la Computación.
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 4 Sur No.104,
Colonia Centro, C.P. 72000, Puebla, México.

¹e-mail: gladyslinares1@yahoo.es

²e-mail: malos1753@gmail.com

Resumen. En la región sur de la presa de Valsequillo, desde hace décadas, el uso y manejo irracional de los bienes comunales ha sido llevado de manera no sostenible, provocando la degradación de la tierra y la erosión del suelo. Es de máxima importancia caracterizar los cambios espaciales de la cobertura edáfica a través de la descripción del entorno y el procesamiento de imágenes satelitales, para lograr la predicción de las coberturas edáficas de la zona. El objetivo de este trabajo es utilizar los métodos de clasificación de Árboles de Decisión y Regresión Logística Multinomial para alcanzar buenas predicciones del grado de erosión de la zona, con la información proporcionada por el índice de vegetación NDVI obtenido de la imagen satelital TM Landsat 5 del año 2015.

Palabras Clave: Clasificación Supervisada, Discriminante, Regresión.

1. Introducción

La erosión del suelo es uno de los mayores problemas ambientales que enfrenta México. En la línea base nacional de degradación de tierras y desertificación se determinó las condiciones actuales de la degradación de tierras y la desertificación; los resultados mostraron que el 90.7% de la superficie nacional presenta algún tipo de degradación de tierras (177.64 millones de ha) por causas naturales y/o antrópicas (INEGI, 2015).

La planificación de la conservación del suelo a menudo requiere estimaciones de la erosión del suelo a nivel de cuenca o de escala regional. Sin embargo, el factor de erosión del suelo a gran escala es difícil de estimar debido a los costos, el trabajo y el tiempo involucrados.

El desarrollo de nuevas tecnología como la Teledetección o Percepción Remota y de ciencias como la Computación y la Estadística, que permiten la modelización de fenómenos complejos, ha abierto nuevas perspectivas para lograr estimaciones confiables de la cobertura edáfica y, por ende, de la erosión del suelo.

En este capítulo se persigue el objetivo de evaluar el desempeño de dos procedimientos de clasificación supervisada, en particular, los árboles de decisión y la regresión logística multinomial en la predicción de la cobertura edáfica en el sureste de la presa Valsequillo, a través de imágenes satelitales.

En las siguientes secciones 2 y 3 se presentan los aspectos conceptuales esenciales de los métodos de clasificación y de Teledetección. En la sección 4 se desarrolla en análisis de la cobertura edáfica en el sureste de la Presa Valsequillo en la ciudad de Puebla. Finalmente, se brindan las conclusiones y las referencias.

2. Métodos de clasificación

La clasificación es una actividad inherente al hombre ya que siempre existe la necesidad de ordenar o poner límites, lo que ayuda a entender los fenómenos reales.

En la solución de problemas y en la toma de decisiones, uno de los primeros pasos consiste en clasificar el problema o la situación, para después aplicar la metodología correspondiente y esta metodología dependerá en gran medida de la clasificación previa.

Podemos distinguir dos enfoques del problema de clasificación:

El primero de ellos es cuando se conocen los grupos o categorías y se pretende ubicar los individuos dentro de estas categorías a partir de los valores de ciertos parámetros; para este caso las técnicas más utilizadas son el Análisis Discriminante y la Regresión Logística. También son conocidas como técnicas de Clasificación Supervisada

El segundo enfoque, ocurre cuando no se conocen los grupos de antemano y lo que se pretende es establecerlos a partir de los datos con los que se cuenta; dentro de estas técnicas se encuentra el Análisis de Clusters. Estas técnicas son conocidas también como Clasificación No supervisada

El Análisis Discriminante es una de la técnica más utilizada para la clasificación, pero el requerimiento de normalidad y homocedasticidad no se cumple con frecuencia y como consecuencia de esto es necesario utilizar técnicas que no requieran tal supuesto, como la Regresión Logística. Por otra parte, se han desarrollado otras técnicas de clasificación basadas en árboles de decisión o clasificación.

Aunque los árboles de clasificación cada vez se hacen más populares, su desempeño respecto a otras técnicas de clasificación como la Regresión Logística ha sido poco estudiado.

A continuación se hace una breve presentación de las técnicas de clasificación utilizadas para el estudio de cobertura edáfica.

2.1 Árbol de Clasificación

Los árboles de clasificación son una técnica de minería de datos (Data Mining, DM). Esta técnica prepara, sondea y explora los datos para sacar la información oculta en ellos pero también aborda la solución a problemas de predicción, clasificación y segmentación.

Las técnicas de la minería de datos provienen de la Inteligencia Artificial y de la Estadística. Dichas técnicas no son más que algoritmos, más o menos sofisticados, que se aplican sobre un conjunto de datos para obtener algunos resultados. Las técnicas más representativas son: redes neuronales, regresión lineal, árboles de decisión, modelos estadísticos, agrupamiento o clustering y reglas de asociación. (Berlanga et al., 2013).

Los árboles de decisión crean un modelo de clasificación basado en diagramas de flujo. Clasifican casos en grupos o pronostican valores de una variable dependiente (criterio) basada en valores de variables independientes (predictoras).

La terminología asociada a la técnica de los árboles de decisión recurre a una terminología específica, por lo que es interesante, antes de seguir adelante, clarificarla. Los términos utilizados son:

- *Nodo de decisión*: Nodo que indica que una decisión necesita tomarse en ese punto del proceso.
- *Nodo de probabilidad*: Nodo que indica que en ese punto del proceso ocurre un evento aleatorio. Probabilidades de que ocurran los eventos posibles como resultado de las decisiones.
- *Nodo terminal*: Nodo en el que todos los casos tienen el mismo valor para la variable dependiente. Es un nodo homogéneo que no requiere ninguna división adicional, ya que es “puro”.
- *Rama*: Muestra los distintos caminos que se pueden emprender cuando tomamos una decisión o bien ocurre algún evento aleatorio. Resultados de las posibles interacciones entre las alternativas de decisión y los eventos.

Existen varios métodos de división para los árboles. A continuación resumimos las características del método que se utiliza en este capítulo.

CHAID (Chi-square automatic interaction detector): Consiste en un rápido algoritmo de árbol estadístico y multidireccional que explora datos de forma rápida y eficaz, y crea segmentos y perfiles con respecto al resultado deseado. Permite la detección automática de

interacciones mediante la distribución de probabilidad Chi-cuadrado. En cada paso, CHAID elige la variable independiente (predictora) que presenta la interacción más fuerte con la variable dependiente. Las categorías de cada predictor se funden si no son significativamente distintas respecto a la variable dependiente.

El modelo debe validarse ya que la validación permite evaluar la bondad de la estructura de árbol y su generalización. Entre los métodos de validación está la validación por división muestral. Con la validación por división muestral, el modelo se genera utilizando una muestra de entrenamiento y después pone a prueba ese modelo con una muestra de reserve o comprobación.

2.2 Regresión logística multinomial

Cuando se desea clasificar un sujeto dentro de uno o más grupos previamente determinados a partir de un conjunto de características observadas del sujeto, es razonable pensar en la utilización de una medida probabilística. La regresión logística estima la probabilidad de un suceso en función de un conjunto de variables explicativas y en la construcción del modelo no hay ningún supuesto en cuanto a la distribución de probabilidad de las variables, por lo que puede incluirse cualquier tipo de variable.

El modelo de regresión logística puede considerarse como una fórmula para calcular la probabilidad de pertenencia a uno de los grupos, de manera que este estima la probabilidad de que una observación pertenezca a uno de los grupos. La interpretación del resultado de la aplicación de esta metodología es sencilla por tratarse en términos de probabilidad.

La regresión logística multinomial generaliza el método de regresión logística para problemas multiclase, es decir, con más de dos posibles resultados discretos. Es decir, se trata de un modelo que se utiliza para predecir las probabilidades de los diferentes resultados posibles de una distribución categórica como variable dependiente, dado un conjunto de variables independientes, que pueden ser de valor real, valor binario, categórico-valorado, etc.)

El modelo logístico multinomial supone que los datos son específicos del caso, es decir, cada variable independiente tiene un valor único para cada caso. Este modelo también supone que la variable dependiente no puede ser perfectamente pronosticada a partir de las variables independientes para ningún caso.

3. Teledetección e índices de vegetación

La teledetección o percepción remota es una técnica que nos permite obtener información a distancia de objetos que se encuentran situados sobre la superficie terrestre. El fenómeno

de la teledetección es posible gracias a la interacción de la energía electromagnética con las cubiertas terrestres. Estas tienen un comportamiento reactivo variable, condicionado tanto por los factores externos (ambientales) como por sus propias características fisicoquímicas en el momento de la toma de la imagen.

La primera experiencia de teledetección se retoma en 1859, donde Gaspar Félix de Tournachon obtuvo las primeras fotografías aéreas desde un globo, después se hizo uso del avión hasta llegar en 1960 al uso de los satélites. Actualmente son numerosos los centros de producción, enseñanza e investigación que trabajan activamente en este campo con el uso de satélites (Teledetección Espacial). La constelación de satélites LANDSAT (LAND=tierra y SAT=satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (por sus siglas en inglés, Earth Resources Technology Satellites), fue la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres; el primer satélite se puso en órbita el 23 de julio de 1972.

Dentro de la teledetección, se destacan las siguientes bandas espectrales:

1. Espectro visible (:4 a: 7_ m): Es la radiación que puede percibir nuestros ojos, coincide con las longitudes de onda en donde es máxima la radiación solar.
2. Infrarrojo cercano (:7 a 1:3 _m): Resulta importante por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.
3. Infrarrojo medio (1:3 a 8 _m): En esta banda se mezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre.
4. Infrarrojo lejano o térmico (8 a 14 _m)
5. Micro-onas (a partir de 1 mm): Tipo de energía a bastante transparente a la cubierta nubosa.

Las técnicas de teledetección se emplean para supervisar y mapear la condición de los ecosistemas de cualquier parte del planeta Tierra. La cubierta de vegetación es uno de los indicadores biofísicos más importantes para estimar la erosión del suelo. Por ejemplo, en el rango visible, la vegetación sana muestra una alta absorción en las bandas azul y roja y una alta reflectancia en las bandas verde e infrarroja cercana.

La cubierta de vegetación puede ser estimada utilizando índices de vegetación derivados de imágenes satelitales. Los índices de vegetación nos permiten delinear la distribución de la vegetación y del suelo en función de los patrones de reflectancia característicos de la vegetación verde. Uno de esos índices es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) que mide la cantidad de vegetación verde. La diferencia de reflectancia espectral entre infrarrojo cercano (NIR) y rojo se usa para calcular NDVI. La fórmula se puede expresar como (Jensen, 2000);

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

El NDVI se ha utilizado ampliamente en estudios de teledetección (Jensen, 2005). El rango de valores de NDVI es de -1.0 a 1.0, donde los valores más altos son para vegetación verde y los valores bajos para otro tipo de superficie. Así, el suelo desnudo está representado con valores de NDVI más cercanos a 0 y los cuerpos de agua están representados con valores negativos de NDVI.

4. Análisis de la cobertura edáfica en el sureste de la Presa Valsequillo, Puebla

El uso y manejo no sostenible de la tierra está llevando a una mayor degradación del suelo y la pérdida de un recurso clave que es fundamental para la vida en el planeta (Jones, A. *et al.*, 2012). En el Plan Estratégico Decenal 2008-2018 aprobado en 2007 por la 8ª Conferencia de las Partes de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, se estableció el objetivo de proteger los suelos contra la erosión y la contaminación. En México, en el Programa Nacional Manejo Sustentable de Tierras a favor de un manejo y uso sostenible, publicado en 2008, se señaló que la erosión y el declive de la fertilidad del suelo afectan a la viabilidad de los terrenos agrícolas.

Desde hace décadas, en la región sur de la presa de Valsequillo, el manejo de los recursos naturales se ha llevado de manera inadecuada provocando la degradación del suelo y la pérdida de la vegetación. La escasa investigación en los diferentes ecosistemas, el empleo de las tecnologías de explotación sin tener en cuenta las condiciones del entorno y el desconocimiento de los principios físicos, químicos y biológicos que determinan la continuidad de los sistemas de producción, son los principales factores que han afectado gravemente la estabilidad de los sistemas naturales en la Región Sur de la Presa de Valsequillo. La Figura 1 muestra la localización de esta zona.

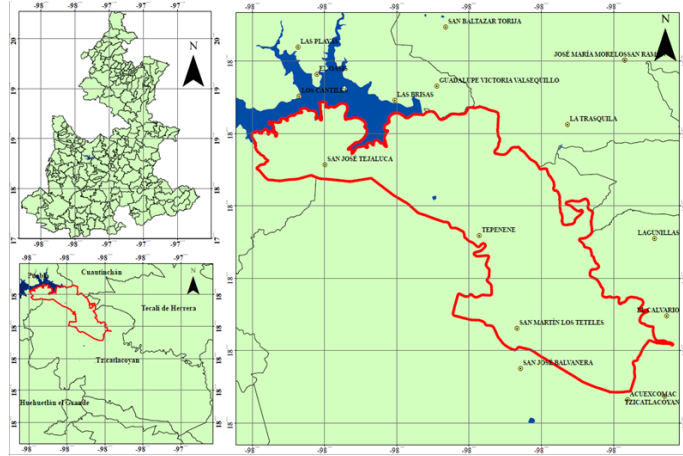


Fig. 1. Localización de la zona.

4.1 Obtención de la imagen satelital

La imagen de satélite fue obtenida del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) y corresponde al año 2015. Dicha imagen se obtuvo sin cobertura de nubes en la temporada de sequía, lo que permitió reducir el efecto espectral de la vegetación y de los cultivos en el procesamiento de la imagen. El análisis e integración de la información se realizó con el Sistema de Información Geográfica de uso libre Quantum GIS (Quantum, 2017). Con la información obtenida se elaboró una tabla de 34 552 filas (puntos georreferenciados) y 1 columna con la variable cuantitativa NDVI.

Posteriormente se agregó a la tabla de datos otra columna con la variable categórica CONTORNO, que se obtuvo del trabajo de campo desarrollado y que permitió dividir la zona de estudio en tres contornos. (Pacheco, 2018). A continuación se desarrollan las características de cada uno de ellos y en la figura 2 se muestra el mapa de la cobertura edáfica.

Contornos: sus características

Contorno I.

El Contorno I se encuentra localizado al noroeste de la localidad de San Miguel Acuexcomac y el área que ocupa se caracteriza por una variedad importante de tipos de cobertura edáfica. La roca predominante es la caliza del periodo cretácico y el tipo de suelo predominante es Leptosol. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad y el uso de suelo es de agricultura de temporal, asociado a pastizales que

son ocupados por el pastoreo y la ganadería, donde predominan especies arbóreas como nopal (*Opuntia ficus-indica*), Agave pulquero (*Agave salmiana*) y Palma (*Brahea*.)

Contorno II.

El Contorno II se encuentra localizado al noreste de la localidad de San Bernardino Tepehene. La geología de este contorno está representada por roca sedimentaria del periodo cuaternario con suelo primario Cambisol y clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor húmedas; el uso de suelo es de agricultura de temporal. En la zona existe la presencia de árboles como el espino (*Cratgegus monogyna*), Cazahuate (*pomoea arborscens*), Truenafuerte (*Tecoma Stansen*), Encino (*Quercus ilex*), (*Juniperus flácida*), entre otros.

Contorno III

El contorno III se encuentra localizado al Noreste de la localidad de San Tejaluca. La roca sedimentaria es del periodo cuaternario, con suelo primario. El clima es templado sub húmedo con lluvias en verano, de menor humedad; el uso de suelo es de agricultura de temporal para el cultivo y pastizal para pastoreo. En la zona existe la presencia de árboles como el Espino (*Cratgegus monogyna*), Cazahuate (*pomoea arborscens*) y Truena fuerte (*tecoma Stansen*).

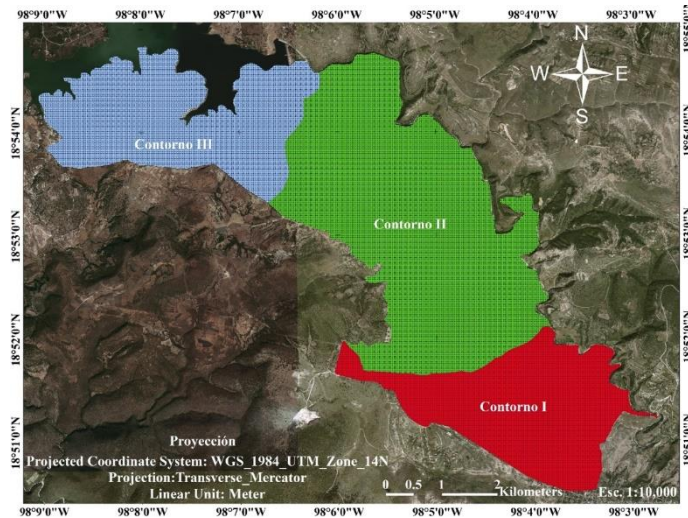


Fig. 2. Mapa de la cobertura edáfica

4.2 Análisis estadísticos descriptivos del área de estudio.

Al analizar los 34,552 puntos de la base de datos se obtuvieron los valores de NDVI mínimo y máximo que resultaron ser -0.487232 y 0.851916, respectivamente; El rango fue de 1.34, la media aritmética de 0.4748 y la desviación estándar de 0.163.

La tabla 1 muestra algunos estadísticos descriptivos del índice de vegetación NDVI según los contornos.

Puede observarse que el contorno II ocupa la mitad de la zona de estudio y la media del índice de vegetación NDVI de ese contorno es la más alta de los tres contornos.

Tabla 1. Estadística descriptiva del índice de vegetación NDVI por contornos.

Contorno	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	% de N total
Contorno 1	0.367644	8156	0.12314	-0.031642	0.851916	23.60%
Contorno 2	0.557422	17566	0.14896	-0.487232	0.836024	50.80%
Contorno 3	0.409633	8830	0.13201	0.0900	0.836634	25.60%
Total	0.474860	34552	0.16303	-0.487232	0.851916	100.00%

En los histogramas por contornos (Figura 3), observamos que los valores de NDVI varían en cada contorno, esto nos indica la variabilidad en la respuesta espectral de las diferentes características de la vegetación y del suelo y de la variabilidad de datos en cada contorno.

El histograma del contorno 1 muestra que el NDVI varía de -0.3164 a 0.851, en un rango de 1.168 y, que junto con el reconocimiento del contorno en campo y de acuerdo con los valores de NDVI, se asocia a zonas con escasa vegetación y afloramientos rocosos.

El histograma del contorno II muestra que el NDVI varia de -0.487232 a 0.836024, y se interpreta como una zona con roca expuesta, ya que los valores de NDVI se concentran en 0.26; este contorno se caracteriza por tener escasa cobertura vegetal y suelos altamente erosionados.

El histograma contorno III muestra que el NDVI varia de 0.0900 a 0.8366, con valores siempre positivos, por lo que puede interpretarse como presencia de vegetación verde

Comparación de Métodos de Clasificación en el Análisis de la Cobertura Edáfica en el Sureste de la Presa Valsequillo, Puebla

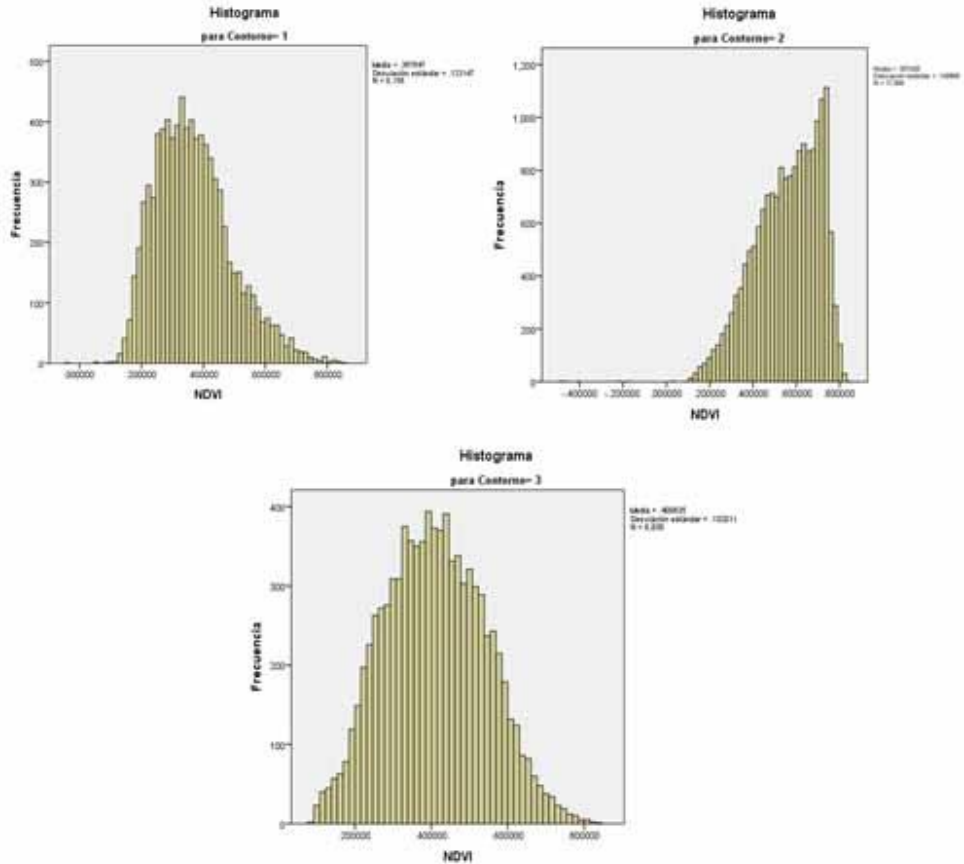


Fig. 3. Histogramas de NDVI por contorno de la cobertura edáfica

4.3 Árbol de clasificación de la cobertura edáfica.

Para obtener el árbol de clasificación de la cobertura edáfica en el sureste de la presa de Valsequillo, se utilizó el método de crecimiento CHAID en el software SSPS versión 23. La variable dependiente es CONTORNO, obtenida del trabajo de campo realizado y la variable independiente es el índice de vegetación NDVI, obtenida del procesamiento de la imagen satelital. La validación se realizó por el método de división de muestras. La figura 3 muestra el árbol con tres nodos de la muestra de comprobación y la tabla 3 el pronóstico de clasificación para los tres contornos.

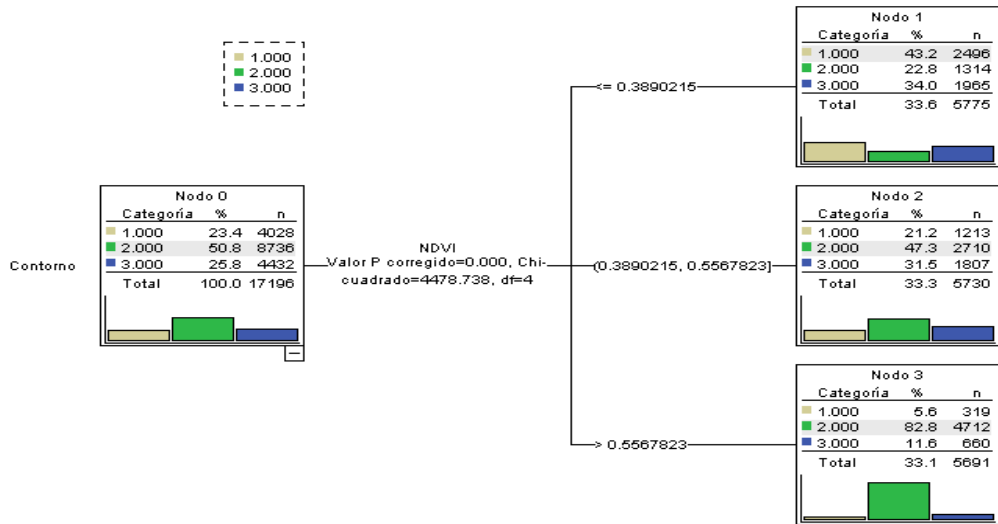


Fig. 4. Árbol de clasificación de la cobertura edáfica de la presa Valsequillo

Tabla 2. Clasificación en la muestra de comprobación

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	1	2	3	
1	2496	1532	0	62.0%
2	1314	7422	0	85.0%
3	1965	2467	0	0.0%
Porcentaje global	33.6%	66.4%	0.0%	57.7%

Puede apreciarse que el porcentaje de clasificación correcta es sólo del 57.7% . En el contorno II se logran las mejores predicciones, lo que puede ser el resultado de tener el mayor número de observaciones. Las peores predicciones se dan en el contorno III donde los puntos se predicen erróneamente en los otros contornos.

4.4 Regresión logística multinomial de la cobertura edáfica.

Con el método de Regresión logística multinomial (tomando como categoría de referencia el Contorno 3) se obtuvieron los siguientes modelos de predicción:

$$\text{Contorno I} = 0.804 - 2.276 * \text{NDVI}$$

$$\text{Contorno II} = -2.678 + 6.966 * \text{NDVI}$$

Las pruebas de hipótesis para cada uno de los estimadores de los parámetros, en ambos modelos, utilizando el estadístico Wald, resultaron significativas (p empírico = .000), esto es, puede afirmarse que los parámetros desconocidos son diferentes de cero con un nivel de significación de 5%. Obsérvese que el estimador del parámetro que acompaña a la variable NDVI en el modelo del Contorno II es bastante alto (6.966) lo que puede interpretarse que el NDVI obtenido de la imagen es capaz de predecir correctamente este contorno. La tabla 3 muestra también el alto porcentaje de clasificación correcta de este contorno.

Tabla 3. Clasificación en la tabla de datos

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	1	2	3	
1	4064	3308	784	49.8%
2	1848	15041	677	85.6%
3	3146	4967	717	8.1%
Porcentaje global	26.2%	67.5%	6.3%	57.4%

Sin embargo, la tabla 3 muestra que la regresión logística multinomial, como procedimiento de clasificación, no mejora globalmente el porcentaje de clasificación correcta con respecto al procedimiento de árbol de decisión. En ambos procedimientos sólo se alcanza un poco más del 57%. También con este procedimiento el Contorno III obtiene un bajo porcentaje de clasificación correcta.

5. Conclusiones

El estudio de la cobertura edáfica nos ha permitido acercarnos al conocimiento del recurso suelo en el sureste de la presa Valsequillo, Puebla. A partir de imágenes satelitales pudo estimarse el índice de la vegetación NDVI que refleja el estado del suelo de la zona. Es importante señalar que una cobertura edáfica cubierta por una densa vegetación puede mantener un suelo joven o rejuvenecido que ha sido erosionado un sin número de veces debido a la sucesión ecológica de los bosques que mantiene una vegetación de tercera y hasta de quinta generación, en el que la cobertura vegetal se establece sobre un suelo ya erosionado.

El objetivo planteado de tratar de predecir los contornos que caracterizan la cobertura edáfica de la presa de Valsequillo se ha alcanzado, ,pero dado que los métodos de árbol de decisión y regresión logística multinomial no muestran altos porcentajes de predicción correcta es recomendable aplicar otros modelos de clasificación como pudieran ser las redes neuronales u otros modelos estadísticos desarrollados mas recientemente como los modelos lineales y no lineales mixtos.

Referencias

1. Berlanga Silvente, V., Rubio Hurtado, M. J., Vilà Baños, R. 2013. Cómo aplicar árboles de decisión en SPSS. [En línea] REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 6 (1), 65-79. Accesible en: <http://www.ub.edu/ice/reire.htm>
2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Estadísticas a propósito del día mundial del suelo (5 de diciembre): datos nacionales. Aguascalientes, México, 2 de diciembre de 2015. <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/suelo0.pdf> (Consulta: abril 13, 2016).
3. Jensen, J.R., Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Prentice-Hall, NJ, 2000.
4. Jensen, J.R., Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Pearson Prentice Hall, New Jersey. 2005.
5. Pacheco Ríos, A. (2018). Cambio espacio temporal de la cobertura edáfica en el sureste de la Presa Valsequillo, Puebla. Causas y efectos. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Posgrado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
6. Quantum GIS Development Team., Quantum GIS Geographic Information System.Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>, 2017.

Sistema de Tickets para el Soporte Técnico del Área de Servicios de Red de la FCC BUAP

Irving Cruz García, Ana Claudia Zenteno Vázquez, José Luis Pérez Rendón,
María Del Carmen Santiago Díaz⁴

Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
14 sur y Av. San Claudio Jardines de San Manuel, Puebla, México

¹deock1@gmail.com, ²ana.zenteno@correo.buap.mx, ³luis.perez.ren@gmail.com,

⁴marycarmen.santiago@correo.buap.mx

Resumen. El sistema de tickets se construyó para el Soporte Técnico del laboratorio de Área de Servicios de Red (ASR) de la Facultad en Ciencias de la Computación (FCC)- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), con el cual, permitirá a la comunidad estudiantil, docente y administrativa, solicitar ayuda al laboratorio ASR, para la atención y solución de las diversas tareas y servicios que se brindan en el área de Servidores y Redes.

Palabras Clave: Sistema, Tickets, Ingeniería Web.

1. Introducción

Los sistemas en Internet nos brindan una interfaz disponible las 24 horas del día para interactuar con un servicio. Dentro de las ventajas principales se puede mencionar son la facilidad de uso para el usuario y el trabajo a distancia. Cuando a áreas de servicio se refiere, resulta fácil enviar reportes, informes o descarga de información cuando nos ofrecen plataformas en web. Los costos de traslado se reducen y se asegura la integridad de la información. Los sistemas de tickets ofrecen la administración de incidencias y de peticiones de servicios en donde es necesario atender con cierta frecuencia a través de Internet, así como el poder resolver estas incidencias, etc. Es por ello y por muchas razones más que el utilizar este tipo de herramienta en un departamento de IT (Tecnologías de la Información, por su traducción de inglés), un Data Center (centro de procesamiento de datos), un centro de llamadas o en un grupo especializado a la solución de cualquier problema puede ser una excelente opción esta herramienta.

Un Ticket se puede utilizar de forma física como una representación de un boleto, un pasaje, un turno de espera, un recibo, una factura o un comprobante o una multa.

Para el presente trabajo, se utilizó como la unidad básica los Tickets, pero para el conjunto de acciones que se podrán realizar sobre éstos, se requiere de la elaboración de un Sistema de Seguimiento de Incidencias (SSI) o Sistema de Tickets, el cual es un programa

en informática que se encarga de administrar y gestionar los reportes de incidencias sobre un tema o un recurso de forma específica.

2. Planteamiento del problema

El Laboratorio de ASR, está constituido para la ayuda hacia la comunidad de la FCC en cuanto al tema de servidores y redes se refieren. Actualmente se encarga de mantener activos los servidores de servicios internos tales como el servidor de correos, los servidores de la página de la FCC, el servidor de páginas para los profesores y alumnos, los servidores DNS (Liu and Albitz, 2009), Servidores de uso especializado para los alumnos.

Podemos describir que la comunidad de la FCC es todo un mundo de individuos interactuando entre sí en un espacio relativamente pequeño, solo para darle una idea cuantitativa de esta comunidad está formada aproximadamente por 3500 personas que interactúan en un espacio de 5 edificios y tres áreas al aire libre, estos datos fueron totalmente proporcionados (a la fecha de 30-Ene-2018) por la Secretaría Académica de la FCC, encargada de los servicios escolares entre otras funciones.

El laboratorio de ASR presentaban desorganización para atender las solicitudes realizadas por medio de los administrativos, profesores y alumnos en la FCC, lo que no permitía tener un análisis que permitiera realizar manuales, reportes y estadísticas de forma fiable y con ello identificar los servicios con mayor demanda para poder brindar una mejor atención de forma ágil. Es por ello que se propone realizar una solución a través de un software y que a su vez este software pueda estar disponible la mayor parte del tiempo en la Web, conocido como software de alta disponibilidad.

Actualmente podemos encontrar una infinidad de Sistemas de Tickets en la web, y muchos de ellos cuentan con características muy importantes para la gestión y administración para el seguimiento de los Tickets. A continuación, presento en la Tabla 1 una comparativa de los Sistemas de Tickets en donde se muestran cualidades importantes a considerar.

Tabla 1. Comparación de los Sistemas de Tickets más utilizados.

Características \ Sistema de tickets	RT (Request Tracker)	OTRS: Open Ticket Request System	osTicket
Tipo de Licencia	GNU	GNU (AGPL)	GNU (AGPL)
Integración con Email	Si	Si	Si
Tipo de Base de Datos	MySQL, PostgreSQL, Oracle o SQLite	MySQL, PostgreSQL, DB2, Oracle o MS SQL Server	MySQL
Servidor Web	Apache, Lighttpd, nginx o cualquier otro servidor que admita FastCGI	Apache	Apache
App para Móvil	No	Si	No
Integración de REST-API	Si	Si	?
Costo	\$4,995 \$19,995 \$59,995 Precio en Dólares de forma anual.	En su versión más básica, puede instalarse de forma totalmente gratuita (con funciones limitadas).	Dispone de la versión gratuita para instalación propia en nuestro servidor (lo cual no incluye ningún tipo de soporte técnico) y su versión en línea ellos te brindan todo desde 9 USD por usuario.

Debido a los altos costos que ofrecen estas herramientas y en algunos casos dependen del número de los usuarios que estarán participando con el sistema ya que es un precio por usuario, así como, las limitaciones en las características que ofrecen con las versiones de manera gratuita, se ha decidido el construir una herramienta, un software a la medida, uno que pueda satisfacer con los objetivos desde un inicio, uno que pueda ir creciendo con base a las nuevas características y los nuevos propósitos que se puedan ir suscitando con el tiempo en el laboratorio de ASR.

2.1 Metodología

(Pressman, 2007) menciona que los métodos de la ingeniería del software proporcionan los "cómo" técnicos para construir software. Los métodos abarcan un amplio espectro de tareas que incluyen la comunicación, el análisis de requisitos, el modelado del Diseño, la construcción del programa. La realización de pruebas y el soporte. Los métodos de la ingeniería del software se basan en un conjunto de principios básicos que gobiernan cada área de la tecnología e incluye actividades de modelado y otras técnicas descriptivas. Los modelos más generales, que se desarrollan en las metodologías son los siguientes:

El modelo en espiral se centra en la evaluación y reducción del riesgo del proyecto dividiendo el proyecto en segmentos más pequeños y proporcionar más facilidad de cambio durante el proceso de desarrollo. Cada etapa del ciclo se realizan las actividades de especificación, desarrollo y validación.

Prototipado Evolutivo: En este modelo se provee una estrategia para controlar la complejidad y los riesgos que puedan surgir en el sistema a medida que avanza el proyecto. En donde primero se definen los requisitos, después se realiza un método de Cascada de desarrollo de cada uno de los incrementos del sistema. Se presenta al cliente la parte ya desarrollada del proyecto y se continúa el desarrollo del prototipo con base en la realimentación que se recibe del cliente. El ciclo continúa hasta culminar en la instalación del prototipo final.

El desarrollo ágil: Envuelve un enfoque para la toma de decisiones en los proyectos de software, basados en el desarrollo evolutivo e incremental, cada iteración del ciclo de vida incluye: planificación, análisis de requisitos, diseño, codificación, pruebas y documentación. Teniendo gran importancia el concepto de "Finalizado" (Done), ya que el objetivo de cada iteración no es agregar toda la funcionalidad para justificar el lanzamiento del producto al mercado, sino incrementar el valor por medio de "software que funciona" (sin errores).

El modelo en cascada: Es conocido como ciclo de vida clásico en donde se considera las actividades fundamentales del proceso de comunicación, planeación, modelado, desarrollo, validación y desenlace. Los representa como fases separadas del proceso, tales como la

especificación de requerimientos, el diseño del software, la implementación, las pruebas, etcétera.

La metodología que se utilizó es la de Cascada y la razón es muy simple, debido a que trabaja bajo un enfoque sistemático y de forma secuencial para el desarrollo del software, llevando un proceso característico entre cada etapa del desarrollo, iniciando con la especificación de requerimientos del cliente, después se continúa con la planificación del desarrollo, los modelados, la construcción y el despliegue para terminar en el soporte del sistema. Muy a pesar de que el modelo en Cascada es el más antiguo dentro de la ingeniería del software y de las múltiples críticas y errores que este simple modelo puede llegar a presentar, tal como lo mencionan los autores (Bradac, 1994) y (Hanna, 1995), en donde muestran problemas reales en este simple modelo, pero quiero que también tome en cuenta que para el desarrollo de este proyecto fue realizado completamente por una sola persona, todas y cada una de las etapas, por lo que no puede existir algún error de trabajo de forma concurrente entre colaboradores, ni mucho menos se espera cambios repentinos en el proceso debido a que el laboratorio de ASR ya tiene identificado su principales requerimientos, y en caso de que necesitara uno nuevo, es muy posible que entren como una segunda etapa de desarrollo. Es importante notar que, si este proyecto hubiese sido desarrollado por un equipo de desarrollo es un hecho que no se hubiese utilizado el modelo en Cascada, por lo que se optaría más por trabajar bajo un modelo en Espiral o por una metodología ágil debido al proceso de software evolutivo que presentan.

3. Comunicación

3.1 Levantamiento de Requerimientos

En esta actividad se realizaron de tres juntas de un tiempo aproximado de una hora y media, con la finalidad de enlistar las necesidades que el laboratorio de ASR actualmente tiene y que espera que sean solventadas por el proyecto a desarrollar “SSI”. Se han detectado las actividades en las cuales son un poco deficientes el tiempo de desarrollo y de implementación, a continuación, se describe de forma genérica en qué consisten:

Gestión y funcionamiento de correos, mayormente se solicita la revisión del funcionamiento de los correos ya que los usuarios mencionan que sus correos no salen de su bandeja de salida o que no reciben correos a su bandeja de entrada, también se solicita la creación de nuevos correos institucionales.

Solicitud de revisión a la infraestructura de red y de creación de nuevos cables de red, ya que muchas de las ocasiones es el cable de red el que en algún punto esta trozado y con ello

no permite tener una conexión estable a Internet. Instalación de switches de red y configuración de equipos inalámbricos.

Solicitud de creación de subdominios, para proyectos o eventos que se desarrollan por parte de la comunidad de la Facultad de Ciencias de la Computación.

Es aquí, donde se tiene que ir separando cada parte de los requerimientos e ir dividiendo cada actividad para que sea más fácil la identificación de las pequeñas tareas a desarrollar.

4. Modelado

4.1 Diseño y construcción de Wireframes

Los Wireframes son una estructura básica e indispensable en cada proyecto web, generalmente se utilizan una vez que se tiene claro y definido el levantamiento de requerimientos. Sirven para poder representar de forma visual y esquemáticamente la estructura de cada elemento web, entidad u objeto a utilizar en cada pantalla, así como, sus alineamientos y/o posiciones de cada uno de estos elementos que se tomará en la pantalla. No se requiere de detalles visuales a gran escala como los colores, tamaños de fuente, tipos de letras que se utilizarán, ni mucho menos contenido multimedia final, dígame imágenes, videos, animaciones, etc. Dado que no es el objetivo principal de los Wireframes, esto se realizará en una etapa más avanzada del proyecto. Aunque, sí es importante indicar en dónde se va a utilizar cada elemento web entidad u objeto, tal como, los botones de envío de algún formulario, inclusive el mismo formulario, pestañas, enlaces, imágenes, videos, animaciones (en caso de requerirse), títulos, textos, menús, campos de texto, etc. Como se acaba de mencionar solo es para dar a conocer en cada pantalla que elementos estarán presente de la página o del sistema, pudiendo resumir que este proceso tiene que ver con qué elementos tendrá cada pantalla, que es lo que hará y no el cómo se ve, como se muestra en la Figura 1.

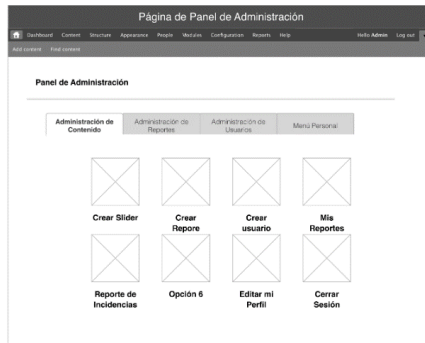


Fig. 1: Ejemplo de Wireframe diseñado para el panel de administración del SSI

4.2 Diagrama de Flujo

En esta etapa se representará de forma gráfica los pasos que conlleva cada proceso en el sistema de tickets, permitiendo con ello identificar las diferentes interacciones de las entidades u objetos con los usuarios en cada actividad y/o proceso. Así como también nos permitirá identificar y definir el alcance de cada actividad o proceso de forma más concreta y transparente.

Debido a que todas las acciones en el sistema de Tickets tienen un inicio y un fin, es posible representar de forma gráfica estos procesos como si fuera una línea de tiempo, todo comienza a partir de cierta acción lo cual hace que desencadene ciertos eventos más, mientras se está en ejecución, pero llegará a la última acción a ejecutar y después de allí tendrá un final de ejecución, tal como puede apreciar en la Figura 2.

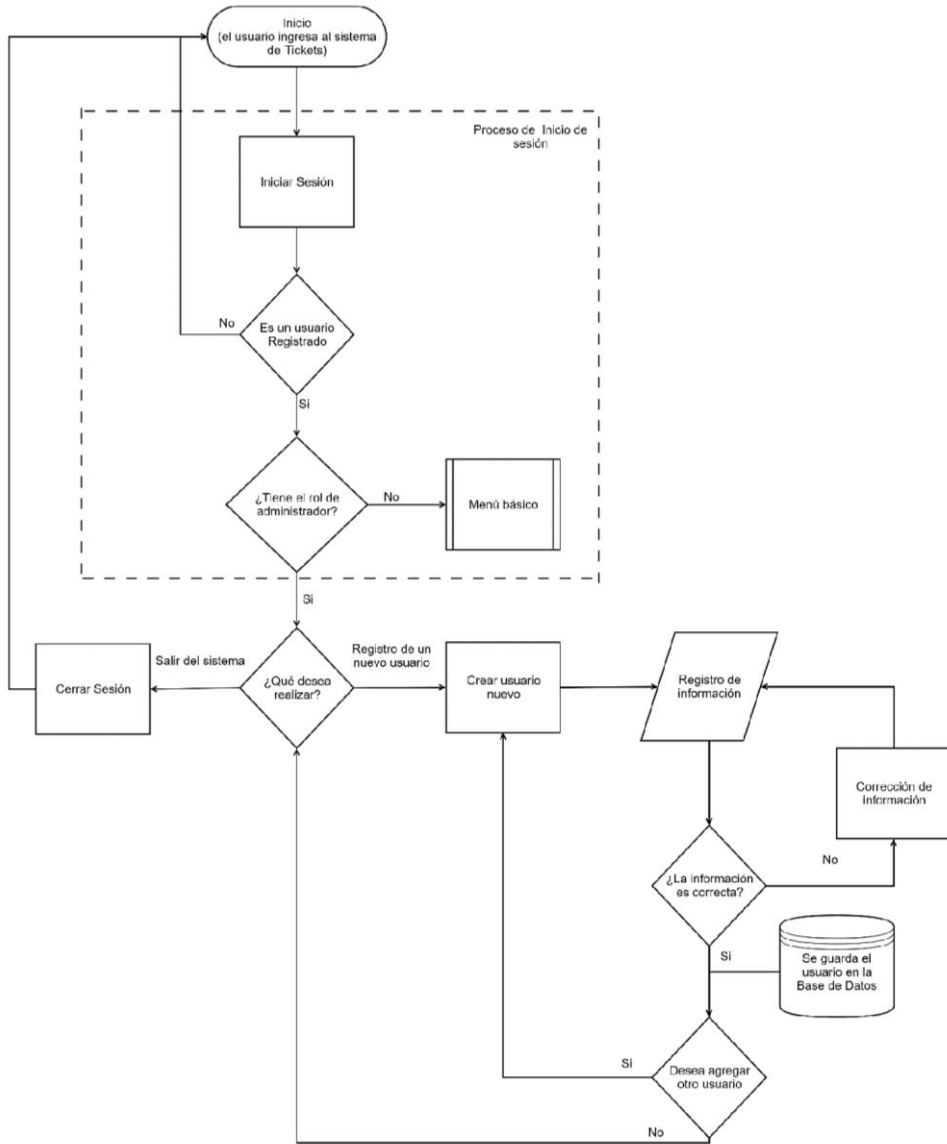


Fig. 2: Diagrama de flujo donde se ilustra el proceso para dar de alta a un nuevo usuario en el sistema de tickets.

4.3 Estructuración de Entidades

En esta sección se analizó el documento del **Levantamiento de requerimientos** y el documento de los **Wireframes** con la finalidad de identificar cada entidad u objeto y describir sus atributos, con ello nos permitirá realizar la planificación de construcción de entidades enfocados al entorno de Drupal (Gil Rodríguez, 2011), por ejemplo, de este proceso se obtuvo el análisis de los roles o grupos de usuarios con los que el sistema de tickets iba a contar, tales como: Administrador, Colaborador, Profesor, Alumno. También nos permite el hecho de que podemos identificar propiedades o eventos que anteriormente no se habían observado y como consecuencia inmediata no se estaban tomando en cuenta para el desarrollo. Esto es muy importante ya que es preferible encontrarnos con este tipo de situaciones en estas etapas “tempranas” del proyecto, que descubrirlo en las etapas de desarrollo y construcción del sistema. Ya que puede conllevar a la construcción de nuevos eventos o entidades, desencadenando muchas acciones más que anteriormente no se habían contemplado, lo que conlleva al aumento de forma significativamente de los tiempos de entregas, los costos (tanto como de recursos humanos como los recursos monetarios) y en muchos de los casos puede que rompa con la estructura que se ya se tenían previamente analizada y desarrollada, y como posiblemente ya se lo está imaginando todo comienza a convertirse en un tremendo desorden, en un caos.

5. Desarrollo

5.1 Instalación y ambientación para el desarrollo

En esta etapa del proyecto se realizaron diversos procesos de instalación de todas las dependencias y herramientas, observe la Figura 3, pero antes de eso, también quiero comentar un poco acerca de la forma de trabajo de cómo se desarrolló entre las posibles máquinas (computadoras físicas) a ocupar, así como las características que tienen.

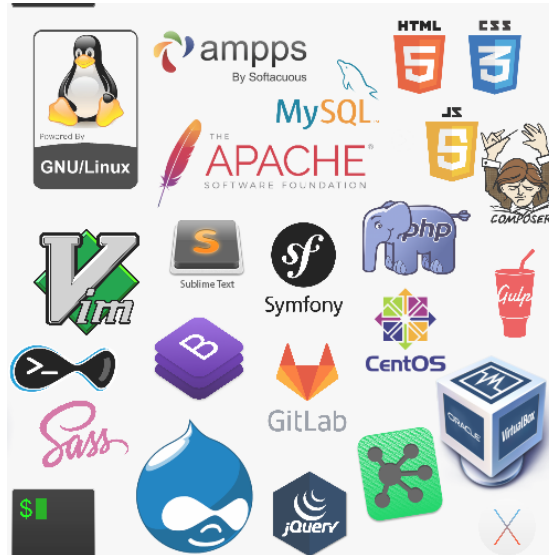


Fig. 3: Logos de herramientas y tecnologías implementadas para la resolución del Sistema de tickets para el Soporte Técnico del laboratorio de Área de Servicios de Red de la FCC BUAP.

Se utilizó una computadora personal y es aquí en donde se desarrolló la mayor parte del proyecto, dígame desde la programación y funcionalidad de código, hasta el proceso del Theming (este proceso lo explico de forma detallada más adelante), así como las modificaciones necesarias en la base de datos. lo siguiente que realizo es guardar esos cambios y enviarlos al Servidor git, así será cada vez que se realicen nuevos cambios o nuevas funcionalidades, se guardan y los envían al Servidor git, ahora, el Servidor git es el que contiene el registro de todos los cambios realizados en el proyecto, pero el servidor solo sabe de cambios o modificaciones, el nunca mostrará estos cambios de forma pública hacia el Internet porque no es su función, sólo es un lugar de almacenamiento un repositorio de cambios, ¿entonces de qué forma hacemos pública estos cambios?. Existe una tercera computadora, el Servidor web, que se encargará de mostrar el sistema de forma pública para su consulta en Internet, el proceso que se tiene que realizar para mostrar estos cambios es que desde esta tercera computadora se envíe una petición al Servidor Git para que le mande todos los cambios que tenga, el Servidor Git lo que hace es comprobar si hay cambios en el código o nuevas implementaciones y de ser así se los envía al Servidor web, observe la Figura 4.

En el sitio (Git-scm.com., 2018) se refieren a este repositorio como "servidor Git"; pero en seguida te darás cuenta de que solo se necesitan unos pocos recursos para albergar un repositorio Git, y, por tanto, no será necesario utilizar todo un servidor entero para él.

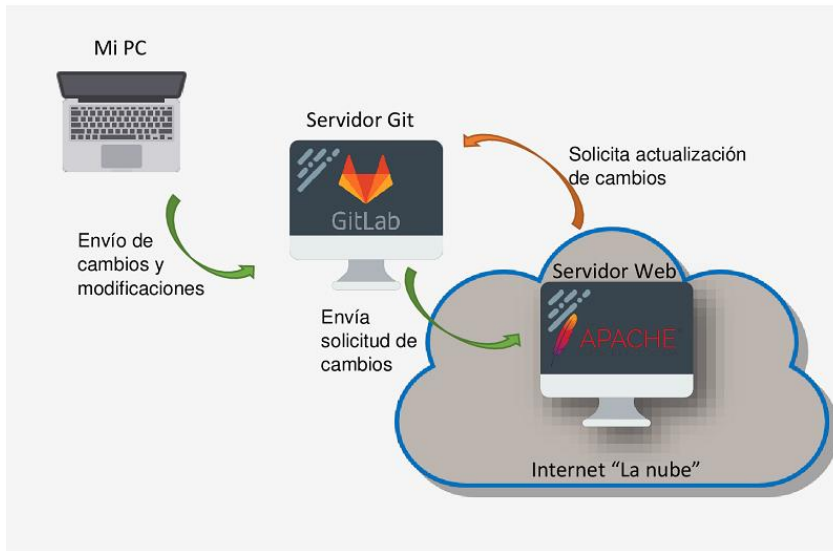


Fig. 4: Flujo de trabajo para el desarrollo del sistema de tickets.

5.2 Desarrollo Backend y Frontend

Existen diversas herramientas o tecnologías para el desarrollo web el cual tienen un propósito muy específico, es por ello que se clasifican en: Frontend y se enfoca en la interacción y usabilidad que pueda llegar a tener un usuario en todo lo que vemos mientras navega. Backend se enfoca en la funcionalidad de un sitio, es decir, la toma los datos y el cómo los procesa y los envía del servidor hacia el usuario y viceversa, además de encargarse de las consultas o peticiones a la Base de Datos, la conexión con el servidor, entre otras tareas.

Por lo que podemos decir que tenemos dos procesos de desarrollo web, vea la Figura 5, en la cual llamaremos *Site Building* y es aquí donde se utilizan ciertas tecnologías enfocadas al Backend y *Theming* al proceso donde se emplearán las tecnologías enfocadas al Frontend.

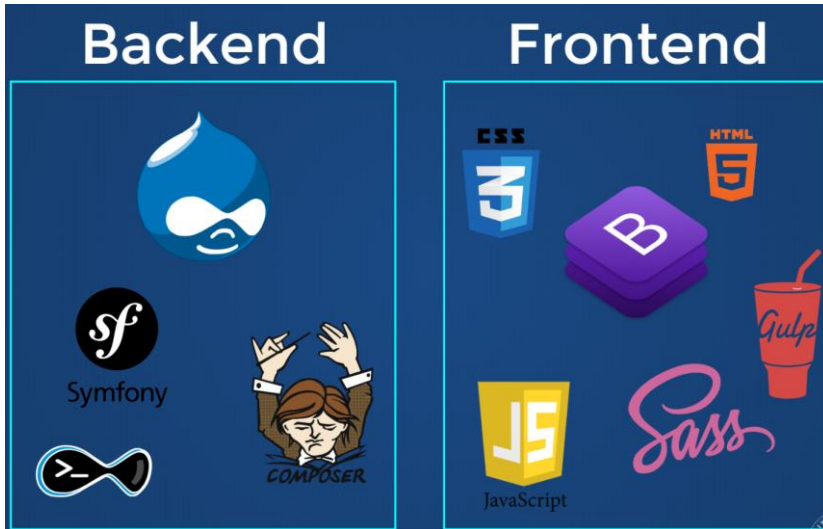


Fig. 5: Tecnologías utilizadas para los procesos de desarrollo Backend y Frontend.

5.3 Site Building

En esta etapa se requirió la mayor concentración por parte del desarrollador, para poder comprender lo que realmente se necesita según el análisis de los requerimientos, así como la estructuración de entidades, porque en caso contrario se estaría echando a perder el trabajo ya hecho, así como también se estaría estropeando la base datos en donde se está construyendo el sistema, sin mencionar que aumentarían las horas de desarrollo. El Site Building es la creación de sitios. La creación del sitio implica poner en marcha Drupal y configurar las opciones para construir un sitio funcional. Esto abarca tareas tales como la creación de tipos de contenido, campos, formularios, listas con Vistas, menús y configuración de roles y permisos, tal como lo describe (Gil Rodríguez², 2011).

La mayor parte de este proceso corresponde trabajar bajo una interfaz que nos provee Drupal y en la creación de código para funcionalidades muy específicas.

Drupal es un CMS o sistema de gestión de contenidos por sus siglas en ingles Content Manage System. Drupal (Groups.drupal.org, 2016), es software libre y está programado en PHP y es utilizado para la creación de sitios web dinámicos blog personal o profesional, un portal corporativo, una tienda virtual, una red social o comunidad virtual, etc.

PHP “Es una sigla de Pre-procesador de Hipertexto marca PHP, por sus siglas en ingles PHP: Hypertext Preprocessor (Beati, 2011). Es un lenguaje de código abierto muy popular

especialmente adecuado para el desarrollo de páginas y aplicaciones web dinámicas de forma rápida y profesionalmente.”

5.4 Theming

Este proceso consta de dar estilos al sistema por medio de las hojas de estilos en cascada por sus siglas en inglés CSS, ya que, hasta este punto, el sistema ya funciona, pero no se tiene los elementos en la posición adecuada, ni colores, ni tamaños de texto, ni las tipografías de fuentes correctas, así como los demás temas que corresponde a Diseño. Es aquí en donde utilizaremos nuestras herramientas de Gulp, Sass, Bootstrap, y Drupal Console, construiremos también una plantilla de estilos personalizada para el sistema, se trabajará de forma artesanal “Por así llamarlo” por qué no se utilizará ni se comprará algún tema ya creado por alguna persona u empresa, siendo así, como un traje a la medida. En este proceso también se desarrollaron las múltiples presentaciones para las diferentes resoluciones de pantallas para poder ver el sistema en la mayoría de los dispositivos móviles que existen en la actualidad, a este proceso también se le conoce como Responsive Design, puede ver una extensa descripción acerca de esta técnica de desarrollo en (Google Developers, 2018.). Con ello brindamos una alternativa de consulta, sin la necesidad del uso de una computadora.

Gulp.js es un build system(sistema de construcción) que permite automatizar tareas comunes de desarrollo, tales como la minificación de código JavaScript, recarga del navegador, compresión de imágenes, validación de sintaxis de código y un sin fin de tareas más. Para (FrontEnd Labs. 2018) los preprocesadores CSS, como lo es Gulp, son herramientas para los desarrolladores de sitios web, que permiten traducir un código de hojas de estilo no estándar, específico del preprocesador en cuestión, a un código CSS estándar, entendible por los navegadores.

(Alvarez, 2018) Comenzó explicando qué es Bootstrap, y menciona que es el framework para diseño de sitios y aplicaciones web, creado por Twitter y tan de moda está en este momento. Este framework permite crear sitios y aplicaciones web responsive, con un diseño espectacular, de una forma fácil y sencilla.

6. Pruebas y Resultados

6.1 Puesta en marcha en servidor

Una vez que se realizaron las implementaciones de las correcciones se procedió con la sincronización del proyecto de tickets en un hosting local con la dirección IP 172.18.100.20 que fue proporcionado por la Facultad de Ciencias de la Computación y con ello quedó de forma pública el sistema de tickets para su uso por parte de la Comunidad de la Facultad

de Ciencias de la Computación, tal como puede apreciar en la Figura 6. Es importante comentar que la dirección IP anteriormente descrita sólo funciona dentro de Ciudad Universitaria evitando posibles ataques de cualquier parte del mundo, pero el acceso para el portal del sistema se podrá realizar a través de la misma IP o por medio de la página del Área de Servicios de Red, en donde encontrarán una sección exclusivamente para el apartado de tickets con un enlace hacia el sistema de tickets. En la figura 7 apreciamos la vista de creación de ticket en la que se describe principalmente el problema para que el administrador pueda asignar la atención a personal de Servicio Social del laboratorio.



Fig. 6: Página de inicio del sistema de tickets.

Fig. 7: Página de creación de tickets del sistema de tickets.

7. Conclusiones

La evolución de las tecnologías web es muy vertiginosa, y como desarrollador es necesario actualizarse, conociendo y aprendiendo de las nuevas tendencias y herramientas que se ofrecen a través de internet, y por ello que la aportación principal de este trabajo consistió en que para la culminación del desarrollo de tickets integrando diferentes herramientas y tecnologías de software libre. Se tuvo que construir la funcionalidad en el proyecto para que los administradores del sistema puedan generar de forma fácil y ágil los reportes de incidencias para su uso estadístico.

Ahora, la Facultad cuenta ya con un sistema de tickets robusto en el que podemos consultar las peticiones ordenadas y sobre todo tener control de ellas para hacer una asignación de atención documentada, reduciendo, de esta forma, los tiempos de respuesta y solución a problemas cotidianos de la comunidad.

Lo que se busca con todos estos propósitos es el de mejorar y brindar un mejor servicio, el adquirir nuevos conocimientos y el manejo de nuevas herramientas para la culminación de este proyecto. Que es una de las razones principales por la cual el laboratorio de ASR se

preocupa, al mantener una mejora de forma continua en el servicio para la comunidad de la Facultad de Ciencias de la Computación

Referencias

1. Alvarez, M. (2018). Qué es Sass, como usar Sass. [online] DesarrolloWeb.com. Available at: <https://desarrolloweb.com/articulos/que-es-sass-usar-sass.html> [Consultado 30 May 2018].
2. Beati, H. (2011). PHP creaciones de páginas Web dinámicas. 1st ed. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino.
3. Bradac, M., Perry, D. and Votta, L. (1994). Prototyping a process monitoring experiment. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol.20 #10, pp.774-784.
4. Drupalize.Me. (2017). Build Drupal Sites. [online] Disponible en: <https://drupalize.me/guide/build-drupal-sites> [Consultado 6 Feb. 2018].
5. FrontEnd Labs. (2018). Gulp.js en español - tutorial básico y primeros pasos. [online] Available at: <https://frontendlabs.io/1669--gulp-js-en-espanol-tutorial-basico-primeros-pasos-y-ejemplos> [Consultado 30 Jun. 2018].
6. Gil Rodríguez, F. (2011). Experto en Drupal 7. 1st ed. Gran Canaria: Forcontu, p.163.
7. Gil Rodríguez, F. (2011). Experto en Drupal 7. 1st ed. Gran Canaria: Forcontu, p.185.
8. Git-scm.com. (2018). Git - Git en un servidor. [online] Available at: <https://git-scm.com/book/es/v1/Git-en-un-servidor> [Consultado 30 Jun. 2018].
9. Groups.drupal.org. (2018). ¿Qué es Drupal? ¿Para qué se usa? | Drupal Groups. [online] Disponible en: <https://groups.drupal.org/node/148379> [Consultado 16 Ene. 2018].
10. Google Developers. [online] Disponible en: <https://developers.google.com/web/fundamentals/design-and-ux/responsive/?hl=es> [Consultado 23 Ene. 2018].
11. Molina. F. y Peramato I. (2011) Enciclopedia de GNU/LINUX para usuario y administrador. Alfaomega Editorial,
12. Hanna, M. (1995). Farewell to waterfalls?. *Software Magazine*, Volume 15(Issue 5), pp.38-46.
13. Tackett J. and Burnett S. (2010) Linux Edición Especial, 4ta Edición Prentice Hall Editorial pp 114,126,138-154
14. Liu, C. and Albitz, P. (2009). DNS and BIND. 5th ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., p.29.
15. Pressman, R. (2007). Ingeniería del software. 6th ed. México: McGraw Hill Interamericana, p.24.
16. Qué es Bootstrap. [online] Programar fácil con Arduino. Available at: <https://programarfácil.com/podcast/51-que-es-bootstrap/> [Consultado 30 Jun. 2018].

Las TIC como Parte del Proceso de Inclusión Empresarial en el Sur de Bogotá – Colombia

ICT as Part of the Business Inclusion Process in the South of Bogotá – Colombia

Camilo Jose Peña Lapeira, Cliden Amanda Pereira Bolaños

Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá – Colombia.

Resumen. Las TIC juegan un papel importante en el proceso de gestión empresarial, ya que estas son un componente esencial en la consolidación de activos intangibles como parte de las capacidades dinámicas empresariales. La baja tasa de adopción de las TIC en la micro, pequeña y mediana empresa colombiana (Mipymes) ha contribuido a aumentar la brecha digital empresarial, ya que hay quienes a pesar de tener acceso a la tecnología no saben cómo usarla en beneficio de sus negocios o empresas. Este estudio parte de los principios administrativos como los de Adams, Terry, Fayol, Koontz & O'Donnell, buscando identificar los problemas que tienen relación con el uso de la tecnología en las empresas y de los recursos disponibles para que puedan convertirse en potenciales activos estratégicos, sin que estos conlleven a la pérdida de la competitividad en una economía tan globalizada que absorbe y desaparece a quienes no puedan seguir su ritmo.

Palabras clave: TIC, Inclusión empresarial, gestión tecnológica, capacidades dinámicas, activos intangibles.

1. Introducción

El desarrollo acelerado que a partir de los setenta tienen las TIC, unido a otros factores como la globalización de la economía en fenómenos vividos en los años ochenta y noventa, originó la nueva realidad económica que es la economía digital o economía de la información, la cual tiene diferencias marcadas con lo que se conoce como industria pesada. Hoy en día se reconoce la economía de la información como una economía que contribuye a nivel global de manera significativa al PIB de cada país y que a nivel empresarial representan un activo intangible sinónimo de productividad. La relación entre la productividad y las TIC ha redundado en esfuerzos por aumentar la inversión en I+D+I, tanto en el sector público como en el sector privado, contribuyendo al crecimiento económico y al aumento de oportunidades laborales [1 - 2].

La propuesta de Michael Porter difundida ampliamente como el Modelo de las Cinco Fuerzas no está en posibilidad de identificar y desarrollar capacidades organizacionales que

garanticen la obtención de ventajas competitivas sostenibles de acuerdo con la teoría neoclásica; además, los estudios empíricos como los de Walras, Jevons, Menger, Edgeworth, Pareto, entre otros y corroboradas en investigaciones prácticas en gerencia de las organizaciones, muestran que las diferencias entre firmas de la misma industria repercuten en el desempeño de utilidades dentro de dicha industria [3].

La Teoría Contemporánea de la Firma considera las organizaciones como entidades heterogéneas en su esencia y capaces de aprender [3]. Desde el punto de vista de la gestión del conocimiento, crear una empresa que aprende involucra que esta se encuentra en una búsqueda constante del conocimiento y mejora de su rendimiento, tiene la capacidad de adaptarse a las nuevas ideas y tendencias, por lo que esta debe entonces ampliar su capacidad de poder obtener los resultados que desea, para ello, deberá aumentar sus niveles de gestión, organización y evaluación [4].

Dentro de las capacidades dinámicas que se evalúan para poder formar activos intangibles en las empresas se encuentran las siguientes:

1. Organizaciones y sus empleados necesitan la capacidad de aprender rápidamente y poder así construir activos estratégicos que representen una ventaja competitiva, por lo que la capacitación constante, la actualización y la adecuada gestión del conocimiento contribuyen a fortalecer esta capacidad.
2. Nuevos activos estratégicos, como la capacidad de retroalimentación, la tecnología, el uso de las TIC y los clientes tienen que ser integrados dentro de la empresa, lo que hace importante entonces el cuidado de estos activos manejándolos como un todo y no de manera independiente. Esto hace parte de lo que son las rutinas administrativas de las empresas, como parte de lo que son las habilidades de una organización [5-6].
3. Activos estratégicos existentes se deben encontrar en un dinámico proceso de transformación y reconfiguración, lo cual involucra un dinamismo constante al interior de la organización, debido principalmente al dinamismo mismo de los mercados, la competencia y el gusto cambiante de los clientes [7].

Es así que entonces el uso y la ausencia del recurso tecnológico, las TIC y los medios de comunicación efectivos pueden marcar la diferencia competitiva de la organización, al igual que puede significar el acceso o no a nuevos mercados de las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes), tal como las que conforman el entramado empresarial del sur de la ciudad de Bogotá – Colombia, donde se caracteriza por ser empresas surgidas principalmente de un núcleo familiar según datos de la Cámara de Comercio de la ciudad [8], que encuentra en esta una opción de empleo y poder así formar un capital que les

permita a futuro poder crecer y llegar a satisfacer otros mercados diferentes a los locales, pero que por la falta de capacitación, inversión, estrategia, oportunidades, entre otras, se quedan rezagadas y condenadas a desaparecer ante la ferocidad de los mercados extranjeros y la competencia que si va al ritmo del camino que traza la tecnología.

La perspectiva de Colombia en el marco de la Sociedad de la información se fundamenta sobre la base de que la masificación del uso del internet, la apropiación de la tecnología y la creación de empleos a través de las TIC lograría reducir el desempleo y la pobreza. A ello se sumó la adecuación de la infraestructura necesaria para el desarrollo de planes como el “Vive digital Colombia”, iniciativa del gobierno nacional por medio del Ministerio de las Tecnologías de la educación y la comunicación que trajo consigo la ampliación y expansión de los canales de fibra óptica, la asignación del espectro International Mobile Telecommunications (IMT), las conexiones internacionales de Content Distribution Networks (CDN) – Data Centers, acondicionamiento de estructura en diferentes áreas rurales, ampliación de infraestructura y canales para los hogares, en especial los de menos recursos [9].

De igual manera se fueron planteando programas dirigidos al sector de los servicios, en especial la industria de las Tecnologías de la Información (TI), Business Process Outsourcing & Offshoring (BPO&O), desarrollo de aplicaciones para las Mipymes, la promoción de la industria de contenidos digitales y el teletrabajo. Lo anterior plantea nuevos retos para evitar la exclusión digital en donde la educación y la capacitación juega un papel importante, por lo que se están haciendo en la actualidad grandes esfuerzos por parte de los gobiernos de la región no solo en lo económico sino también en el diseño e implementación de políticas gubernamentales que contribuyan al proceso de conocimiento y masificación de las TIC, aunque el problema no es exclusivo de Latinoamérica si no del mundo [10].

Para [11] es importante la gestión interna en las familias que se dedican a una actividad productiva particular y que con el paso del tiempo constituyen una nueva fuerza de producción caracterizada por un capital de trabajo relativamente bajo, un uso de mano de obra menor, pero mucho más eficiente y una fragmentación de los insumos en favor de las utilidades obtenidas en el largo plazo; sin embargo, [12], [13], debe señalarse que debe trabajarse para que estas pequeñas empresas puedan llegar a ser competitivas dentro de esquemas sostenibles para poder llegar a mantener o incrementar su participación en el mercado basada en las nuevas estrategias empresariales, en un sostenido crecimiento de la productividad, en la capacidad interempresarial para participar en negociaciones con otras compañías dentro de su ambiente, en la mejora tecnológica, en los planes de implementación de las TIC y en políticas introducidas por los gobiernos nacionales y alianzas económicas regionales.

Bajo la investigación titulada “estudio de factibilidad para la creación del consultorio empresarial y contable de los programas de ciencias administrativas en las Mipymes del sur de Bogotá”, donde uno de sus objetivos era el de estudiar las estrategias de orientación al mercado implementadas por las Mipymes de dicha parte de la ciudad, se investigó sobre el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, se trató de analizar la influencias de las TIC en la gestión empresarial, partiendo de la hipótesis de que mediante el conocimiento del comportamiento de las empresas a futuro se pueden propiciar espacios de mejoramiento empresarial y organizacional como punto de partida para el proceso de desarrollo y modernización de las empresas del sector que se quiera abordar; para ello debe tenerse en cuenta que este entramado empresarial se encuentra ubicado en una de las zonas de la ciudad donde vive la gente con menores ingresos, menores oportunidades de empleo formal, menores recursos para crear y formalizar una empresa, al igual que es una de las zonas donde hay menor acompañamiento gubernamental para afrontar dicho proceso.

2. Trabajos Relacionados

La fundamentación del proyecto parte de la revisión de autores que con sus aportes a la teoría contemporánea de la firma dan caminos para la investigación en el análisis empresarial en medios con alto grado de incertidumbre e informalidad como el caso colombiano. [3], [5], [14] y [15], son el punto de partida que permiten establecer líneas de pensamiento que se complementan a experiencias prácticas de algunas facultades de ciencias empresariales en Colombia. La concepción de toda actividad organizada implica la existencia de acciones con carácter repetitivo; característica que se expresa en la esencia de las capacidades [3]. Esto debe hacerse consciente en el proceso de análisis, ya que la sobreposición entre rutina y capacidad aparece continuamente.

La concepción de las capacidades dinámicas implica considerar cada una de ellas como un proceso dinámico y complejo; de ahí que en este tercer orden se dé lugar a la ambigüedad y a la sobreposición de conceptos. Una descripción más aprehensible: la capacidad dinámica respectiva corresponde a un proceso, curva de aprendizaje condicionado por un contexto y conscientemente definido en la búsqueda de un propósito. Este autor propone estudiar las capacidades mediante el estudio de los procesos organizacionales y gerenciales, los procedimientos, sistemas y estructuras que subyacen en cada tipo de capacidad y la capacidad en sí misma [14].

El éxito de las Pymes radica en la inversión que estas hacen en el fortalecimiento de las capacidades financieras, la inversión en recursos tecnológicos actualizados, la capacitación para tener un buen equipo de marketing competitivo, la dirección y la gestión de calidad en el área de los recursos humanos junto a la inversión en innovación y TIC [16].

3. Enfoque Metodológico

El enfoque investigativo para este proyecto se puede considerar como mixto, ya que presenta algunas fases propias del análisis cualitativo y otras de tipo cuantitativo, las cuales se encuentran marcadas por una ruta definida por las características del problema formulado, objeto empírico, y el paradigma desde el que se estudia, objeto teórico [17-19].

Con base en la metodología antes propuesta, el estudio se estructura en tres fases. Fase I Investigación documental para poder establecer el estado del arte de la literatura producida en Colombia alrededor de las Capacidades Dinámicas y su relación con las TIC; Fase II Caracterización de las micro, pequeñas y medianas empresas ubicadas en las localidades de estudio aplicando muestreo no probabilístico por cuotas definidas de acuerdo a la distribución del total de empresas; Fase III Diseño del protocolo como aplicación de la teoría de las capacidades dinámicas que contenga las orientaciones metodológicas e instrumentos de investigación para el estudio de las Mipymes.

Se utilizaron datos de métodos mixtos: estadísticas gubernamentales, documentos institucionales; fuentes de archivo; observaciones; entrevistas personales; encuestas y grupos focales. Se recopilará información de diferentes partes interesadas, por ejemplo, estudiantes, profesores, administradores, funcionarios gubernamentales, opiniones de empresarios y propietarios de empresas.

La diversificación de la estructura productiva de Bogotá y sus alrededores es compleja. Concentra para 2017 un total de 380.265 empresas (29 % nacional), de las cuales el 87% son microempresas, unido a un 9% de pequeñas empresas y un 3% de medianas [8]. Este rico entramado empresarial ubica algunas aglomeraciones en la zona comprendida por las localidades del sur de la ciudad, en donde la gran mayoría de estas son el fruto del esfuerzo familiar o como resultado de la asociación comunitaria tal como se ubica geográficamente en la figura 1.



Fig. 1. Mapa ubicación de las localidades del sur de Bogotá, Fuente. Guía turística de Bogotá (2017)

La población se compone de las Mipymes de las localidades del sur de Bogotá representan el 18,8 % del total de las Pymes de la ciudad, que son aproximadamente 35.600 empresas que constituirían el total de la población [8]. Para el cálculo de tamaño de muestra cuando el universo es finito, es decir contable y la variable de tipo categórica, el tamaño de la muestra fue de 115 empresas dado los alcances del proyecto, las categorías de estratificación fueron determinadas por los diferentes sectores en que estas empresas se ubican que son 9 en total, las cuales se ven representadas porcentualmente en la figura 2.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron: Encuesta, cuestionario de caracterización, tabla de observación, entrevista semiestructurada, matriz de triangulación, matriz documental. Para el análisis de datos se utilizó MS Excel y el software PSS Statistics Grad Pack versión 2.0 Español.

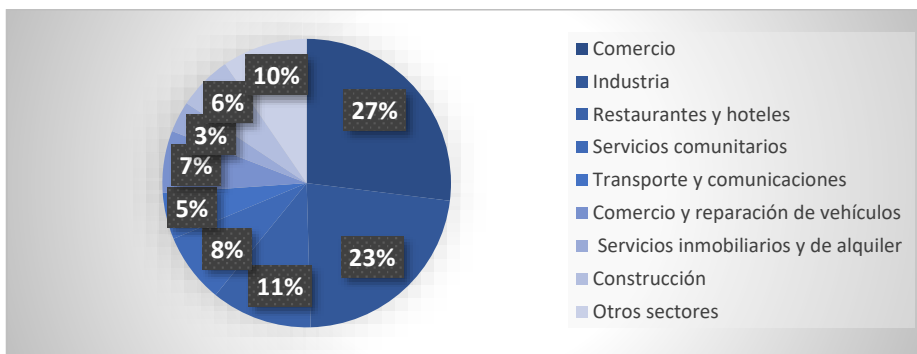


Fig. 2. Sectores de la economía donde se ubican los Mipymes del sur de Bogotá

4. Resultados

El análisis empresarial constante de las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades contribuyen a la reestructuración constante y dinamismo que se requiere hoy en día en las empresas, al indagar en las empresas sobre los principales factores que pueden afectar al negocio, se encontró que las nuevas tecnologías y las TIC ocupan el tercer lugar dentro de las preocupaciones o amenazas de las empresas con un 12,5 %, evidenciando que es un factor importante a tener en cuenta.

Tabla 1. Principales amenazas del negocio o empresa

Aspectos Considerados	%
La competencia desleal	25,60
La inseguridad	15,48
Las nuevas tecnologías y las TIC	12,50
Aumento precios de insumos y materiales de trabajo (Dólar)	11,90
La informalidad	8,93
Las grandes superficies y grandes empresas	8,33
El contrabando	7,14
Normatividad e impuestos	3,57
Confianza en el negocio	2,98
No lo hemos identificado	2,38
Otros	1,19

Como parte del proceso de construcción de activos estratégicos se indagó sobre el avance en la capacitación constante de los empleados, ya que si se quiere reforzar el proceso de consolidación de estas entonces también se debe invertir en capacitación, sin embargo, en la tabla 2 se observa que una cifra cercana al 23% de las empresas no ha incluido la capacitación dentro de sus planes mediáticos, también se aprecia que el tema de la tecnología, sistemas y TIC, pese a no ser de los primeros se mantiene entre los más importantes, teniendo en cuenta que los primeros obedecen al cumplimiento de las normas y disposiciones legales que obligan a que estas capacitaciones se hagan, limitando los recursos y espacios de capacitación por lo que solamente el 12,5 % de las empresas consideró en los últimos 12 meses tratar dicho tema, lo que por lo general representa una limitante para aquellas compañías que quieren sobresalir en el mercado dada la complejidad del entorno social donde se ubican.

Tabla 2. Capacitación a los empleados de las empresas en los últimos 12 meses ¿En qué tema?

Temas	%
No han recibido	22,92
Seguridad y salud en el trabajo	18,06
Manipulación de alimentos y sustancias	16,67
servicio al cliente y mercadeo	13,89
TIC	12,50
Electricidad	5,56
Motivación, comercio y ventas	5,56
Pedagogía y tiempo libre	2,08
Alturas y espacios confinados	2,08
Trabajo bajo presión y comunicación	0,69

El manejo de algún tipo de tecnología en las empresas también es importante ya que propicia grandes cambios en la estructura organizativa, en la manera como se gestiona la información y condiciona el trabajo de la competencia [20-22], sin embargo se encontró que una cifra cercana al 37% de estas no manejaba ningún tipo de tecnología, lo que puede ser algo impensable para estos tiempos en donde todo se mueve por medios tecnológicos, pero como gran parte de estas empresas provienen del sector manufacturero puede darse el caso que se tengan muchos limitantes tecnológicos por los costos que esto implica y las pocas ganancias que se obtienen ante la competencia de mercados emergentes. Dentro del restante 63% de las empresas, el 26% utiliza computadores con conexión a internet y algunas aplicaciones ofimáticas, en otros casos por medio de estos se realiza gestión de negocios por vía redes sociales o simplemente como estrategia publicitaria para seguir explorando mercados; el 21,09 % utiliza algún tipo de maquinaria especializada y actualizada, lo que le permite tener una mejora en innovación y manejo de producción, haciéndolos mucho más competitivos y el 16% hace uso de algún software especializado en su gestión administrativa, lo que le permite avanzar en la agilización de procesos y retroalimentación de los mismos tal como se evidencia en la figura 3.

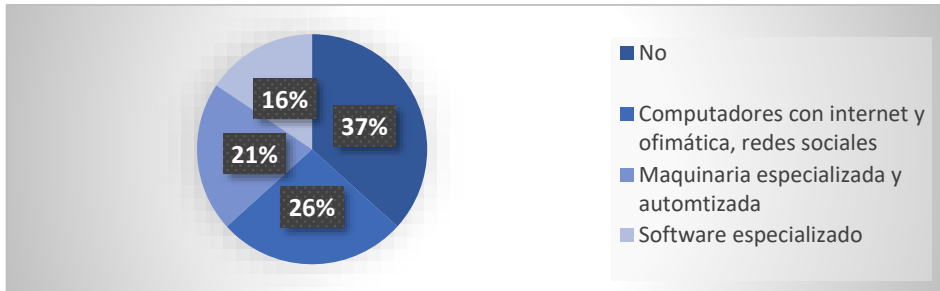


Fig. 3. Uso o implementación de cualquier tipo de tecnología en la empresa

Con la ayuda de la informática para Pymes se tienen al alcance de estas un sinnúmero de herramientas que permiten desarrollar aplicaciones sencillas tales como plantillas, macros y aplicativos que sirven para el desarrollo de casos específicos que tiene que afrontar un empresario y su equipo de trabajo [23], lo que le permitirá a la empresa reducir costos, aumentar la productividad, ser más competitivo en el mercado, incrementar la calidad y la eficiencia de los diferentes procesos empresariales. Por lo menos el 71,85% de las empresas consultadas maneja algún tipo de sistema de información, el cual puede ir desde el uso de base de datos sencillas hechas en MS Office hasta el uso de aplicativos contables, financieros, inventarios y comercial, lo que es un claro índice del uso de la informática empresarial.

En el análisis de la organización se identifican los recursos en relación a su decisivo aporte para hacer sostenible la ventaja competitiva; que en este aspecto permite a la organización mantenerse en el mercado y disfrutar de una posición preponderante. ¿Qué características buscamos en los recursos para darles este posicionamiento? Deben generar valor, ser raros, inimitables y no sustituibles [14]. En estos tiempos la información es un recurso invaluable, quienes la tienen buscan la manera de gestionarla de la manera más eficiente, por lo que el trato con los clientes y el almacenamiento de sus datos de contacto en bases de datos merece un especial cuidado y tratamiento tal como puede ser su protección, su gestión efectiva y su enriquecimiento constante. Se encontró que el 28% de las empresas no poseía ningún tipo de sistema que le permitiera hacer gestión efectiva de la información, las demás tenían algún tipo de implementación en bases de datos o hacían gestión de la información por medio del uso de software contable, financiero y administrativo, de control de inventarios, comercial, ventas y comunicaciones, tal como se evidencia en la figura 4.

Al consultar sobre si la empresa tenía alguna base de datos de clientes o si se comunicaba con ellos usando algún tipo de medio tecnológico, el 63% de estas afirmaron que si la tenían, aunque en la mayoría de dichos casos el manejo de estas no se hace de manera

adecuada ya que no se dispone de elementos o software especializado para su cuidado y protección por los costos que ello involucra.

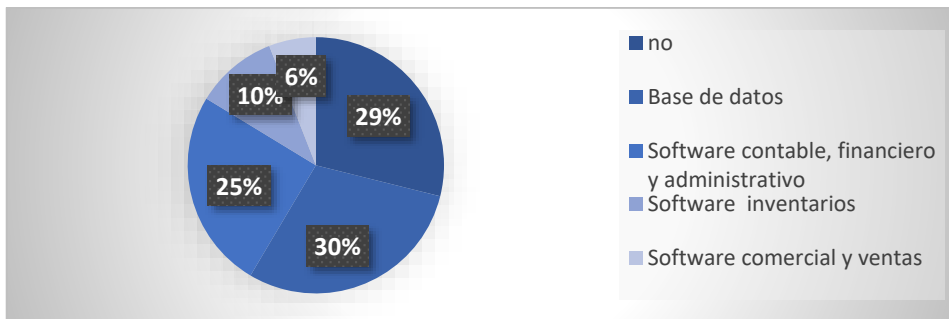


Fig. 4. Uso en la empresa de algún sistema de gestión de la información

5. Discusión

Las nuevas tecnologías y las nuevas formas de comunicación constituyen una fuente de información con un potencial muy grande en la creación y desarrollo del modelo de negocio, por lo que es muy importante que la empresa maneje tecnologías y sistemas de información, en especial aquellos negocios que se desarrollan en línea aprovechando las ventajas de la web; opciones de negocio como el teletrabajo, comercio electrónico, desarrollo de Apps, vídeo mapping, prototipos de robótica, domótica y urbótica¹, han abierto una puerta hacia nuevos mercados, sin embargo las limitaciones tecnológicas también limitan el futuro de la empresa.

El uso de tecnologías y sistemas de información en las empresas favorecen los procesos de comunicación y mercadeo, sirven como apoyo al mejoramiento de procesos al interior de las organizaciones, mejoran la eficiencia y la calidad, contribuyen al aumento de la globalización del mercado, facilitan el diagnóstico, análisis y proyección del negocio, incrementan la visibilidad en redes sociales, facilitan la administración de recursos físicos y financieros, mejoran las relaciones con los clientes, facilitan la toma de decisiones en pro del aumento de la productividad, que en síntesis conducen a la generación de nuevas oportunidades de negocio, coincidiendo con lo que afirman otros autores [24-26].

¹ Conjunto de servicios e instalaciones de ámbito público que se encuentran automatizadas para mejorar en la ciudad y servicios públicos la seguridad, el bienestar, las comunicaciones y la gestión energética.

Para [27] “la filosofía de las empresas con las mejores prácticas requiere que las organizaciones aprendan y respondan rápidamente a los cambios en el mercado y que racionalicen las operaciones, con el fin de facilitar modificaciones de flujos de trabajo al instante” (p. 71), lo que pone una especial presión en las empresas por automatizar todos sus procesos y ser un poco más eficientes con respecto al uso de la tecnología, el desarrollo de aplicaciones automatizadas que puedan ser configurables y parametrizadas, al igual que adaptables a las necesidades; esto demanda entonces el diseño de una Arquitectura Resistente para la Tecnología Informática (ARTI).

Un aspecto importante que ha impedido que las empresas puedan afrontar los nuevos mercados, hacer negocios en otros países y ser más competitivos a nivel internacional es la certificación de sus procesos, servicios o productos en una norma técnica ya sea de tipo nacional o internacional; si bien es cierto que esto no le impide crecer y competir en el mercado local, cuando se quiere expandir el negocio al ámbito internacional si es un limitante, lo que hace que a su vez signifique una desventaja competitiva [28]. Cuando se implementan en las Pymes estos sistemas de gestión, se busca ser un poco más eficientes con el manejo de recursos físicos y material de trabajo, mejoramiento de la planeación, administración, organización, así como tener un control eficiente sobre el uso de los recursos tecnológicos y humanos.

Los principales obstáculos de las PYMES para su desarrollo en Colombia, según [20], son: las restricciones al crédito, las dificultades en la identificación y acceso a la tecnología adecuada, la formalización y absorción de nuevas tecnologías, las limitaciones técnicas y competitivas que imponen las escalas de producción, la deficiente infraestructura física, la falta de asociatividad empresarial, la carencia de directivos con capacidad gerencial y pensamiento estratégico y la dificultad de cimentar la articulación del sector con la gran empresa y con los sistemas de compras estatales. En la competitividad a nivel de empresa influyen muchos factores, entre otros los siguientes: un entorno macroeconómico estable; un sistema financiero sólido; la habilidad para usar, adaptar y crear nuevas tecnologías; la habilidad para atraer, formar y retener capital humano [29 - 30].

6. Conclusiones

En el ámbito empresarial la evaluación de las capacidades dinámicas cada vez toma mayor fuerza y valor, debido a que permite el estudio a profundidad de las organizaciones, permite medir el verdadero potencial de la empresa para competir en el mercado, al igual que evaluar su capacidad técnica y su capacidad de aprender ante los diferentes retos que le impone el mundo moderno empresarial y la globalización. Se debe primero establecer un plan de desarrollo operativo y gerencial, partiendo de la disposición de la misma organización, los recursos como el personal y lo principal que es la información. La

organización debe tener la disposición también de aprender a hacer, aprender a gestionar su información y a darle el valor que está realmente tiene.

La realidad encontrada en las Mipymes que se ubican en la zona sur de Bogotá nos indica que hay que trabajar por mejorar los siguientes puntos:

- Incorporación efectiva de las TIC, dándole la importancia que el negocio hoy exige en su tratamiento.
- Planes de marketing actualizados que involucren el uso de nuevas tecnologías y redes sociales para poder hacer más visible el negocio, para ello debe ser incluido en la planeación estratégica fijando metas concretas en el corto, mediano y largo plazo.
- Mejora del soporte tecnológico, infraestructura técnica, herramientas de gestión, que faciliten el mejoramiento de los procesos desde la parte administrativa y financiera.
- Personal capacitado, invertir en planes de capacitación es contribuir a formar activos estratégicos para la compañía, sobre todo en el manejo de nuevas tecnologías.
- Estudio del mercado y la competencia, especialmente en aquellos aspectos que están marcando la diferencia, que permita a futuro incursionar en diferentes mercados y medios tecnológicos innovadores.
- Formalización de las que aún están en la informalidad, como una oportunidad de acceder a planes de apoyo estatal para la mejora tecnológica y la innovación.

Por parte del estado y de entidades gubernamentales de apoyo a las micro, pequeñas y medianas empresas, se debe trabajar por.

- Mejoramiento en planes de capacitaciones y asesorías permanentes para quienes quiera iniciar su negocio de manera legal para la adopción de nuevas tecnologías y poder lograr su masificación definitiva.
- Planes para superar la barrera del financiamiento mejorando dichas fuentes de apoyo, en especial promoviendo aquellas que hacen referencia a inversión en actualización tecnológica, incorporación de TIC y nuevos desarrollos tecnológicos como parte de los procesos de innovación.
- Promover la competitividad y la legalización regulando de manera eficiente los mercados
- Brindar oportunidades a los empresarios que se ubican en zonas como la de estudio que está bastante descuidada debido a que son personas con escasos recursos que se mueven más en el mundo de la informalidad

- Facilitar por parte del estado y entidades gubernamentales del ámbito local la posibilidad de implementación de un SGC que permita abrir las puertas a otros mercados

Pese a que los datos recopilados y los documentos analizados muestran un panorama dramático en esta parte de Colombia para la época en que estamos, pues los avances tecnológicos están a la orden del día, con sistemas cada vez más rápidos, confiables, eficientes y personalizados a los deseos de los usuarios, pero cuya utilidad no la ve aún una alta proporción de empresarios colombianos, en parte por el costo de adquisición o la falta de aplicaciones adaptadas a las necesidades de su entorno empresarial [31] y por otra parte, falta de liderazgo, orientación, capacitación y visión sobre lo que puede significar la adopción de nuevas tecnologías y las TIC en la empresa.

La adopción de un modelo estratégico definido por parte de la organización ayuda a cumplir las metas y objetivos trazados por parte de quien la concibió o la dirige, sin embargo, es necesario que se complemente el proceso con seguimiento y evaluaciones periódicas junto a un plan de desarrollo empresarial, el cual debe incluir procesos de actualización tecnológica, capacitación a personal y análisis de la competencia. En el mundo empresarial la pauta la marcan siempre no solo los que están a la vanguardia si no las tecnologías que estos utilizan y desarrollan, en la medida en que estos la prueben y la pongan en conocimiento de los demás, pues avanzará así mismo la sociedad del conocimiento y el sector.

Referencias

1. Salvat, G., & Serrano, V.: La revolución digital y la sociedad de la información. Zamora, Comunicación Social Ediciones (2011).
2. Díaz, F. J. G., Gavilán, D. A., & Sánchez, J. G.: Importancia y evolución del mercado de las TIC: su impacto en la sociedad. *Economía industrial*, (337), 157-168 (2001).
<http://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/337/12.pdf>
3. Dávila, L.: Capacidades dinámicas un acercamiento a las teorías contemporáneas de la firma. (Vol. Monografías de Administración). Bogotá D.C.: Universidad de los Andes, Facultad de Administración (2009).
4. Drucker, P.: *Harvard Business Review: Gestión del conocimiento*. Ediciones Deusto. Bilbao (2003).
5. Teece, D. J.: Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic management journal*, 28(13), 1319-1350 (2007). Doi: <https://doi.org/10.1002/smj.640>

6. Nelson, R. W.: An evolutionary theory of economic change. Cambridge, M.A.: The Belknap of Harvard University Press (1982).
7. Barreto, I.: Dynamic capabilities: A review of past research and an agenda for the future. *Journal of management*, 36(1), 256-280 (2010). <https://doi.org/10.1177/0149206309350776>
8. C.D.C. de Bogotá, (2017). Balance de la Economía de la región Bogotá-Cundinamarca. From: <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/18795>
9. Sarria, J.: ¿Sociedad de la información?: miradas sobre la apropiación social de las tecnologías. Universidad Autónoma de Occidente (2014).
10. Lapeira, C. P.: Las nuevas tecnologías de aprendizaje y su participación en la exclusión social. *Cooperativismo & Desarrollo*, 23(107) (2016). DOI: <https://doi.org/10.16925/co.v23i107.1254>
11. Hirsch, J.: Familleet enterprise en histoire. En: *Dictionnairehistorique de l'économie-droitXVIIIe – XXesiècles. Droit et Societe* 17. L.G.D.J. Paris (2007).
12. Solleiro, J.: Competitiveness and innovationsystems: ThechallengesforMéxico'sinsertion in the global contex, Artículo electrónico Planificación estratégica y niveles de competitividad de las Mipymes del sector comercio en Bogotá (2005). Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592314001600>
13. Lozano, A.X.C. El impacto de la tecnología en el ámbito social y en la desigualdad (The Impact of Technology in the Social Sphere and Inequality). *Inclusión & Desarrollo*, 2(2), 16-20 (2015). DOI: <http://dx.doi.org/10.26620/uniminuto.inclusion.2.2.2015.16-20>
14. Wang, C. L.: Dynamic capabilities: A review and research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 9. Blackwell Publishing Ltd. (2007). <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00201.x>
15. Helfat, C. &. (7 de 2009). *Understanding dynamic capabilities: progress along a developmental path*. Strategic Organization. Los Angeles: Sage Publications.
16. Sánchez, A. A., & Bañón, A. R. Factores explicativos del éxito competitivo: el caso de las pymes del estado de Veracruz. *Contaduría y administración*, (216) (2005) .From: <http://www.cya.unam.mx/index.php/cya/article/view/568>
17. Creswell, J. W., Klassen, A. C., Plano Clark, V. L., & Smith, K. C. (2011). *Best practices for mixed methods research in the health sciences*. Bethesda (Maryland): National Institutes of Health, 2013, 541-545. http://www2.jabsom.hawaii.edu/native/docs/tsudocs/Best_Practices_for_Mixed_Methods_Research_Aug2011.pdf
18. Arias, F. G. *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 5ta*. Fidia G. Arias Odón (2012).
19. Brannen, J. (Ed.). *Mixing methods: Qualitative and quantitative research*. Routledge (2017).
20. Saavedra García, M. L., & Tapia Sánchez, B. El uso de las tecnologías de información y comunicación TIC en las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyME) industriales mexicanas. *Enl@ ce: Revista Venezolana de Información, tecnología y conocimiento*, 10(1) (2013). From: <http://www.redalyc.org/html/823/82326270007/>
21. Johnston, M. W., & Marshall, G. W. *Sales force management: Leadership, innovation, technology*. Routledge (2016).

22. Porter, M. E., & Millar, V. E. How information gives you competitive advantage (1985).
23. Paredes, P. Informática para Pymes. Aplicaciones para aumentar su productividad. Editorial Macro. 351(1). 2-11 (2021).
24. Stadtler H. Supply Chain Management: An Overview. In: Stadtler H., Kilger C., Meyr H. (eds) Supply Chain Management and Advanced Planning. Springer Texts in Business and Economics. Springer, Berlin, Heidelberg (2015). From: https://doi.org/10.1007/978-3-642-55309-7_1
25. de Pablos Heredero, C., Agius, J. J. L. H., Romero, S. M. R., & Salgado, S. M. Organización y transformación de los sistemas de información en la empresa. Esic Editorial. (2012).
26. Riascos Erazo, S. C., & Aguilera Castro, A. Herramientas TIC como apoyo a la gestión del talento humano. *Cuadernos de administración*, 27(46) (2011). From: <http://www.redalyc.org/html/2250/225022711011/>
27. Kerr, J. M. Las mejores prácticas para empresas exitosas. Editorial Panamericana, 71 – 78 (2009).
28. Acosta Prado, Julio César, Longo-Somoza, Mónica, & Fischer, André Luiz. Capacidades dinámicas y gestión del conocimiento en nuevas empresas de base tecnológica. *Cuadernos de Administración*, 26(47), 35-62 (2013). Retrieved June 3, (2018), from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35922013000200003&lng=en&tlng=.
29. Nabi, I., & Luthria, M. (Eds.). *Building competitive firms: incentives and capabilities*. World Bank Publications. (2002).
30. Favaro Villegas, D. Enfoques de la teoría de la firma y su vinculación con el cambio tecnológico y la innovación. *Revista Cultura Económica*, 31(85) (2013). From: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5089778.pdf>
31. Ruiz, C. A. O.: Inclusión de las TIC en la empresa colombiana. *Suma de Negocios*, 5(10), 29-33 (2014). [https://doi.org/10.1016/S2215-910X\(14\)70006-0](https://doi.org/10.1016/S2215-910X(14)70006-0)

Implementación de una Red LIN para la Interconexión de Sensores y Actuadores Inteligentes con Tecnología ARM

Marcelino Luis Guadalupe, Nicolas Quiroz Hernandez, Christian Alexander Flores Martinez, Roberto Carlos Ambrosio Lazaro, Ana Maria Rodriguez Dominguez, Carlos Garcia Lucero⁴

^{1,2,3} Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,

Av. San Claudio y 18 Sur Edif. FCE1, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria, Puebla Pue. CP 72570

⁴Intesc Electronics

Av. San Ignacio No. 1834-L3, Puebla, Pue. CP 72570

¹marcelino.luis@alumno.buap.mx,

²{nicolas.quirozh, roberto.ambrosio, anamaria.rodriguez}@correo.buap.mx

³crisbmalex@hotmail.com

Resumen. LIN es un sistema de comunicación serial de bajo costo para su uso en redes automotrices. Comúnmente se encuentra como sub-bus en las redes CAN, *Controller Area Network*. Actualmente, es implementada en los sistemas automotrices para la interconexión de sensores y actuadores inteligentes. Este documento describe la implementación de una red LIN independiente. Debido a que existe información limitada a cerca de este bus de comunicación en las redes intravehiculares, se propone la implementación de una red LIN con tecnología ARM. En este documento, se presentan los desarrollos de hardware y software realizados para la implementación de la red.

Palabras Clave: ARM, Red, Sensor, LIN bus, Comunicación.

1. Introducción

La velocidad a la que avanza la tecnología provoca que la cantidad de sistemas electrónicos en uso aumente cada vez más. Este crecimiento también está presente en la industria automotriz [1]. En las últimas tres décadas, el número de sensores y actuadores, así como ECUs, *Electronic Control Units* ha ido en aumento. Esto significa que la complejidad del sistema general de un vehículo está en aumento [2] [3].

La necesidad de intercomunicación entre los nuevos dispositivos llevo al desarrollo de buses de comunicación serial dentro de los vehículos.

El bus LIN, *Local Interconnect Network* es uno de los buses diseñados específicamente para establecer comunicación entre sensores inteligentes, actuadores inteligentes y unidades de control.

La Red Local de Interconexión *LIN* es un protocolo de comunicación serial de bajo costo. Actualmente, es implementado en la mayoría de los vehículos automotrices [4].

El bus LIN es adecuado para tasas de transmisión de datos de hasta 20 kBit/s, clasificado como un bus de Clase A en función a su velocidad de transmisión [1].

Este bus utiliza una estructura maestro-esclavo y tiene un menor costo de implementación en comparación con otros buses de comunicación (Figura 1). En un bus LIN la comunicación es establecida de manera síncrona y el maestro es el encargado de definir el acceso al medio [5].

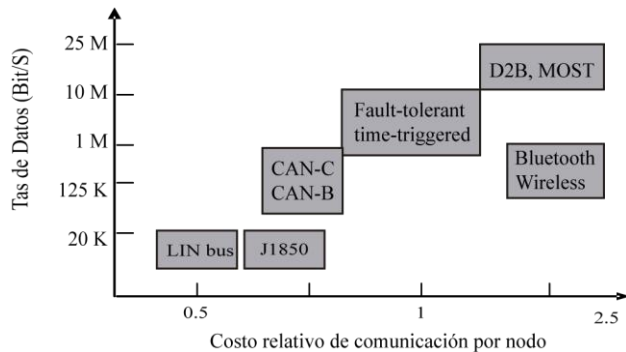


Fig. 1. Velocidad de transmisión en relación con el costo de los diferentes protocolos utilizados en los vehículos.

Típicamente, el bus LIN es usado para interconectar sensores y actuadores en distintas áreas de un vehículo, aplicaciones en las cuales el bus CAN no es esencial [4]. Por ejemplo:

- Módulos de control de puertas
- Control de limpiaparabrisas
- Control del A/C
- Monitoreo de puertas y cierre centralizado
- Entre otros

La Figura 2 muestra un ejemplo de la implementación una red LIN en un vehículo. Se ilustra la comunicación entre sensores y actuadores a través del bus además de una unidad de control que forma parte de la red. La implementación de una unidad de control es

utilizada para el control de sensores simples, es decir sensores que no cuentan con una interfaz de comunican propia.

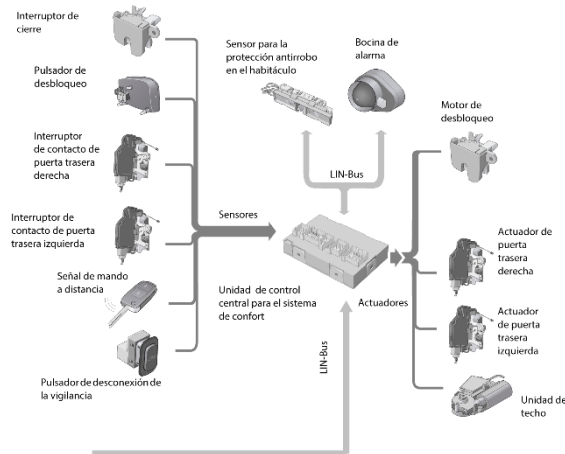


Fig. 2. Ejemplo de una red LIN el área de confort de un vehículo.

1.1 Protocolo LIN

En el bus LIN toda la información es encapsulada en una trama para su transmisión. La trama LIN está compuesta por dos segmentos: el encabezado y la respuesta (Figura 3). Cuando una conversación es iniciada, el nodo maestro realiza la transmisión de una trama de encabezado, en esta trama se incluyen una pausa de sincronización, un byte de sincronización y un identificador. Por su parte, un nodo esclavo complementa la trama con una respuesta que dependerá de la solicitud enviada en el encabezado [6]. La trama de respuesta contiene la información transmitida por el nodo, se incluyen hasta ocho bytes de datos y un checksum

Trama LIN											
Encabezado			Respuesta								
Pausa Sinc.	Sinc.	ID.	Dato 0	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Dato 5	Dato 6	Dato 7	Check sum

Fig. 3. Estructura de una trama LIN donde se ilustra el encabezado enviado por el nodo maestro y la respuesta del nodo esclavo.

El Encabezado o *Header* está compuesto por tres partes

- Pausa de Sincronización: En este segmento se marca el inicio de la trama y está comprendido de al menos 13 niveles dominantes consecutivos.
- Campo de Sincronización: Está formado por la cadena 01010101 (0x55), con esta cadena los esclavos son capaces de ajustarse a sí mismos a la base de tiempo del maestro.
- Campo de Identificación: En este campo se incluye el identificador, este está conformado por 8 bits, seis bits de identificador y dos bits de paridad. El conjunto de estos dos subcampos se denomina *Protected ID PID*.

Es importante destacar que la paridad es calculada a partir de los primeros seis bits de este campo. A continuación, se describen las ecuaciones booleanas para el cálculo de paridad:

$$P0 = ID0 \oplus ID1 \oplus ID2 \oplus ID4 \quad (1)$$

$$P1 =!(ID1 \oplus ID3 \oplus ID4 \oplus ID5) \quad (2)$$

Por otra parte, la Respuesta del esclavo se compone de dos partes

- Campo de datos: En este campo pueden ser transmitidos de uno a ocho bytes de datos.
- Checksum: En el último campo, se contiene la suma invertida de ocho bits con carry de todos los bytes de datos y en el caso de la versión 2.X la suma de los bytes de datos y el PID [7].

•

2. Implementación de Hardware

Se sabe que a nivel de capa física el bus LIN es implementado a través de una línea de un solo hilo y únicamente puede tener dos valores lógicos [6].

- El nivel dominante, que corresponde a un valor de tensión próximo a 0V y representa un 0 lógico.
- El nivel recesivo, que corresponde al valor de la batería y corresponde a un 1 lógico.

La tasa de datos en este bus está limitado a 20 kBit/s, sin embargo, las tasas estándar son 2400 Bit/s, 9600 Bit/s y 19200 Bit/s. El máximo número de nodos no se define en la especificación LIN, teóricamente este definido por el número de identificadores, no obstante, en la práctica el número de miembros está restringido a 16 por la capacidad del bus [1].

Para el desarrollo de cada nodo se contempla un microcontrolador y un transceptor para el acoplamiento de niveles de voltaje, únicamente. La figura 4 ilustra la estructura básica de los nodos en una red [6].

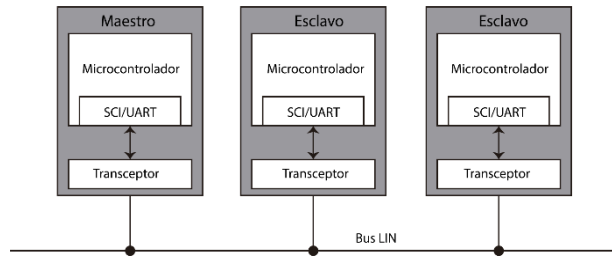


Fig. 4. Estructura de una red LIN conformada por dos nodos esclavos y un nodo maestro interconectados a través del bus.

Debido a que existe información limitada en relación a la implementación de una red LIN, se propone el uso de tecnología ARM para el diseño de un nodo LIN con funciones de unidad de control.

Para el sistema propuesto se consideró usar microcontroladores de 32 bits con arquitectura ARM. Específicamente fueron consideradas las tarjetas de desarrollo Nucleo-F767ZI de STMicroelectronics. La tarjeta de desarrollo cuenta con un microcontrolador Cortex-M7 de la familia STM32, además cuenta con una frecuencia de operación máxima de 216 MHz, 2 MB de memoria Flash, 512 KB de SRAM, 144 terminales de propósito general GPIOs, ocho interfaces UART/USART, sobre la cual está basada la implementación del bus LIN, entre otras características acordes a la familia M7. Asimismo, la tarjeta cuenta con soporte en distintos entornos de desarrollo de alto nivel [8].

Una de las ventajas del uso de microcontroladores ARM Cortex es CMSIS, *Cortex Microcontroller Software Interface Standard*, el cual es un estándar que facilita la interfaz entre periféricos embebidos, sistemas operativos de tiempo real y componentes externos. CMSIS genera una capa de software que separa al programador del hardware, permitiendo programar en un nivel superior y con una interfaz unificada para todos los Cortex independientemente de su fabricante lo que aporta portabilidad [9].

El bus LIN opera con niveles entre 9 V y 18 V. Típicamente, los valores proporcionados por las terminales del microcontrolador son ajustados por un transceptor. Esto permite que el microcontrolador opere con niveles de 3 V o 5 V, mientras que el bus opera a niveles superiores [10].

Para la implementación de esta red fue seleccionado el transceptor TJA1020 de NXP. El TJA1020 es un transceptor de bajo consumo para uso automotriz e industrial, que soporta la señalización descrita en la especificación LIN para buses de Clase- A (Baja tasa de transferencia de datos) [6].

El transceptor seleccionado cuenta con cuatro modos de operación: Normal Slope, Low Slope, Standby y Sleep. Lo anterior se describe con más detalle en el siguiente diagrama de estados que ilustra cada uno de los modos de operación [11].

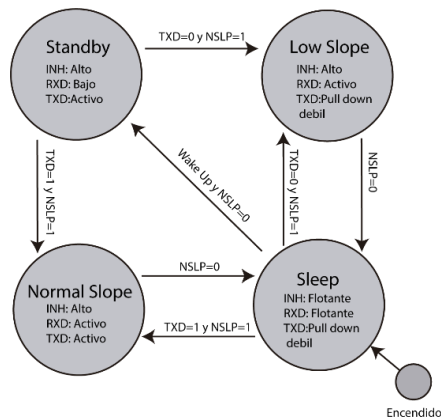


Fig. 5. Diagrama de estados de la red LIN con el transceptor TJA1020.

2.1 Hardware Desarrollado

En base a la Figura 4, el control principal es realizado por un microcontrolador a través de una SCI *Serial Communication Interface*, que es interconectada un transceptor LIN. La figura 6 muestra el diagrama de conexiones de un nodo LIN implementado.

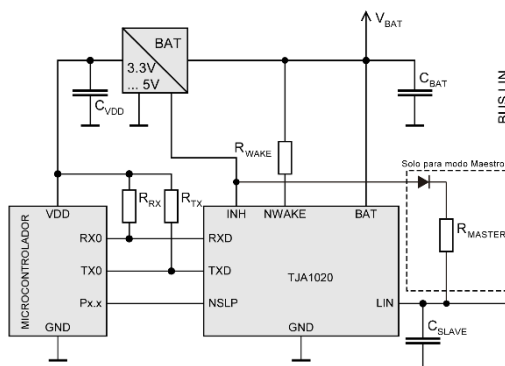


Fig. 6. Diagrama de interconexión del microcontrolador y el transceptor [12].

Para el uso del transceptor TJA1020 se realizó el diseño de una tarjeta de circuito impreso que facilita la mayoría de las conexiones ilustradas. El desarrollo se ilustra en la siguiente figura.

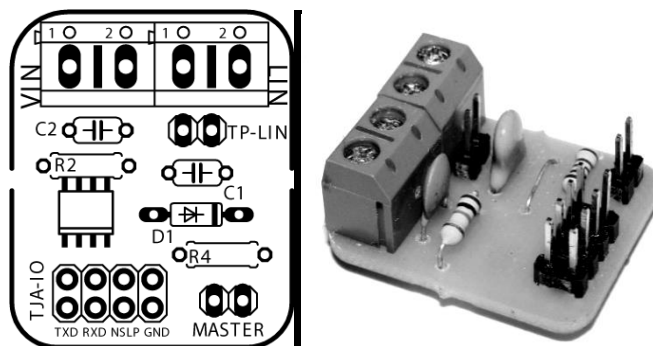


Fig. 7. PCB diseñada para el transceptor TJA1020.

3. Software del Sistema

El software propuesto para la implementación de la red LIN se basa en máquinas de estado, tanto para maestro como esclavos, el software es un diseño propio basado en la especificación LIN. El desarrollo se realizó en el entorno μ Vision V5.24.2.0 en C++ basado en el estándar CMSIS y la biblioteca HAL.

3.1 Funcionamiento del Nodo Maestro

La tarea principal de un nodo maestro es controlar el acceso al medio, esto se realiza a través del envío de tramas de encabezado a través de la red. Al ser el nodo maestro el único que puede iniciar una comunicación, su tarea principal es generar dicha trama.

El programa principal comienza con la inicialización del UART definido para la comunicación LIN, el UART1.

Así mismo es declarada la función void UART1_LINTx (unit8_t id, unit8_t len, unit8_t *datos) con los argumentos necesarios para la transmisión de una trama de encabezado. La función unit8_t calculoChecksum (unit8_t numDatos, unit8_t *mensaje, unit8_t PID) es declarada para verificar la trama de respuesta de un nodo esclavo por medio del checksum.

La operación del nodo maestro de la red LIN implementada se describe en el siguiente diagrama de flujo.

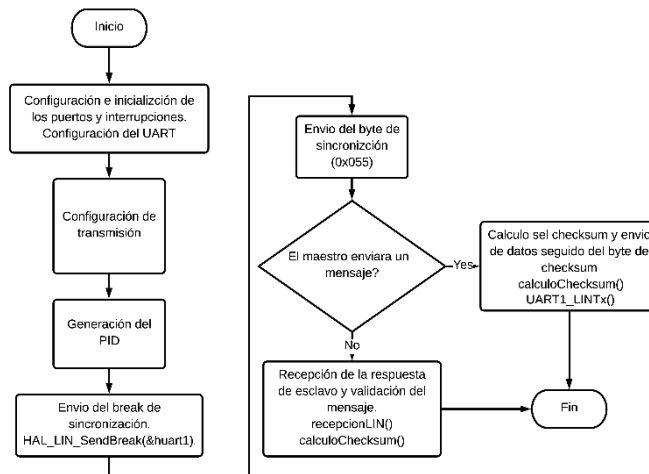


Fig. 8. Algoritmo del nodo maestro.

Posterior a la configuración inicial del microcontrolador, es generada el ID protegido de la trama LIN, en base a lo descrito en la sección 1.1.

Para iniciar la transmisión de una trama se inicia con el envío de una pausa de sincronización. El envío de la pausa de sincronización se realiza desde la siguiente línea: HAL_LIN_SendBreak(&huart1). El envío del SYNC BREAK es seguido por el byte 0x55 o byte de sincronización. Al tratarse de una trama de diagnóstico desde el nodo maestro, la

trama de encabezado y de respuesta debe ser enviada, en cuyo caso debe ser generado el byte de checksum de la trama. Si no es el caso, el nodo maestro entra en modo de espera de una respuesta desde el bus, por parte de uno o varios esclavos. La función `repcionLIN()` es la encargada de obtener cualquier respuesta procedente de los esclavos. Al ser recibida una trama de respuesta, es tarea del nodo maestro, verificar la integridad de la información mediante la función `calculoChecksum()`, que ejecuta las operaciones descritas en la especificación LIN para el cálculo del checksum clásico o mejorado según la versión de LIN implementada. Para este caso particular se emplea el checksum mejorado de la versión 2.X.

3.2 Funcionamiento del Nodo Esclavo.

En el nodo esclavo una de las funciones principales es detectar la interrupción externa para iniciar la recepción de datos.

El programa principal inicia configuración de puertos e interrupciones, seguido de n la declaración de funciones muy similares a las del nodo maestro entre ellas están las funciones: `void UART_LINTx()` y `repcionLIN()`.

El modo de operación de un nodo esclavo se describe con el siguiente diagrama de flujo

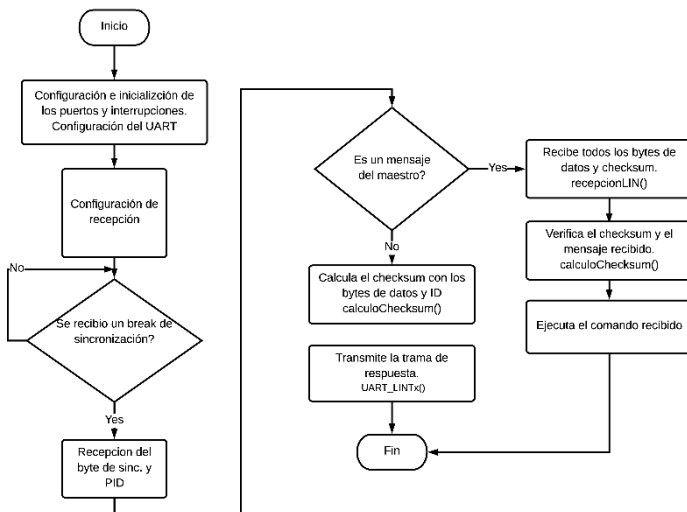


Fig. 9. Algoritmo del funcionamiento de un nodo esclavo.

Un nodo LIN se encuentra siempre en un modo de espera, a la expectativa de ser despertado o iniciado con un break de sincronización. El break de sincronización debe tener una longitud de al menos 10 bits. Posterior al break, se realiza la recepción del encabezado, si la trama contiene un mensaje del maestro, el esclavo debe recibir los bytes de datos y el checksum del mensaje. El mensaje debe ser validado y posteriormente procesado (nodo actuador). Si el esclavo solo es direccionado con un encabezado, el nodo debe generar una trama de respuesta en función de la información que contenga (nodo sensor). Al finalizar la comunicación con el maestro si transcurre un periodo de tiempo definido el esclavo debe pasar al modo Sleep y permanecer atento a un break o wake up por el bus LIN.

4. Resultados

Para validar el funcionamiento del sistema implementado, se programó una trama LIN con un mensaje para el control de actuadores a través de una unidad de control. Se realizó la implementación del uso de actuadores simples conectados a la tarjeta de desarrollo, la cual fungirá como unidad de control para este caso particular debido a la gran cantidad de puertos de entrada/salida que posee.

El mensaje generado por el maestro se ilustra en la figura 10 y muestra la transmisión con ocho campos de datos, donde cinco de ellos contienen información de control seguidos por el byte de checksum calculado para los datos transmitidos y el ID.

La transferencia de información fue validada con el osciloscopio Tektronix MDO4034C, haciendo uso del analizador de protocolos incorporado para la medición directa en el bus. También, se analizó la trama haciendo uso del analizador lógico Saleae Logic Pro-8 en conjunto con el software Saleae Logic 1.2.18, para los valores entre 0 V y 5 V. La captura permite observar cada uno de los segmentos que conforman la trama. La trama utiliza el identificador 42 y tiene una paridad 0x01, en el campo de datos de la respuesta del esclavo se encuentran los valores 0x63, 0x69, 0x6E, 0x63 y 0x6F que representan el mensaje hacia la unidad de control o esclavo. Los tres últimos campos se definen como 0x00 ya que no contienen información y finalmente se observa el checksum con un valor de 0x87.

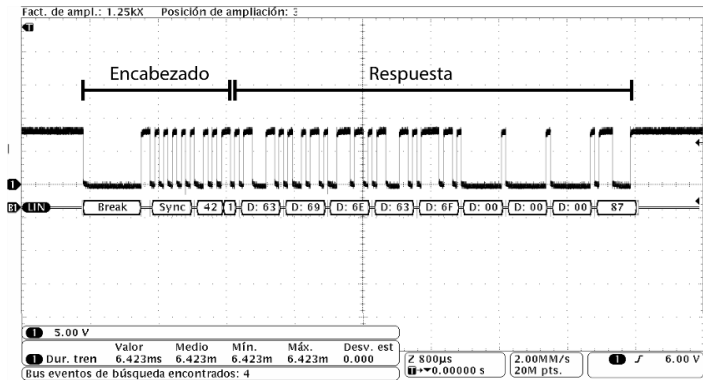


Fig. 10. Trama generada por el nodo maestro en la red LIN.

En comparación con el análisis realizado sobre los mensajes existentes en el área de confort de un vehículo Jetta A6 Híbrido, los resultados son muy similares exceptuando la información de la trama. Durante el análisis se observó que la mayoría del tráfico de datos se debe al monitoreo de sensores que pertenecen al área de confort, también se observó que la velocidad utilizada en esa red en particular es 19200 kBit/s aun cuando existen velocidades estándar más bajas y el promedio de valores transmitidos en esa área era de dos bytes de datos, según las IDs utilizadas en los mensajes. Sin embargo, al tomar lecturas desde el Gateway del panel de instrumentos, existía una mayor variedad de IDs. La Figura 11 muestra la trama del vehículo obtenida desde el bus LIN en el Gateway del panel de instrumentos del vehículo.

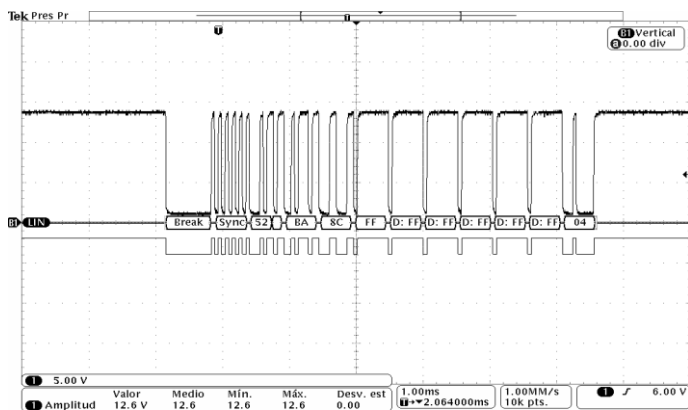


Fig. 11. Trama LIN obtenida de una red de confort automotriz.

Con la generación de las tramas y comunicación entre dos nodos en una red LIN, se abren posibilidades para el diseño de redes propias independientes. Ya que el orden y arbitraje del bus únicamente depende del diseñador de la red.

5. Conclusiones

En este documento se presentó una solución a la implementación de hardware de una red LIN para el uso en sensores actuadores inteligentes o sensores y actuadores a través de una unidad de control conectada a LIN. La implementación de la red, por otra parte, busca presentar al bus LIN como un bus de comunicación apto para ambientes industriales ya que no es muy común en áreas fuera del sector automotriz. Este documento también busca la generación de conocimiento para el uso del bus con tecnología ARM.

Los resultados obtenidos de la implementación del bus LIN fueron satisfactorios, se demostró que el software desarrollado es capaz de generar tramas funcionales en un bus LIN y que estas tramas se generan con las características definidas en las especificaciones de LIN. Se demostró el número reducido de componentes que son necesarios para el desarrollo de un nodo, haciendo referencia al bajo costo de implementación del bus.

Para trabajos futuros se pretende considerar un microcontrolador ARM de una familia más adecuada a las funciones de un nodo, es decir un microcontrolador de la familia M0 o equivalente. Además, puede optimizarse el acceso al medio para el escalamiento de la red. Por otra parte, el transceptor puede ser reemplazado por un modelo que cuente con regulador interno de voltaje para evitar el uso de un regulador externo. Con esto se lograría reducir el tamaño y costo del nodo LIN.

Referencias

- [1] R. B. GmbH, Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics, Plochingen, Germany: Springer Vieweg, Wiesbaden, 2007.
- [2] A. Chong, «The growth of automotive electronics in apac, the next frontier,» 2010.
- [3] S. Nelson, «Automotive market and industry update,» 2010.
- [4] J. Stelzer, «LIN bus emerging standard for body control apps».
- [5] A. R. & E. Wallin, «Rylander, A., & Wallin, E. (2003). LIN–Local Interconnect Network–for use as sub-bus in Volvo trucks,» 2003.

- [6] E. Hackett, «LIN Protocol and Physical Layer Requirements,» Texas Instruments Incorporated, 2018.
- [7] LIN Consortium, *LIN Specification Package Revision 2.2A*, 2010.
- [8] STM Electronics, «Nucleo-F767ZI, ST Evaluation Tools,» [En línea]. Available: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f767zi.html#design-scroll..> [Último acceso: 1 Julio 2018].
- [9] J. M. Cruz, *Sistemas Embebidos 2010 CMSIS*, Buenos Aires , 2010.
- [10] Microchip Technology Inc., «Microchip Developer Help LIN Overview,» [En línea]. Available: <http://microchipdeveloper.com/lin:overview>. [Último acceso: 28 Julio 2018].
- [11] NXP Semiconductors, «TJA1021 LIN 2.1/SAE J2602 transceiver,» 2011.
- [12] Royal Philips Electronics, «TJA1020 LIN Transceiver,» 2002.
- [13] Feng, Jiang, Zhao Yunning, and Xu Tao. "Design and Implementation of Automobile Lights Control System Based on LIN Bus." *International Journal of u-and e-Service, Science and Technology* 8.5 (2015): 55-66.
- [14] Dudu, TS Shamin, et al. "In-Vehicle Automotive Network Gateway Electronic Control Unit for Low Price Vehicle." *SASTECH J* 8.2 (2009): 79-88.
- [15] Gao, Junshan, Yixiang Zhang, and Bo Wu. "The design of a vehicle network CAN/LIN gateway based on ARM." *E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE)*, 2010 International Conference on. IEEE, 2010.
- [16] Huang, Peng. "Study and Design of CAN/LIN Hybrid Network of Automotive Body." *Advanced Materials Research*. Vol. 940. Trans Tech Publications, 2014.

Modelación y Generación de la Aplicación de Escritorio del Grado de Endurecimiento de las Resinas Fenólicas

Lorena Sánchez López, Juana Deisy Santamaría Juárez, Carlos Zamora Lima,
Carlos Palomino Jiménez, Jenaro Leocadio Varela⁵

^{1,3,4} Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Av. San Claudio y 14 sur, edif. 104D, Col. San Manuel, Ciudad Universitaria, Puebla, México

² Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Av. San Claudio y 18 sur, Ciudad Universitaria, Puebla, México

⁵ Centro Universitario de Vinculación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Prolongación de la 24 sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Puebla, México

¹ losalo46@hotmail.com, ²deys_25@hotmail.com, ³clima@cs.buap.mx,
⁴carlos.palomino@correo.buap.mx, ⁵jvarela11@yahoo.com.mx

Resumen. En la industria química son muy utilizadas las resinas fenólicas como materia prima para la producción de adhesivos, recubrimientos y pinturas, una desventaja del uso de estas materias primas es controlar la polimerización (entrecruzamiento de las moléculas) el cual está directamente relacionado con el grado de curado o endurecimiento, limitando sus propiedades térmicas y mecánicas. Por lo anterior es importante determinar el grado de endurecimiento de una resina para establecer su correcto almacenamiento antes de ser utilizada en el proceso de producción y proponer las proporciones adecuadas para preparar las mezclas en la formulación de un producto. En el presente trabajo se obtienen los espectros de infrarrojo en un espectrofotómetro de infrarrojo de la resina fenólica, endurecida a las temperaturas de 50, 100, 150, 200, 250 °C, para posteriormente realizar el análisis cuantitativo de las áreas de absorción de endurecimiento de la resina fenólica en el software Spectrum One (Grupos funcionales) y así generar una base de datos en Excel de espectros de infrarrojo de cada muestra e implementar un algoritmo de aproximación numérica en el software Matlab para obtener los parámetros que nos permiten modelar diferentes niveles de endurecimiento para la resina fenólica y finalmente crear una aplicación de escritorio que nos muestre los niveles de dureza.

Palabras Clave: grado de endurecimiento de resina fenólica, Sumas de Riemann, Método de Simpson 1/3, Método de Simpson 3/8, aproximación aproximación numérica.

1. Introducción

Las técnicas de análisis como la microdureza y termogravimetría para la determinación del grado de endurecimiento de las resinas son costosas. Una desventaja del uso de estas técnicas de caracterización es la falta de disponibilidad de estándares certificados, alto tiempo de trabajo experimental en el laboratorio y la exposición del analista a ambientes

tóxicos. En la química analítica se encuentra disponible la técnica de espectrofotometría de infrarrojo (FTIR), la cual es una técnica analítica que permite obtener información inmediata de los grupos químicos que reaccionan durante el endurecimiento de la resina, los datos generados por esta técnica pueden ser utilizados para el modelado del endurecimiento de resinas.

El grado de endurecimiento es un parámetro que se tiene que controlar debido a que de este depende la aplicación industrial de la resina. Modelar el grado de endurecimiento de una resina permitirá correlacionar este parámetro con sus propiedades físicas y químicas obtenidas experimentalmente y así establecer las condiciones de producción.

1.1 Antecedentes

Diversos autores han investigado nuevas metodologías para la caracterización del proceso de endurecimiento de resinas fenólicas por su amplio uso en la industria química (pinturas, recubrimientos, materiales cerámicos, ablativos).

La caracterización de estas resinas fenólicas es costosa, requiere de equipos especializados y alta demanda en el tiempo de caracterización. Uno de los parámetros más importantes a caracterizar de la resina fenólica es el grado de endurecimiento ya que de este depende sus propiedades térmicas y mecánicas. En la tabla 1 se presentan algunas investigaciones relacionadas con el trabajo de investigación a desarrollar.

Tabla 1. Antecedentes de investigación.

Título del Artículo	Autores	Resultados
Computational and Experimental Study of Phenolic Resins: Thermal–Mechanical Properties and the Role of Hydrogen Bonding. [1]	Joshua D. Monk, Eric W. Bucholz, Tane Boghozian, Shantanu Deshpande, Jay Schieber, Charles W. Bauschlicher, Jr., and John W. Lawson, 2015.	Utilizaron la simulación dinámica molecular para calcular el grado de entrecruzamiento de resinas novolac (endurecimiento). Paquete de software LAMMPS (Simulador Paralelo Masivo Atómico/Molecular a Gran Escala).

Título del Artículo	Autores	Resultados
Atomistic molecular dynamics study of cross-linked phenolic resins. [2]	Atsushi Izumi, Toshio Nakao and Mitsuhiro Shibayama, 2012.	Utilizaron la simulación dinámica molecular para determinar las propiedades mecánicas de una resina novolac curada. Paquete de software J-OCTA 1.3 y COGNAC 6.1.3.
Effect of microwave-assisted curing on bamboo glue strength: Bonded by thermosetting phenolic resin. [3]	Yu Zheng, Zehui Jiang, Zhengjun Sun, Haiqing Ren, 2014.	Las propiedades térmicas y mecánicas de materiales de bambú mejoraron al ser tratados con resina fenólica a diferentes grados de curado.
Large-scale molecular dynamics simulation of crosslinked phenolic resins using pseudo-reaction model. [4]	Yasuyuki Shudo, Atsushi Izumi, Katsumi Hagita, Toshio Nakao, Mitsuhiro Shibayama, 2016.	Las propiedades térmicas y mecánicas de materiales de bambú mejoraron al ser tratados con resina fenólica a diferentes grados de curado.

1.2 Objetivos Generales y Específicos del trabajo.

General

- Modelar matemáticamente el comportamiento de la dureza de una resina fenólica tipo resol y realizar la aplicación de escritorio que muestre los niveles de dureza.

Específicos

- Generar los parámetros en el software Matlab para la modelación de la fórmula y así calcular los niveles de dureza.
- Comparación de los grados de endurecimiento de la resina fenólica obtenidos mediante la modelación matemática por los métodos: Sumas de Riemann, Regla de Simpson $\frac{1}{3}$, Reglas de Simpson $\frac{3}{8}$.
- Diseñar una aplicación de escritorio para el cálculo del grado de endurecimiento.

2. Resinas Fenólicas

Es una resina sintética termoestable, tiene una consistencia pastosa, pegajosa y puede ser transparente o translúcida, está formada por fenol y formaldehído.



Fig. 1. Resina Fenólica. Fuente propia.

El fenol es un sólido cristalino a temperatura ambiente, el cual tiene un punto de fusión a 43°C y un punto de ebullición a 182°C . El formaldehído es un líquido incoloro, es inflamable y tiene un olor fuerte.

Las resinas fenólicas presentan diferentes propiedades:

- Excelentes características eléctricas

- Resistencia a temperaturas elevadas
- Resistencia al choque
- Resistencia a la abrasión
- Buena resistencia al ataque químico, de forma general, a los disolventes orgánicos
- Excelente adhesión a otras resinas

Entre sus aplicaciones podemos encontrar:

- Aeroespacial: Componentes de misiles, alas, fuselajes, etc.
- Aplicaciones domésticas: Interruptores, asas, etc.
- Automoción: Piezas ligeras para sustituir metales, frenos, pinturas, etc.
- Construcción: Espumas aislantes, techos, chapas para forrar paredes, pinturas, etc.
- Vestimenta: Botones, ropa tratada, etc.
- Eléctrico: Cuadro conexiones, recubrimientos, etc.
- Muebles: Puertas imitación madera, pantallas de lámparas, etc.
- Médico: Rellenos dentales, implantes ortopédicos, etc.
- Recreo: Raquetas tenis, barcas, etc.
- Herramientas: Papel de lija, etc.

Actualmente las resinas fenólicas además de ser ampliamente utilizadas en la industria química, son investigadas por varios autores por sus características ya mencionadas. De acuerdo a Qianqian Lan et al reportan la síntesis de membranas para el proceso de ultrafiltración a partir del uso de resina fenólica como relleno en sustratos macroporosos (material que tiene poros de un tamaño mayor que 50 nanómetros).

Una gran desventaja que presentan las resinas fenólicas es que para poder producir algún material se tiene que controlar el grado de polimerización o curado el cual está relacionado con el Grado de Endurecimiento.

El curado de las resinas consiste en el aumento del tamaño de sus moléculas a través de procesos de alargamiento, ramificación y entrecruzamiento de las cadenas hidrocarbonadas para formar una red tridimensional de elevado peso molecular. [8]

Para poder lograr el aumento de tamaño de las moléculas de la resina fenólica tenemos que calentar la muestra a una cierta temperatura por un cierto tiempo.

El curado de las resinas termoestables es una de las etapas más importantes en el desarrollo de las propiedades de las resinas fenólicas, de esto dependerá su uso en la industria.

La Facultad de Ingeniería Química de la BUAP ofrece dentro de sus servicios externos a la industria la caracterización de resinas (grado de endurecimiento, composición, viscosidad, etc). La metodología empleada consta de varios pasos experimentales lo que impide entregar los resultados en tiempo y forma. Por lo anterior se requiere el uso de nuevas tecnologías para la caracterización de estos materiales.

2.1 *Spectrum ONE*

Una plataforma de software única incorpora todas las funciones requeridas para análisis de infrarrojos; control de instrumentos, manipulación y análisis de datos, y utilidades de informes flexibles.

Con este software podremos obtener los espectros de infrarrojo (Figura 2), así como calcular las áreas de interés de las bandas características de las muestras de las resinas fenólicas endurecidas a diferentes temperaturas con el objetivo de poder obtener el grado de endurecimiento. [7]

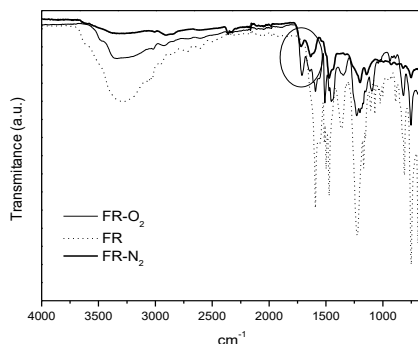


Fig. 2. Espectro de infrarrojo. Fuente propia.

Área de la banda de absorción mediante el software Spectrum One

Basándonos en el manual del Espectrofotómetro de infrarrojo existen tres métodos para poder obtener el área de las bandas de absorción:

- El pico de las áreas relativas a una línea base, entre dos puntos de referencia, o entre otros dos puntos en el espectro.
- Alturas máximas desde un pico máximo a una línea base o a cero absorbancia.
- La altura máxima en la región seleccionada.

Parámetros para calcular las áreas

- **Parámetros del área**

Un área se define por una línea marcada inicial y final y 2 puntos base, como se muestra en la siguiente figura:

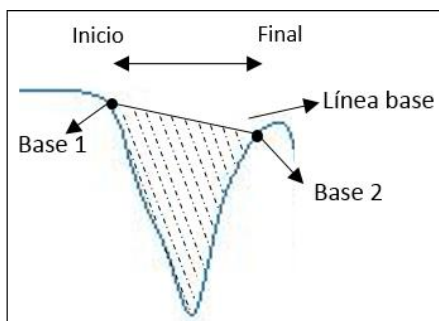


Fig. 3. Parámetros del Área, Fuente propia.

El área total es el área entre el espectro de cero absorbancia o el 100% transmitancia que se encuentra dentro de los límites de la barra marcada.

El área correcta es el área entre el espectro y la línea base.

- **Parámetros para la altura**

La altura es definida por el inicio y el fin del valor de las abscisas y 2 puntos base.

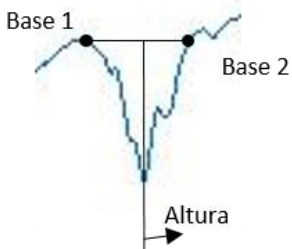


Fig. 4. Parámetros para la altura, Fuente propia.

La altura total es la altura desde la curva a la absorbancia cero. La altura correcta es la altura desde la curva a la línea base.

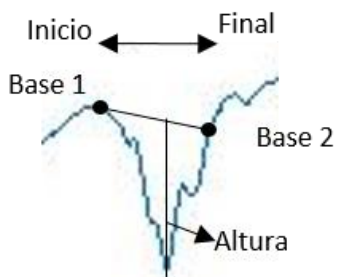


Fig. 5. Altura de la curva, Fuente propia.

- **Mover área y marcadores con el mouse**

Mover un punto base:

Arrastre la base a su nueva posición

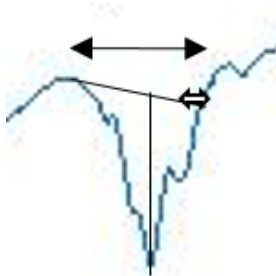


Fig. 6. Fuente propia.

Cambiar los valores de inicio y fin

1. Dar doble clic sobre la base marcada.

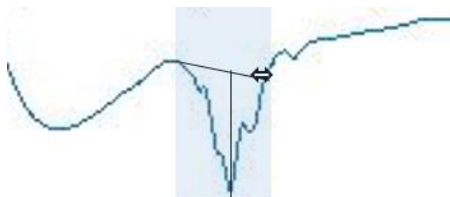


Fig. 7. Cambio de valores, Fuente propia

2. Arrastre los lados de las áreas sombreadas a sus nuevas posiciones, o mueva el área sombreada arrastrando desde su centro.
3. Doble clic en el área sombreada nuevamente cuando haya terminado de editarlo.

Una desventaja de este software es que al seleccionar con el mouse nuestras líneas base, ya que nuestro pulso no es exacto podemos tomar menos puntos o más puntos de los que necesitamos, y esto afectaría nuestros cálculos.

2.2 Modelación matemática

Uno de los problemas que el cálculo integral trata de resolver es calcular el área de una figura plana delimitada por rectas por irregulares que sean.

¿Cómo surge la Integración Numérica?

Surge por dos motivos fundamentalmente:

- La dificultad o imposibilidad en el cálculo de una primitiva,
- La función a integrar sólo se conoce por una tabla de valores.

Veremos algunos métodos de integración que ocuparemos para poder resolver el problema del “Grado de Endurecimiento de Resinas Fenólicas”

La fórmula para poder obtener el porcentaje de endurecimiento es la siguiente:

$$D = \left(1 - \frac{\left(\text{Área OH} / \text{Área C} = \text{C} \right)_{\text{curada}}}{\left(\text{Área OH} / \text{Área C} = \text{C} \right)_{\text{no curada}}} \right) \times 100$$

donde D es el grado de endurecimiento en porcentaje

Área OH está en el rango de 3700 a 3400 cm^{-1}

$\text{Área C}=\text{C}$ está en el rango de 1500 a 1400 cm^{-1}

Diversos autores han utilizado esta fórmula para calcular el grado de endurecimiento en sus experimentos de resinas fenólicas. En dicha fórmula los valores de Área OH y $\text{Área C}=\text{C}$ son obtenidos de forma experimental mediante el método de Spectrum ONE el cual depende mucho del pulso de la persona que esté realizando los cálculos y cada vez que se realiza el cálculo se comete un error.

La aportación de este trabajo es que Área OH y $\text{Área C}=\text{C}$ serán aproximados mediante los métodos numéricos como Riemann, Simpson 1/3 y Simpson 3/8 y los valores que se obtengan de Área OH y $\text{Área C}=\text{C}$ no dependerán del método de Spectrum ONE, por lo cual se elimina el error cometido mediante el método de Spectrum ONE.

Los valores de Área OH y $\text{Área C}=\text{C}$ son el área que se encuentra entre dos curvas, de estas curvas no existe una función para describir su comportamiento y solo se tiene una serie de puntos por los cuales pasan las curvas. Para calcular dichas áreas se realiza la aproximación numérica del área que existe entre las dos sucesiones de puntos, utilizando los métodos Riemann, Simpson 1/3 y Simpson 3/8.

Riemann

Este tipo de integral se define como la suma finita de áreas de rectángulos. Estos se definen en base a una partición de un intervalo $[a, b]$ donde se quiere calcular la integral, como altura de los rectángulos hay varias opciones, el máximo o mínimo de la función en el subintervalo, el promedio de los valores máximos y mínimos o cogiendo el valor de la función en los extremos del mismo. Al aumentar el número de rectángulos la suma de sus áreas aproxima mejor el área de la integral.

Definición: Sea $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$, $P = \{x_0, x_1, x_2, \dots, x_n\}$ una partición cualquiera del intervalo, elegimos un conjunto de la forma $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ tal que $e_i \in [x_{i-1}, x_i]$, para todo $i = 1, 2, \dots, n$. Se llama **Suma de Riemann** de la función f para la partición P y el conjunto E como:

$$S(f, P, E) = \sum_{i=1}^n f(e_i) \Delta x_i$$

Método de Simpson 1/3

Definición Sea el intervalo $[a, b]$ dividido en n subintervalos con la misma anchura $h = b - a/n$, obtenemos la partición $\{x_0, x_1, x_2, \dots, x_n\}$, asignamos los extremos como $x_0 = a$ y $x_n = b$, la integral la podemos representar como

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{h}{3} [f(x_0) + 4 \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} f(x_{2i-1}) + 2 \sum_{j=1}^{(\frac{n}{2})-1} f(x_{2j}) + f(x_n)]$$

Donde las sumas nos representan:

- Suma de todos los números en la posición impar

$$\sum_{i=1}^{n/2} f(x_{2i-1})$$

- Suma de todos los números en la posición par

$$\sum_{j=1}^{\left(\frac{n}{2}\right)-1} f(x_{2j})$$

Método de Simpson 3/8 compuesta

Igual que los métodos anteriores, Simpson 3/8 se puede dividir en subintervalos, aplicar Simpson 3/8 simple en cada subintervalo y al final sumar cada uno de ellos para tener un área más exacta de nuestra función $f(x)$.

Definición Dividimos la función $f(x)$ en el intervalo $[a, b]$, en n subintervalos, donde n tiene que ser múltiplo de 3, cada subintervalo tendrá una anchura de $h = \frac{b-a}{n}$, en cada subintervalo sustituimos el método 3/8 simple, haciendo las operaciones correspondientes tenemos:

$$\int_a^b f(x) dx \cong \frac{3h}{8} \left[f(x_0) + 3 \sum_{i=1}^{n-2} f(x_i) + 3 \sum_{i=2}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{i=3}^{n-3} f(x_i) + f(x_n) \right]$$

2.3 Aplicación de los Métodos Numéricos

Dado que no contamos con una función definida y solo tenemos los datos de absorbancia obtenidos del espectrofotómetro, utilizaremos los métodos de Sumas de Riemann, Método de Simpson 1/3, Método de Simpson 3/8, para aproximar las áreas bajo las curvas.

El error de la aproximación, que depende del método que se utilice y de qué tan fino sean los subintervalos, puede llegar a ser tan pequeño que es posible obtener un resultado idéntico a la solución analítica en las primeras cifras decimales.

Aplicación de los Métodos Numéricos

Aplicaremos estos 3 métodos a nuestro problema principal que es encontrar el grado de endurecimiento de una resina fenólica, tenemos que seguir los siguientes pasos:

- 1) Para cada método implementado debemos saber el número de subintervalos en el que se va dividir los intervalos del OH y C=C tanto para la resina fenólica base y la resina fenólica curada, tendremos en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 2. Datos para obtener las áreas del OH y C=C.

	Sumas de Riemann		Simpson 1/3		Simpson 3/8	
	-OH	-C=C-	-OH	-C=C-	-OH	-C=C-
a	301	2501	301	2501	301	2501
b	601	3601	601	3601	601	3601
n = b - a	300	100	300	100	300	99
$\Delta x = (b - a)/n$	1	1	1	1	1	1

Observación: en el método de Simpson 3/8 en el intervalo de -C=C- observamos que n= 99 esto dado que el método nos pide que n sea múltiplo de 3, por ello aplicamos n = (b-a)-1.

- 2) Dado el espectro de infrarrojo de la resina fenólica debemos calcular el área bajo la curva del intervalo 3400 – 3700 cm-1 que corresponde al grupo de -OH, como se muestra en la figura 8.
- 3) Dado el espectro de infrarrojo de la resina fenólica debemos calcular el área bajo la curva del intervalo 1400-1500 cm-1 que corresponde al grupo de -C=C-, como se muestra en la figura 8.

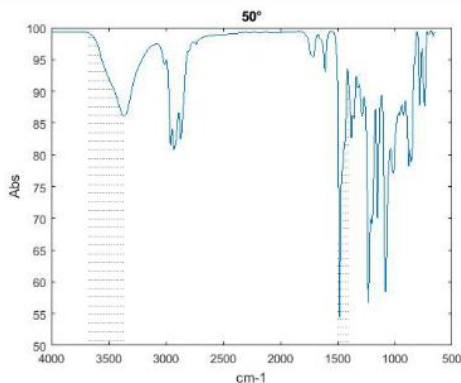


Fig. 8. Área bajo la curva del espectro de infrarrojo de resina fenólica, intervalo 3700-3400 cm-1 y 1500-1400 cm-1, Fuente propia.

- 4) Dado el espectro de infrarrojo de la resina fenólica debemos calcular el área dada del punto más alto del intervalo 3400 – 3700 cm^{-1} que corresponde al grupo de -OH como se muestra en la figura 9.
- 5) Dado el espectro de infrarrojo de la resina fenólica debemos calcular el área dada del punto más alto del intervalo 1400-1500 cm^{-1} que corresponde al grupo de -C=C- como se muestra en la figura 9.

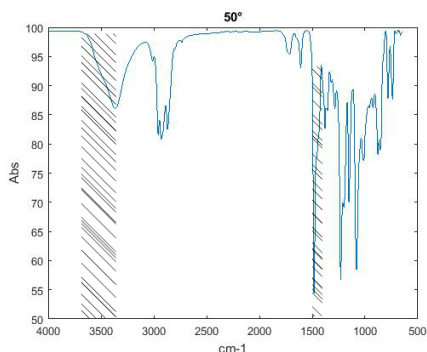


Fig. 9. Área dado el punto más alto del espectro de infrarrojo de resina fenólica, intervalo 3700-3400 cm^{-1} y 1500-1400 cm^{-1} , Fuente propia.

- 6) Calcular la diferencia del área del punto más alto y el área bajo la curva de los intervalos -OH y -C=C-, para obtener las áreas como se muestran en la figura 10.

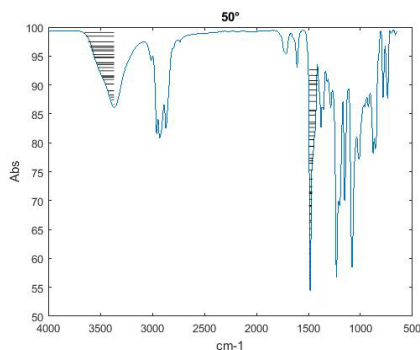


Fig. 10. Área de interés del espectro de infrarrojo de resina fenólica, intervalo 3700-3400 cm^{-1} y 1500-1400 cm^{-1} , Fuente propia.

- 7) Las áreas obtenidas, las sustituiremos en la fórmula del grado de endurecimiento vista en el marco teórico y obtendremos el porcentaje de dicha resina fenólica.

Formula grado de endurecimiento

$$D = \left(1 - \frac{(Absorbancia\ OH/Absorbancia\ C=C)_{curada}}{(Absorbancia\ OH/Absorbancia\ C=C)_{no\ curada}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Siguiendo todos los pasos anteriores y aplicándolos a la resina fenólica No curada y la resina fenólica curada (puede obtenerse de las muestras que mandan de la industria o de las muestras sintetizadas en laboratorio), obtendremos los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados del grado de endurecimiento

°C	Riemann (%)	Simpson (%)	1/3 Simpson (%)	3/8 Simpson (%)	Spectrum ONE
50	25.618037	25.618318		25.674238	30
100	27.302923	27.303254		27.353248	32.0911
150	28.020368	28.020675		28.076024	34.8191
160	48.047387	48.047344		48.021269	52.1123
170	52.494434	52.494423		52.5112	53.2918
180	46.441511	46.441615		46.542813	42.4711
190	89.359878	89.359925		89.373439	72.3240
200	67.83959	67.839269		67.856125	68.9390
250	51.084287	51.082736		51.102317	57.2110

En la **Tabla 3** se observa en base a los resultados obtenidos que los tres procedimientos matemáticos implementados en el software Matlab son parecidos, en comparación con los resultados de experimentales obtenidos en el software Spectrum ONE del

espectrofotómetro de infrarrojo. De los tres métodos propuestos el que más se acerca a los resultados experimentales obtenidos de laboratorio él es método de Simpson 3/8.

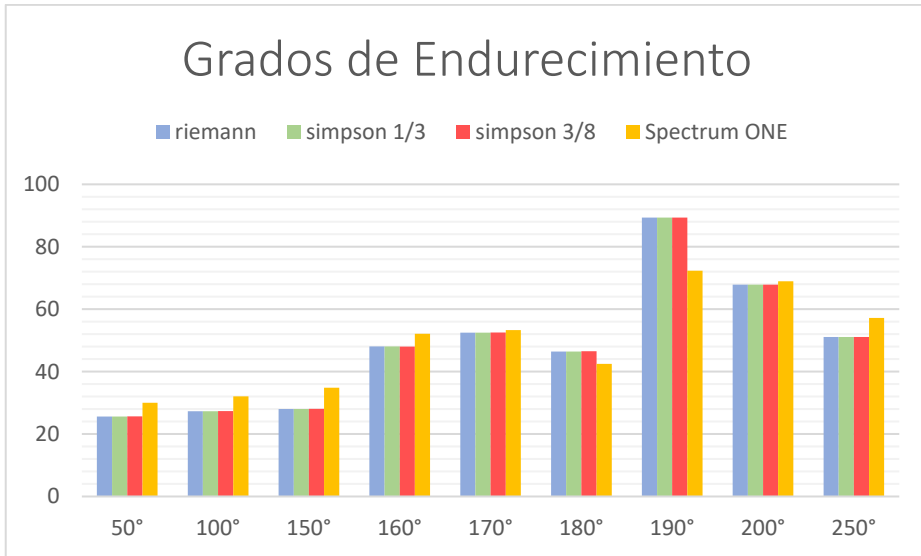


Fig. 11. Comparación de los resultados obtenidos por la aplicación implementando los métodos Riemann, Simpson 1/8, Simpson 3/8 y los datos obtenidos por el método experimental de Spectrum ONE.

En la figura 11 se puede observar que el comportamiento de los niveles de dureza a través de las diferentes temperaturas, tiene un comportamiento similar en los métodos implementados en la aplicación al experimental (Spectrum ONE).

2.4 Aplicación de escritorio

GUIDE (Graphical User Interfase Development Environment) es una de las herramientas que se extiende por completo el soporte de MATLAB, diseñadas para crear **GUIs** (Graphical User Interfaces) donde puedes realizar la interfaz de un sistema con solo seleccionar, tirar, arrastrar y personalizar propiedades. Una vez que los controles están en posición se editan las funciones de llamada (Callback) de cada uno de ellos, escribiendo el código de **MATLAB** que se ejecutará cuando la opción sea utilizada.

Aplicando esta herramienta de Matlab se realizó una aplicación de escritorio donde nos mostrará el grado de endurecimiento de una resina fenólica, el espectro de infrarrojo, las áreas de interés (-OH y -C=C-).

Las fórmulas deben estar centradas y en una línea distinta, además deben estar numeradas secuencialmente entre paréntesis, en negrita y a la derecha de la misma, justo pegando al margen derecho, tal y como se muestra a continuación:

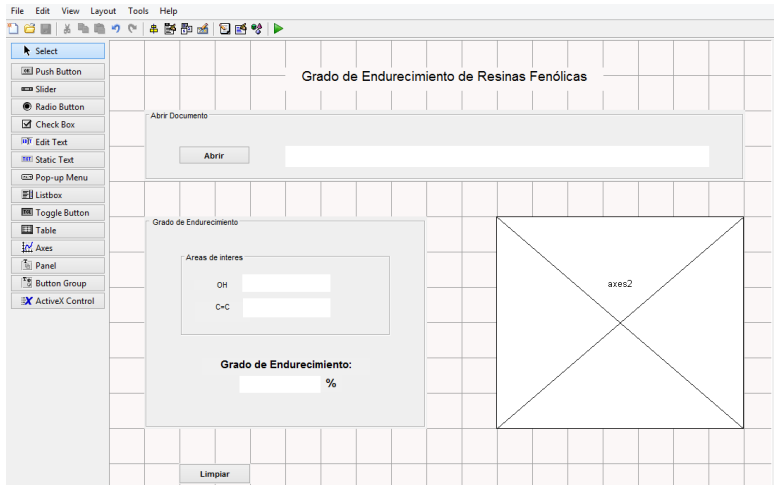


Fig. 12. Interfaz GUI “Grado de endurecimiento de una resina fenólica”, Fuente propia.

Una vez realizada la interfaz y realizadas las funciones correspondientes, aplicaremos “Application Compiler”, herramienta que nos ayudará a generar la aplicación de escritorio con las características correspondientes (iconos, derechos de autor, archivos complementarios, etc).

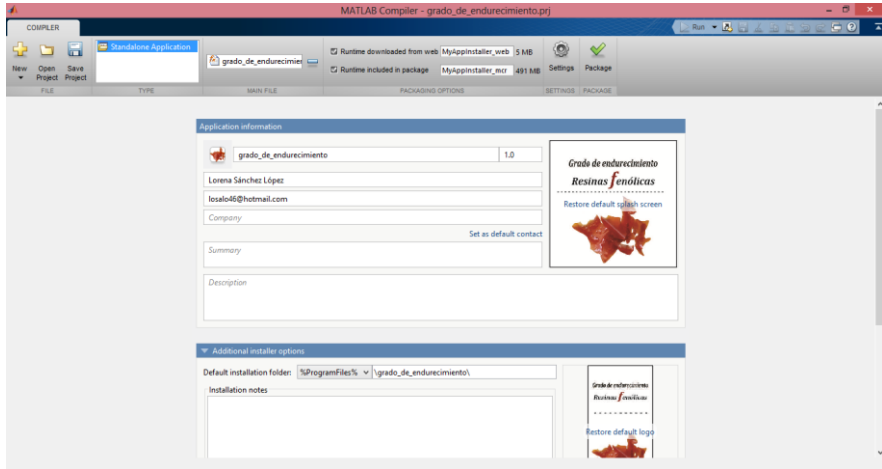


Fig. 13. Generador de aplicaciones, Fuente propia.

Nos generara una carpeta con los archivos necesarios para poder ejecutar el programa, ya sea sin instalación (es necesario tener instalado Matlab) o la aplicación para instalar (extensión .exe).

Como usar el programa

Primero tenemos que ejecutar (dar doble clic) al icono del acceso directo de nuestro programa creado en el escritorio, mostrara la siguiente ventana.



Fig. 14. Cargando programa, Fuente propia.

Cuando el programa cargue completamente mostrara la siguiente ventana.

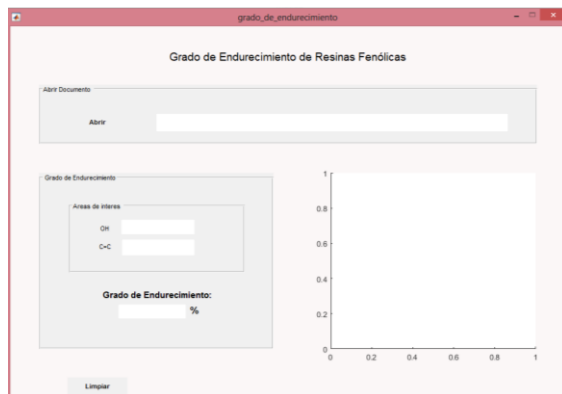


Fig. 15. Programa “Grado de endurecimiento”, Fuente propia.

Solo necesitamos el archivo en Excel que contiene los datos obtenidos por el espectrofotómetro, este archivo tendrá que llevar 2 columnas: una será la longitud de onda (de 4000 – 550 cm^{-1}) y otra que tendrá los datos de absorbancia

	A	B
4	3998	99.4245
5	3997	99.42688
6	3996	99.429
7	3995	99.42949
8	3994	99.42814
9	3993	99.42576
10	3992	99.42319
11	3991	99.42066
12	3990	99.41796
13	3989	99.41496
14	3988	99.41209
15	3987	99.41004
16	3986	99.40914
17	3985	99.40914
18	3984	99.40934
19	3983	99.40919
20	3982	99.40865
21	3981	99.40802

Fig. 16. Archivo del espectrofotómetro, Fuente propia.

Daremos clic en el Botón Abrir el cual abrirá una venta donde nos mostrara los archivos que tenemos en nuestra computadora y podemos escoger el archivo con extensión .xlsx. Una vez seleccionado el archivo esperaremos a que el sistema procese los datos y nos mostrara los resultados que nos interesa.

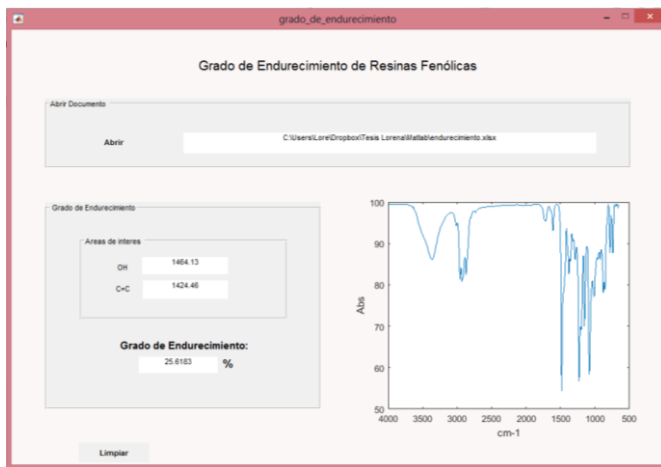


Fig. 17. Resultado del análisis, Fuente propia.

Si queremos saber el grado de endurecimiento de otra resina fenólica, daremos clic en el botón limpiar y volveremos a realizar el procedimiento anterior.

3. Conclusiones y trabajos futuros

Es interesante el artículo mostrando las conclusiones o ideas más importantes y los trabajos futuros que se desarrollarán a partir de éstas.

Con los datos obtenidos con la técnica de FTIR se pudo modelar matemáticamente la dureza de la resina fenólica curada a temperatura de 50, 100, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 250°C, simulando los espectros de infrarrojo experimentales en Matlab.

Con los métodos numéricos se obtuvieron cálculos más exactos de los que se obtiene mediante el método experimental de laboratorio (Spectrum One).

Se generó la tabla del grado de endurecimiento de la resina fenólica en base al análisis de los métodos de Sumas de Riemann, Regla de Simpson $\frac{1}{3}$, Reglas de Simpson $\frac{3}{8}$.

De acuerdo a los resultados obtenidos se generó una gráfica de los niveles de endurecimiento que permitirá identificar de manera inmediata el curado de una resina fenólica.

Se diseñó una aplicación de escritorio para poder obtener el grado de endurecimiento de una resina, así como observar el espectro de infrarrojo y saber las áreas de interés.

El programa desarrollado ayudará a los responsables del área de servicios a la industria de la Facultad de Ingeniería Químicas a realizar el cálculo del grado de endurecimiento de resinas fenólicas en menor tiempo, además de la disminución de costos.

La facultad de Ingeniería Química podrá ofrecer el servicio a diferentes empresas que utilizan resinas fenólicas en su proceso con la certeza de que los resultados emitidos tienen bajos porcentajes de error.

En los trabajos futuros, se planea realizar una investigación para poder obtener otras características de los espectros de infrarrojo con ayuda de los métodos numéricos.

Referencias

1. Joshua M, Eric W., Tane B, Shantanu D, Jay S, Charles W. y John W. Computational and Experimental Study of Phenolic Resins: Thermal–Mechanical Properties and the Role of Hydrogen Bonding. *Macromolecules*, volumen (48) issue (20), pp. 7670–7680 (2015)
2. Atsushi I., Toshio N. y Mitsuhiro S. Atomistic molecular dynamics study of cross-linked phenolic resins. *Soft Matter*, Issue (19), 5283-5292 pp. (2012)
3. Yu Z., Zehui J., Zhengjun S. y Haiqing R. Effect of microwave-assisted curing on bamboo glue strength: Bonded by thermosetting phenolic resin. *Construction and Building Materials*, volumen (68), pp. 320-325 (2014)
4. Yasuyuki S., Atsushi I., Katsumi H., Toshio N. y Mitsuhiro S. Large-scale molecular dynamics simulation of crosslinked phenolic. *Polymer*, volumen (103), pp. 261-276 (2016)
5. Xavier J.. Estudio de la eficiencia de sistema químicos de iniciación del curado de resinas de poliéster insaturado (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, (1993)
6. Qianqian Lan, Nina Yan. Yong Wan. Tight ultrafiltration membranes of mesoporous phenolic resin filled in macroporous substrates. *Journal of Membrane Science*, volumen (533), pp. 96 - 102 (2017)
7. Chin-Lung Chiang, Chen-Chi M. Ma, Dai-Lin Wu, Hsu-Chiang Kuan. Preparation, characterization, and properties of novolac-type phenolic/SiO₂ hybrid organic–inorganic nanocomposite materials by sol–gel method, volumen (41), pp. 905-913 (2003)
8. Shan Li, Hao Li, Zheng Li, Heng Zhou, Ying Guo, Fenghua Chen, Tong Zhao. Polysiloxane modified phenolic resin with co-continuous structure, volumen (120), issue (30), pp. 217-222 (2017)

Diseño de un Sistema de Adquisición de Datos Flexible con Filtro Anti-alias Programable y Microcontrolador de 32 bits

Víctor Arteaga Pérez¹, Nicolás Quiroz Hernández²,
Héctor Santiago Ramírez², Gerardo Mino Aguilar²

^{1,2} Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica
Av. San Claudio y 18 Sur Edif. FCE1, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria, Puebla, Pue. CP 72570

¹vrap_100@hotmail.com,

²{nicolas.quirozh, hector.santiago, [gerardo.mino](mailto:gerardo.mino@correo.buap.mx)}@correo.buap.mx

Resumen. En el presente documento se describe la propuesta de diseño de una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) de propósito general con características flexibles. Se propone un filtro anti-alias con frecuencia de corte programable. Esto permite el ajuste de la respuesta del canal analógico de datos y adecuarse a las necesidades de la adquisición. También se propone la utilización de un convertidor analógico - digital (ADC) con frecuencia de muestreo variable. Finalmente se propone el uso de un microcontrolador de 32 bits para la adquisición, procesamiento y flujo de datos hacia una computadora personal. Este diseño sirve como base de un sistema DAQ para diversas aplicaciones de audio, comunicaciones y hasta instrumentación biomédica.

Palabras Clave: Adquisición de Datos, Sistemas Empotrados, Hardware Electrónico, Diseño de Tarjetas de Circuito Impreso.

1. Introducción

Los sistemas de adquisición de datos son dispositivos que tienen un papel muy importante en diversas áreas de la electrónica y de muchas otras disciplinas. Esto es debido a que son el principal puente entre los fenómenos físicos cotidianos y la información contenida que la medición de las señales analógicas provee. Con el conocimiento que obtenido del procesamiento y posterior análisis de las señales, se puede determinar desde el origen del fenómeno hasta inferir el comportamiento futuro de un sistema completo.

El diseño de un sistema de adquisición de datos no es una labor simple, el diseñador debe tener conocimiento y dominio de diferentes disciplinas de la electrónica, las primordiales son la electrónica analógica, donde se debe tener conocimiento de los diferentes tipos de sensores a usar, de circuitos de acondicionamiento, amplificación, filtrado y transformación de señales; y el área de la electrónica digital donde se debe revisar el muestreo, adquisición y post-procesamiento de las señales en el dominio digital. Es tarea

del diseñador el integrar todos estos componentes individuales en un sistema completo y funcional [1].

1.1 Etapa analógica

Dependiendo de la aplicación, el acondicionamiento de sensores, filtrado y amplificación en la sección analógica de un DAQ varían en cantidad de etapas y calidad de acuerdo a los requerimientos de diseño. Sin embargo cuando se trata de digitalizar las señales, todo sistema debe contar con al menos un ADC para llevar a cabo esta labor.

La conexión entre el dominio de las señales analógicas y las señales digitales se realiza a través del convertidor analógico-digital (ADC) y en el sentido contrario se utiliza el convertidor digital-analógico (DAC). Para una tarjeta de adquisición de datos el que se emplea es el ADC debido a la dirección del flujo de datos (Fig. 1), inicia con la magnitud física a medir y termina con el dato digital que simboliza dicha magnitud.

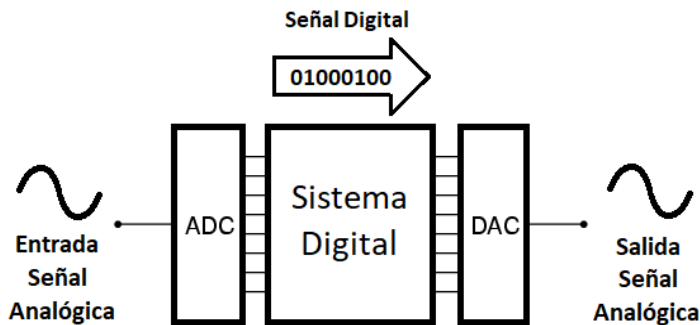


Fig 1. Flujo de señales analógicas y digitales en un sistema de adquisición de datos.

Un ADC es un dispositivo electrónico que convierte una señal de voltaje o corriente de entrada en un número proporcional a su magnitud. Para procesar las señales analógicas en una computadora, se requiere convertir las señales a su forma digital. Para hacerlo primero se deben de limitar las señales en banda con un filtro pasa-bajo y luego se muestrea en el ADC. En teoría, la máxima frecuencia que se puede reconstruir digitalmente es la mitad de la frecuencia de muestreo del ADC. A esto último se le conoce como el teorema del muestreo.

El teorema del muestreo indica que una señal analógica puede ser propiamente muestreada sólo si su máxima frecuencia no es superior a mitad de la frecuencia de

muestreo. Si las componentes de frecuencia están arriba de este límite, estas serán suavizadas (Fenómeno de “Aliasing”) [2].

Para evitar el fenómeno de Aliasing usualmente a la entrada del ADC le precede una etapa de filtrado. Comúnmente a esta etapa se le conoce como filtro anti-alias. Es importante tener en cuenta en el diseño de un DAQ esta etapa de filtrado, ya que su frecuencia de corte tiene que ser determinado en base a las características de la señal de entrada a medir.

1.2 Etapa digital

En la etapa digital se propone la utilización de un microcontrolador de 32 bits que realiza diversas funciones adicionales a la adquisición de datos, tales como la configuración de periféricos externos, post-procesamiento de señales y comunicación a una computadora personal.

La adquisición de datos se realiza desde el ADC a través del bus serial SPI hacia el microcontrolador, donde se almacena los datos en la RAM interna para enviar los datos a una PC para su posterior procesamiento.

2. Propuesta de diseño

Se propone el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos. En la Fig. 2 se muestra a bloques los componentes seleccionados y de acuerdo con estos, se tienen las siguientes características:

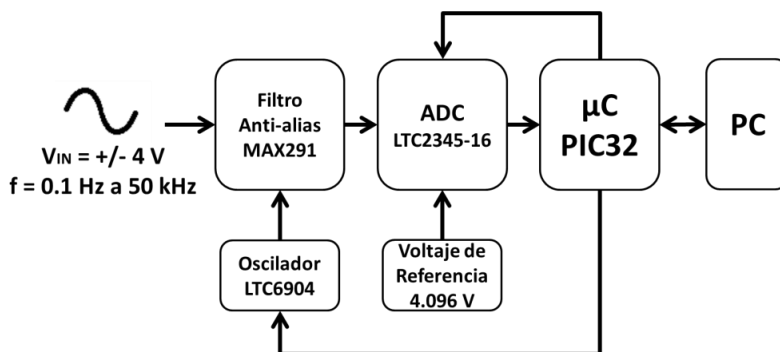


Fig 2. Propuesta de diseño de un sistema de adquisición de datos.

- *Filtro Anti-alias con frecuencia de corte programable:* El circuito integrado MAX291 es un filtro pasa-bajo de octavo orden con respuesta en frecuencia tipo Butterworth. Este filtro integrado utiliza la tecnología de capacitores conmutados. La principal ventaja de esta tecnología es la capacidad de modificar la frecuencia de corte del filtro de forma precisa a través de una señal de reloj externa. El MAX291 acepta de 10 a 2.5 MHz y con su relación 100:1 se pueden obtener frecuencias de corte desde 0.1 hasta 25 kHz. Su rango de voltaje de entrada y salida es de +/- 4 V [3].
- *Convertidor Analógico – Digital con frecuencia de muestreo variable:* Para el ADC se eligió el circuito integrado LTC2345-16, el cual es un ADC de ocho canales de tipo SAR (del inglés, Successive Approximation Register, Registro de Aproximaciones Sucesivas). Cuenta con una resolución de 16 bits y una velocidad de muestreo de hasta 1 Msps para un canal y 200 ksps usando 8 canales simultáneos, su rango de voltaje de entrada es de +/- 4.096 V [4].
- *Microcontrolador y Comunicación con la PC:* Finalmente en la parte de adquisición e interfaces de comunicación y tratamiento de datos se escogió el microcontrolador PIC32MX320F128H de la empresa Microchip. Tiene una arquitectura de 32 bits, frecuencia máxima de trabajo de 80 MHz y tiene diversos módulos que facilitan la comunicación con el mundo exterior [5]. Para la comunicación con la PC se optó por usar una interfaz UART a través de un convertidor UART-USB.

3. Implementación y resultados

En la Fig. 3 se muestra la etapa analógica del sistema de adquisición de datos con los componentes propuestos con esta tarjeta prototipo anexada con la etapa digital se obtuvieron los resultados presentados. Las pruebas se hicieron con las siguientes características e instrumentos:

- **Señal de entrada:** Sinusoidal de 2 Vpp con offset de 0 Vdc y frecuencia de 1 kHz generado con un generador de funciones modelo AFG3021C de la compañía Tektronix. Para la prueba de respuesta en frecuencia se utilizó una señal Chirp del mismo instrumento a la misma amplitud barriendo su frecuencia desde 10 Hz hasta 50 kHz.
- **Frecuencia de corte del filtro anti-alias:** 2 kHz, programada con el microcontrolador PIC32 al configurar el oscilador LTC6904 a una frecuencia de reloj de 200 kHz.
- **Frecuencia de muestreo del ADC,** configurada en la programación del microcontrolador a 50 ksps.

- **Cantidad de datos adquiridos:** 50,000 datos a 16 bits.
- **Tiempo de adquisición de datos:** 1 segundo.
- Programación del microcontrolador PIC32 realizada en MikroC for PIC32.
- Adquisición en PC, tratamiento de datos y gráficas de resultados realizados en MATLAB con scripts propios en código M.

Las pruebas se realizaron en laboratorio energizando el circuito analógico con una batería de litio de 7.2 V para eliminar que ruido generado por las fuentes de poder convencionales afectaran directamente las etapas analógicas anteriores al ADC. La tarjeta de desarrollo del microcontrolador en todo momento fue energizada con un computador portátil a través de un puerto USB.

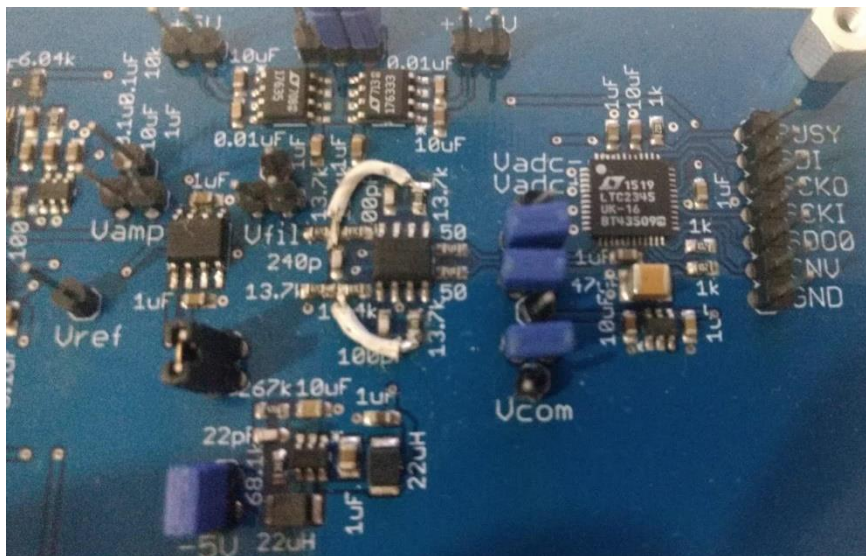


Fig 3. Tarjeta de pruebas de la etapa analógica del sistema DAQ.

En la Fig. 4 se observa una gráfica de las primeras 200 muestras adquiridas, se observa la forma sinusoidal de la onda con su voltaje pico-pico de 2 Vpp. La Fig. 5 muestra el espectro de frecuencia de la señal utilizando la transformada rápida de Fourier, se puede observar el pico en el espectro ubicado en 10^3 Hz (1 kHz).

Para obtener la Fig.6 se realizó un barrido de frecuencias con una señal Chirp en la entrada y al obtener el espectro de frecuencias de la señal adquirida, se obtiene la respuesta en frecuencia del canal de datos. Obsérvese en la Fig. 6 que la frecuencia de corte se ubica exactamente en 2 kHz, la frecuencia de corte programada del filtro MAX291.

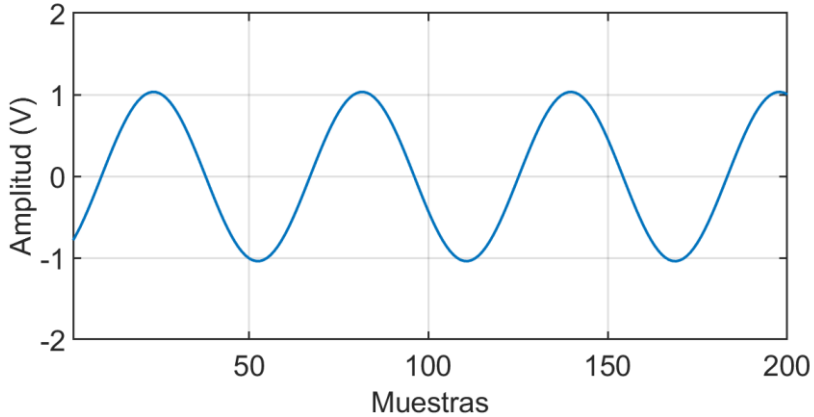


Fig 4. Gráfica de las primeras 200 muestras adquiridas con el sistema DAQ propuesto.

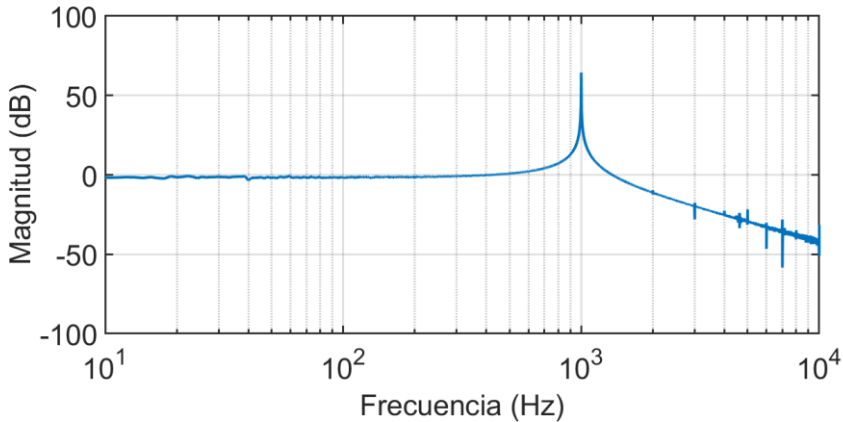


Fig 5. Espectro de frecuencia usando el algoritmo FFT con los datos capturados.

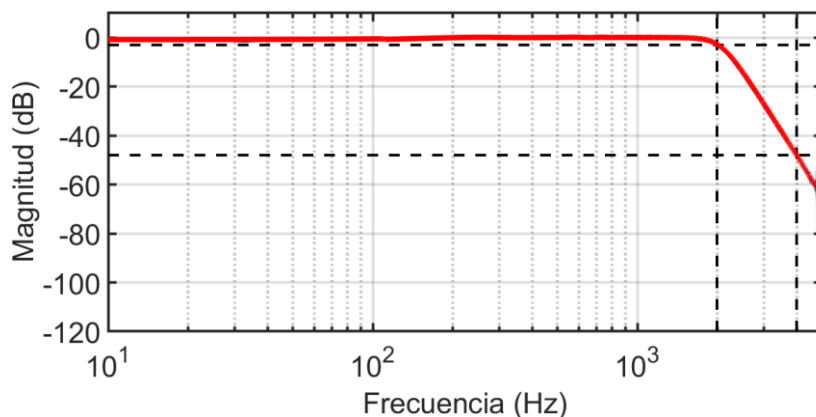


Fig 6. Respuesta en frecuencia del canal de datos analógicos.

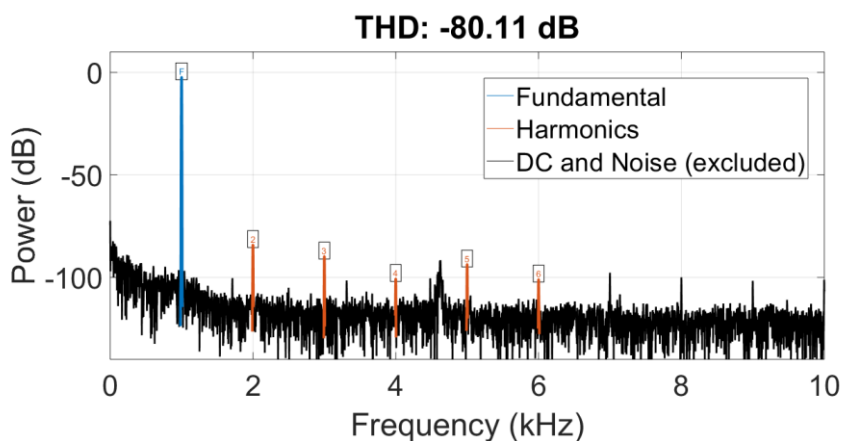


Fig 7. Cálculo de la distorsión armónica total (THD por sus siglas en inglés).

Un parámetro importante por medir en un sistema de adquisición de datos es su distorsión armónica total. Esta depende mucho del ruido y perturbaciones de todo el canal de datos analógico desde la entrada en el filtro anti-alias hasta el circuito de muestreo y retención del convertidor analógico – digital. En la Fig. 7 se observa la gráfica de las primeras 5 armónicas existentes en los datos adquiridos. El análisis se realizó en PC con el software MATLAB. Al hacer el cálculo pertinente se obtuvo una THD de -80.11 dB, equivalente a una distorsión de la señal original del 0.009%.

4. Conclusiones

Un diseño de una tarjeta de adquisición de datos de propósito general fue realizado. En la búsqueda de flexibilidad de las características de un sistema DAQ se eligieron los componentes mostrados en el artículo. Se implementaron físicamente y se realizaron diversas pruebas de concepto, de funcionamiento y se realizó una adquisición con una señal de prueba con resultados satisfactorios.

Se alcanzó el objetivo de que el sistema DAQ sea flexible en sus parámetros tales como filtro anti-alias con frecuencia de corte programable desde 0.1 Hz hasta 25 kHz y el ADC con múltiples frecuencias de muestreo con un máximo de 200 ksps para 8 canales simultáneos.

Este trabajo fue inicialmente realizado en base a la norma SAEJ-211 utilizada en la instrumentación electrónica para pruebas de simulación de impactos de la industria automotriz [6], sin embargo el sistema propuesto puede ser configurado para el cumplimiento de la frecuencia de muestreo y ancho de banda requeridos en diversas aplicaciones como procesamiento de audio y en algunas áreas de comunicaciones de datos con ancho de banda menor a 25 kHz [7]. Por ejemplo, las tarjetas típicas de audio de los computadores tienen frecuencias de muestreo de 44.1 ksps a 16 bits y el voltaje de la señal de audio típicamente es de 1 V_{pp}, estas características entran en los rangos de operación del sistema DAQ propuesto. También puede ser aplicado a otras áreas de la instrumentación electrónica más críticas como en el área del procesamiento de señales biomédicas [8] [9] en donde adicionalmente se requieren, antes del filtro anti-alias, amplificadores de instrumentación para acondicionar y amplificar las señales del cuerpo humano.

Dependiendo de la aplicación se pueden agregar etapas analógicas previas para satisfacer los requerimientos adicionales, manteniendo el mismo sistema base de adquisición propuesto en el presente trabajo.

Como trabajo futuro se tiene contemplado la utilización de un FPGA como lógica reprogramable auxiliar al microcontrolador. Esto permitiría al microcontrolador liberarse de la carga en CPU en la etapa de adquisición, adicionalmente las mejoras en el diseño y almacenamiento que conllevaría el uso del FPGA llevarían a una mejora a favor de flexibilizar la tarjeta de adquisición de datos aquí propuesta.

Referencias

1. Mackay, S.; Park, J.: *Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems*. Elsevier, pp. 19-20 (2003)
2. Emilio, M. D.P.: *Data Acquisition Systems From Fundamentals to Applied Design*, Springer, pp. 18-21 (2013)
3. Maxim Integrated: *MAX291 8th-Order, Lowpass, Switched-Capacitor Filters*. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX291-MAX296.pdf> (2010). Accedido el 31 de Julio de 2018
4. Linear Technology: *Octal, 16-Bit, 200ksps Differential SoftSpan ADC with Wide Input Common Mode Range*. <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/234516f.pdf> (2016). Accedido el 2 de Agosto de 2018
5. Microchip Technology: *PIC32MX3XX/4XX Data Sheet, High-Performance, General Purpose and USB, 32-bit Flash Microcontrollers*. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/61143H.pdf> (2011). Accedido el 2 de Agosto de 2018
6. SAE International Standards: *Instrumentation for Impact Test- Part 1-Electronic Instrumentation. Safety Test Instrumentation Stds Comm* (1995)
7. Gysel, O. E.; Hurst, P. J.; Lewis, S. H.: Highly programable switched-capacitor filters using biquads with non-uniform internal clocks, *23rd IEEE International SOC Conference (SOCC)*, pp. 33-38 (2010).
8. Catmakas, Z.; Kose, I. H.; Toker, O.; Oz, H. R.: Towards and ARM based low cost and mobile biomedical device test bed for improved multi-multichannel pulmonary diagnosis, *4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering*, pp. 1108-1112 (2008)
9. Prutchi, D.; Norris, M.: *Design and Development of Medical Electronic Instrumentation*, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc. (2005)

Análisis de Datos Sobre la Delincuencia en México en el Periodo 2015-2017 Utilizando Técnicas de Aprendizaje Automático

Karen Leticia Vazquez Flores, Luis Gustavo Olivares Soto, Maria Josefa Somodevilla García,
María De La Concepción Pérez de Celis Herrero

Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
Puebla, Puebla.

krnlet@gmail.com, luisgosmx@hotmail.com,
mariajsomodevilla@gmail.com, mcpcelish@gmail.com

Resumen En este trabajo se presenta un modelo para el análisis de datos criminales, aplicando pre procesamiento de los datos, agrupamiento, clasificación y/o otras herramientas de aprendizaje automático. Los datos fueron recolectados manualmente del secretariado ejecutivo de delitos en México que comprende los años 2015 a 2017 y luego estos datos fueron pre procesados (limpieza y eliminado de inconsistencia). Los datos pre procesados se usaron para describir tendencias y comportamientos criminales, los cuales fueron agrupados de acuerdo a sus atributos importantes. Weka y Microsoft Excel fueron utilizados para analizar dichos datos. Este trabajo tiene como objetivo resolver cuestionamientos que permiten descubrir aspectos importantes sobre la delincuencia en México.

Palabras clave: aprendizaje automático, delincuencia, agrupamiento, clasificación, reglas de asociación.

1. Introducción

En la actualidad México es víctima de violencia generalizada en todo el territorio nacional, por lo cual se ha convertido en uno de los países con mayor número de muertos a manos de organizaciones armadas, según un estudio de la Universidad de Uppsala, en Suecia. Los resultados de los datos analizados ubican a nuestro país dentro de los primeros 10 lugares con mayores conflictos bélicos a escala mundial de los últimos años y como el más violento de América [13].

La información estadística sobre carpetas de investigación reportadas por las procuradurías y fiscalías generales de los estados revelan que continúa al alza de la incidencia delictiva, sin que existan políticas que logren frenar este fenómeno. Debido a esta situación, la seguridad y violencia por la cual atraviesa México no ha logrado detenerse en lo absoluto, al contrario, continúa avanzando en detrimento del bienestar de la población [13].

Una prueba de la problemática anteriormente mencionada puede apreciarse si se compara la incidencia del primer trimestre de 2017 respecto a la del mismo periodo de años anteriores, pues los delitos de alto impacto aumentaron de acuerdo con las estadísticas del

Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP). En este sentido vale la pena señalar que si se contrastan los valores absolutos del primer trimestre de 2017 con el mismo lapso de 2016 se aprecia el incremento de 29.48 % de los homicidios dolosos, de 12.57 % de los homicidios culposos, de 19.75 % de los secuestros del fuero federal y común, de 29.55 % de las extorsiones, de 32.31 % de los robos con violencia, de 13.10 % de los robos de vehículos, de 3.18 % de los robos a casa habitación, de 47.43 % de los robos a negocio, de 31.69 % de los robos a transeúnte y de 5.74 % de las violaciones. Se puede afirmar de acuerdo a estas estadísticas que el primer trimestre de 2017 ha sido peor no solo del sexenio sino desde que se cuenta con esta información estadística [15]. El panorama actual en materia de seguridad y justicia es sumamente complejo, nuestro país vive una crisis de violencia mientras las causas que la detonan continúan siendo las mismas que han sido identificadas por años y de las cuales tanto se ha hablado:

- La lucha entre grupos de delincuencia organizada, y de estos contra el Estado, con la finalidad de obtener el control de determinados territorios.
- La debilidad institucional para controlar y combatir el delito.
- La corrupción de autoridades, mandos e incluso de la sociedad misma a partir de la cual se favorece la entrega de territorios a grupos de delincuencia organizada, se desfalcan las finanzas públicas afectando la capacitación, equipamiento, infraestructura, salarios, prestaciones, desarrollo y motivación de policías, ministerios públicos y peritos.
- La poca capacidad y falta de resultados frente al lavado de dinero.
- La relativización y minimización del aumento de la falta de seguridad, la delincuencia y la violencia con la que responden las autoridades a cuestionamientos basados en evidencia.

Por los motivos anteriormente expuestos en el presente trabajo se utiliza aprendizaje automático para trabajar con un conjunto de datos de delitos con el fin de tratar de responder una serie de preguntas de acuerdo al tema de la delincuencia que actualmente se vive en México, como por ejemplo: ¿Qué delitos son más frecuentes de acuerdo al rango de edad?, ¿Cuál es el estado en el que las mujeres menores de edad cometen más delitos?, ¿Cuáles son los estados en los que un futuro habrá mayor índice delictivo? entre otras.

2. Tipos de análisis de crimen

Los problemas delictivos pueden entenderse y describirse en diversas formas. Es importante destacar que ninguna forma es definitiva. Los problemas debieran describirse

de forma tal, que facilite su comprensión y que a su vez esta comprensión origine formas efectivas de intervención del problema. Generalmente, los incidentes que la policía maneja se pueden agrupar de estas cuatro maneras [1]:

- a. Conducta: Algunas conductas son comunes a los incidentes, por ejemplo: Robar a personas comunes o a comerciantes, manejar bajo la influencia de drogas, chocar vehículos, vender drogas ilícitas, robar vehículos.
- b. Lugar: Algunos lugares pueden ser comunes a los incidentes. Incidentes donde se involucran uno o más problemas de conducta pueden ocurrir por ejemplo en: una esquina, en una casa, en un comercio o negocio, en un parque, en un vecindario, en una escuela, en el ciberespacio o en el teléfono.
- c. Personas: Ciertas personas o grupos de personas pueden ser comunes a los incidentes. Estas personas pueden ser tanto víctimas como delincuentes. Incidentes donde se involucren una o más conductas, que ocurren en uno o más lugares pueden atribuirse a, por ejemplo: una pandilla juvenil, una persona solitaria, un grupo de prostitutas, un grupo de alcohólicos, o personas de cualquier grupo etario.
- d. Tiempo: Algunos tiempos pueden ser comunes a los incidentes. Incidentes donde se involucren una o mas conductas, en uno o mas lugares, causado por o afectando a una o mas personas pueden ocurrir por ejemplo en: La hora pico del tráfico automotor, a la hora de cerrar bares o discotecas, al comienzo de las fechas de las vacaciones Decembrinas/Carnavales/Semana Santa o durante un día de fin de año.

3. Minería de datos y patrón de crimen

La minería de datos es una forma de extraer conocimiento de conjuntos de datos generalmente grandes; en otras palabras, es un enfoque para descubrir relaciones ocultas entre los datos mediante el uso de métodos de inteligencia artificial [14]. La amplia gama de aplicaciones de minería de datos lo ha convertido en un importante campo de investigación. La criminología es uno de los campos más importantes para aplicar la minería de datos. La criminología es un proceso que tiene como objetivo identificar las características del delito. En realidad, el análisis del crimen incluye explorar y detectar crímenes y sus relaciones con criminales. El alto volumen de conjuntos de datos sobre delitos y la complejidad de las relaciones entre estos tipos de datos han convertido a la criminología en un campo apropiado para aplicar técnicas de minería de datos [9].

Un componente esencial de la investigación criminal involucra el interrogatorio de grandes bases de datos de información en poder de la policía y otras agencias de justicia penal. Los sistemas de minería de datos y apoyo a las decisiones tienen un papel importante

que desempeñar para ayudar a la inferencia humana en este dominio forense que crea uno de los entornos de toma de decisiones más desafiantes. Las tecnologías varían ampliamente e incluyen análisis de redes sociales, sistemas de información geográfica y tecnologías de minería de datos para agrupar crímenes, encontrar vínculos entre delincuentes delincuentes y delincuentes, identificar redes criminales, hacer coincidir crímenes, generar sospechosos y predecir actividad delictiva [11].

4. Aprendizaje automático

El Aprendizaje Automático (AA, o Machine Learning, por su nombre en inglés) es la rama de la Inteligencia Artificial que tiene como objetivo desarrollar técnicas que permitan a las computadoras aprender. De forma más concreta, se trata de crear algoritmos capaces de generalizar comportamientos y reconocer patrones a partir de una información suministrada en forma de ejemplos. Es, por lo tanto, un proceso de inducción del conocimiento, es decir, un método que permite obtener por generalización un enunciado general a partir de enunciados que describen casos particulares [4].

Cuando se han observado todos los casos particulares la inducción se considera completa, por lo que la generalización a la que da lugar se considera válida. No obstante, en la mayoría de los casos es imposible obtener una inducción completa, por lo que el enunciado a que da lugar queda sometido a un cierto grado de incertidumbre, y en consecuencia no se puede considerar como un esquema de inferencia formalmente válido ni se puede justificar empíricamente. En muchas ocasiones el campo de actuación del aprendizaje automático se solapa con el de Data Mining, ya que las dos disciplinas están enfocadas en el análisis de datos, sin embargo, el aprendizaje automático se centra más en el estudio de la complejidad computacional de los problemas con la intención de hacerlos factibles desde el punto de vista práctico, no únicamente teórico [4].

Existe una gran variedad de esquemas de aprendizaje automático, aprendizaje supervisado o descriptivo en el cual se encuentra la relación entre los datos y el aprendizaje no supervisado o predictivo en el cual se anticipan los valores futuros.

4.1 Aprendizaje supervisado

El aprendizaje supervisado es la tarea del aprendizaje automático de inferencia de una función a partir de los datos de entrenamiento, dichos datos consisten en un conjunto de ejemplos de entrenamiento. Este tipo de algoritmos analiza los datos de entrenamiento y produce una función deducida que se denomina clasificador o función de regresión. La función debe predecir el valor de salida correcto para cualquier objeto de entrada válida [12].

4.2 Aprendizaje No supervisado

El aprendizaje no supervisado estudia como los sistemas pueden aprender a representar patrones de entrada particulares, de manera que refleja la estructura estadística de la colección general de patrones de entrada [3].

Este tipo de aprendizaje se utiliza para análisis de datos exploratorios para encontrar patrones ocultos o agrupación en los datos. En el aprendizaje no supervisado no existe una variable de clase por lo cual se utilizan las Reglas de Asociación, el agrupamiento y las correlaciones y factorizaciones.

4.3 Minería de datos

La minería de datos es la extracción de información implícita, desconocida o previamente ignorada [7], que puede ser potencialmente útil, de un conjunto de datos. Se puede considerar a la minería de datos como una colección de diferentes técnicas que sirven para inducir el conocimiento e información de una manera estructurada de un gran conjunto de datos. Existen diferentes plataformas para implementar métodos de minería de datos, como por ejemplo Weka y librerías de Phytion.

Métodos de Aprendizaje Supervisado

Los clasificadores representan una conexión entre las variables que son dadas y las que se van a predecir, para esta investigación se utilizaron varios clasificadores en el objetivo de mostrar con cual clasificador se comportan mejor los datos [2].

El árbol J48 es la implementación de C4.5 [7], pero no del algoritmo C4.5 original, sino de una versión mejorada del mismo llamada C4.5 revisión 8, que a su vez es una evolución del algoritmo ID3. Todos estos algoritmos nos permiten formar árboles de decisión para clasificar instancias, sin embargo, en el caso de C4.5 y J48, entre otras diferencias, se pueden utilizar instancias numéricas y no sólo nominales como en el caso de su antecesor ID3.

LibSVM es una biblioteca para la máquina de soporte vectorial (SVM por sus siglas en ingles). Su objetivo es ayudar a los usuarios para facilitar la aplicación de SVM en sus aplicaciones. LibSVM es muy popular en el aprendizaje automático y muchas otras áreas. Un uso típico de la librería incluye dos pasos: primero, entrenar un conjunto de datos para obtener un modelo y segundo, usar el modelo para predecir información de un conjunto de datos de prueba.

Métodos de Aprendizaje no Supervisado

EM (Expectation Maximisation) asigna una distribución probable para cada instancia que indica la probabilidad de que pertenezca a cada uno de los clusters o grupos. EM puede

decidir cuantos clusters se crean por validación cruzada, o se puede especificar a priori cuantos clústeres se generan [7].

La clase Apriori implementan un algoritmo tipo Apriori. Reduce de manera iterativa el soporte mínimo hasta que encuentre el número requerido de reglas con la confianza mínima dada para extraer las reglas de asociación [7].

K-means fija el número de conglomerados (k) como el número de clústeres k -medias. La elección correcta de k depende del problema y del dominio y generalmente el usuario prueba varios valores de k , lo cual tiene un alto costo computacional. Una alternativa es utilizar un algoritmo como EM para determinar el número de k [2].

5. Estado de Arte

Los trabajos en [16] y [17] presentan aplicaciones de minería de datos criminológicos en Argentina. Los resultados experimentales obtenidos han sido validados por los especialistas de la Dirección Nacional de Protección Civil (DNPC). Estos resultados han permitido tanto confirmar conceptos preexistentes (pero con una justificación sustentada en los datos), como generar nuevas piezas de conocimiento. Al respecto se han identificado tres patrones distintos de homicidios dolosos en base a los hechos ocurridos en Argentina durante 2005. La deserción de los adolescentes de las comunidades terapéuticas administradas por la Congregación de Religiosos Terciarios Capuchinos España, los cuales han infringido en la ley y no están privados de su libertad, se ha convertido en un problema que interrumpe el proceso de rehabilitación y pone en riesgo la integridad de los adolescentes en la sociedad. Este documento [6] presenta un modelo para identificar a los adolescentes que pertenecen a estas comunidades y que son candidatos a ser posibles desertores. Se empleó la técnica de minería de datos para la búsqueda de relaciones entre variables, la cual permite identificar patrones en grandes volúmenes de información, lo que facilita la formulación de estrategias y toma de decisiones en cualquier área de conocimiento. Se utilizó una base de datos que reunió información básica de 300 adolescentes: edad, sexo, consumo de sustancias psicoactivas, tipo de vivienda, área de origen, cantidad de ingresos semestrales y anuales para los programas de rehabilitación. Este trabajo concluye que el consumo de sustancias psicoactivas es el factor que más motiva la deserción. El gobierno, la familia y la sociedad en general deberían desarrollar e implementar estrategias para evitar la proliferación de nuevos consumidores y rehabilitar los existentes.

La aplicación de la metodología de minería de datos a la información existente y la documentación sobre los delitos en la ciudad de Bogotá, resalta el valor añadido de este tipo de análisis para la comprensión y la generación de un nuevo conocimiento sobre el fenómeno delictivo. Los resultados han sido contrastados con la investigación y los análisis de especialistas del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INML-CF) y el secretaría distrital de gobierno (CEACSC), que ha permitido confirmar los conceptos preexistentes y generar nuevas

piezas de conocimiento. Al menos se han identificado tres patrones de violencia sexual con base en los hechos registrados por el INML-CF en Bogotá durante el año 2007. Los patrones de violencia sexual en situación de incesto y la violencia sexual en situación de anonimía validan claramente el conocimiento profesional a la fecha que señala una clasificación entre el abuso sexual y el asalto sexual. La violencia sexual en situación de estructura familiar señala un patrón en los datos que, si bien es borroso, aporta el conocimiento nuevo en tanto pone atención a la transformación de la estructura familiar y de padres, y las implicaciones que esta transformación acarrea para la comisión de actos punibles, como el delito sexual [5].

La minería de datos, entendida en sentido amplio, puede ser un gran aliado en entornos fluctuantes y dinámicos como Deep Web y Dark Web. Sus técnicas pueden ayudar a encontrar sentido a cantidades ingentes de datos. También pueden contribuir a reducir la sobrecarga informativa y cognitiva de los miembros de los cuerpos y fuerzas de seguridad y de la comunidad de la inteligencia [8].

6. Aplicación de Minería de Datos

A continuación se presenta el desarrollo de los modelos planteados con ayuda de la aplicación de la minería de datos, como lo son conjunto de datos de aprendizaje, desarrollo de almacén de datos entre otros.

6.1 Conjunto de Datos de Aprendizaje

La delincuencia es un fenómeno social que depende tanto del tratamiento que recibe en los medios de comunicación como de las políticas públicas diseñadas para su prevención. Con el fin de contribuir desde el punto de vista tecnológico a la mitigación y prevención de estos delitos, se propone un análisis de datos delincuencia en México en el periodo comprendido entre los años 2015-2017.

Año	Clave_Ent	Entidad	Bien jurídico	Tipo de delito	Subtipo de delito	Modalidad	Sexo	Rango de edad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2015	1	Aguascalientes	La vida y la	Homicidio	Homicidio	Con arma	Mujer	Menores de 18 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	1	Aguascalientes	La vida y la	Homicidio	Homicidio	Con arma	Mujer	Menores de 18 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	1	Aguascalientes	La vida y la	Homicidio	Homicidio	Con otro elemento	Mujer	Menores de 18 años	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
2015	1	Aguascalientes	La vida y la	Homicidio	Homicidio	No especificado	Mujer	Menores de 18 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	1	Aguascalientes	La vida y la	Homicidio	Homicidio	Con arma	Mujer	Menores de 18 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	1	Aguascalientes	La vida y la	Homicidio	Homicidio	En accidente	Mujer	Menores de 18 años	0	2	1	2	2	1	0	1	1	0	0	0
2015	1	Aguascalientes	La vida y la	Homicidio	Homicidio	Con otro elemento	Mujer	Menores de 18 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	1	Aguascalientes	La vida y la	Homicidio	Homicidio	No especificado	Mujer	Menores de 18 años	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 1: Muestra de datos de índices delictivos

6.2 Desarrollo del Almacén de Datos

Los almacenes de datos o Data Warehouses permiten disponer de sistemas de información de apoyo a la toma de decisiones y de bases de datos que permiten extraer conocimiento de la información histórica almacenada en la organización. Se trata de bases de datos diseñadas con un objetivo de explotación (orientadas al análisis) distinto al de las bases de datos de los sistemas operacionales (orientadas al proceso) [10]. Es por eso que se decidió representar los datos en un data warehouse para el manejo más eficiente de la información.

Proceso ETL (Extracción, Transformación y Cargado)

Como se mencionó anteriormente los datos bajo análisis presentan información sobre la delincuencia en México. Para iniciar el proceso se desarrolló un almacén de datos representado en la figura 2, donde delito, delincuente, lugar y tiempo son las dimensiones que caracterizan la actividad del almacén de datos.

1. Tiempo: Incluye año y mes cuando se realizó el delito.
2. Lugar: Indica la entidad donde se realizó el delito.
3. Delito: Muestra quien es el afectado, el tipo, subtipo y modalidad del delito.
4. Delincuente: Incluye el sexo y rango de edad de la persona que cometió el delito.

La tabla de hechos, la cual es el objeto de análisis, se mide a través de la cantidad de delitos. La información descriptiva del esquema se muestra a través de los atributos de las dimensiones, los cuales son de tipo nominales y numéricos.

Los datos fueron cargados en MySQL y se utilizó un conector para manipular los datos desde Weka. Posteriormente se generó una consulta en Weka cuyo resultado constituye la vista minable.

Los datos fueron obtenidos de información disponible del Sistema Nacional de Seguridad Pública¹. Este conjunto de datos cuenta con 264,960 instancias en las cuales se presentan datos sobre el delincuente, el delito realizado, la fecha y el lugar donde en la que se cometió dicho. La captura de una muestra de estos datos se muestra en la figura 3. El formato original de estos datos se presenta en la figura 1.

Análisis de Datos Sobre la Delincuencia en México en el Periodo
2015-2017 Utilizando Técnicas de Aprendizaje Automático

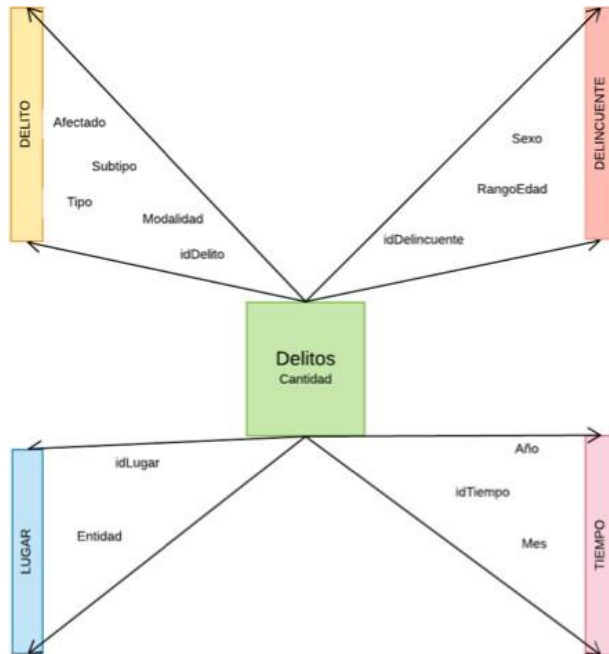


Fig. 2: Almacén de datos de la delincuencia en México

Los datos del mundo real generalmente tienen los siguientes inconvenientes (Duplicado e Inconsistencia). Estos datos necesitan ser pre procesados para obtener los datos adecuados para el análisis objetivo por tal motivo se implementó la siguiente consulta.

```
SELECT año, mes, entidad, Sexo, RandoEdad, afectado, Tipo, Subtipo, Modalidad, Cantidad FROM hecho h, delito d, delincente de, lugar l, tiempo t WHERE h.idDelito=d.idDelito and h.idTiempo=t.idTiempo and h.idLugar=l.idLugar and h.idDelincuente=de.idDelincuente and h.idDelito=d.idDelito.
```

```

INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio doloso','Con arma de fuego');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio doloso','Con arma blanca');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio doloso','Con otro elemento');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio doloso','No especificado');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio culposo','Con arma de fuego');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio culposo','Con arma blanca');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio culposo','En accidente de tránsito');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio culposo','Con otro elemento');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Homicidio','Homicidio culposo','No especificado');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Lesiones','Lesiones dolosas','Con arma de fuego');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Lesiones','Lesiones dolosas','Con arma blanca');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Lesiones','Lesiones dolosas','Con otro elemento');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Lesiones','Lesiones dolosas','No especificado');
INSERT INTO DelitoC(Afectado,Tipo,Subtipo,Modalidad) VALUES ('La vida y la integridad corporal','Lesiones','Lesiones culposas','Con arma de fuego');

```

Fig. 3: Captura de una muestra de la dimensión delito

La consulta de agregación anterior generó un conjunto de datos de aprendizaje X atributos y Y instancias, cuyos atributos se muestra en la figura 4 al cual con el objetivo de generar la vista minable y para poder obtener patrones de comportamiento se aplicaron los siguientes filtros al conjunto de datos de aprendizaje.

1. Limpieza: identificar o eliminar valores atípicos, y resolver inconsistencias
2. Transformación.
3. Reducción.
4. Discretización.

La figura 4 muestra conjunto de datos utilizado en nuestro modelo propuesto. La base de datos mencionada contiene valores de datos reales de delincuentes.

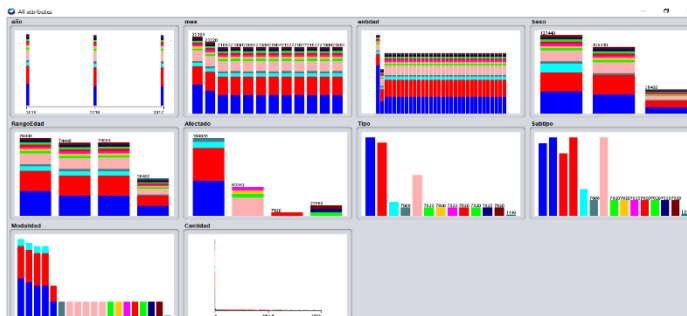


Fig. 4: Atributos de delincuencia

7. Experimentos y Resultados

Las agencias de aplicación de la ley hoy se enfrentan a un gran volumen de datos que deben pre procesarse y transformarse en información útil. La minería de datos ayuda a mejorar el análisis de los delitos, para después reducir y prevenir estos. El propósito de este estudio es explorar la aplicabilidad de técnicas de minería de datos en los esfuerzos de análisis de delitos así como su prevención. Para la extracción de patrones se utilizaron las técnicas de reglas de asociación y agrupamiento para encontrar relaciones entre los atributos de las instancias.

7.1 Reglas de asociación

La minería de reglas de asociación es un método usado para generar reglas del comportamiento del conjunto de datos, basado en las ocurrencias frecuentes. Estos patrones ayudan a los ejecutivos de seguridad pública a tomar decisiones encaminadas a la prevención de delitos. Se aplicó el algoritmo apriori con soporte de 0.1 y confianza de 0.9 y se encontraron *itemsets* de longitud 4. Además 10 reglas fueron encontradas para dicha configuración como se muestra en la figura 5.

7.2 Reglas de asociación

La minería de reglas de asociación es un método usado para generar reglas del comportamiento del conjunto de datos, basado en las ocurrencias frecuentes. Estos patrones ayudan a los ejecutivos de seguridad pública a tomar decisiones encaminadas a la prevención de delitos. Se aplicó el algoritmo apriori con soporte de 0.1 y confianza de 0.9 y se encontraron *itemsets* de longitud 4. Además 10 reglas fueron encontradas para dicha configuración como se muestra en la figura 5.

Observando los datos de la figura 5 las 11 reglas generadas tienen confianza 1, debido a que las reglas de asociación generan demasiadas reglas podemos decir que algunas de las reglas son demasiado obvias, otras reglas demuestran que el homicidio es el tipo de delito más cometido seguido por lesiones y en ambos casos se afecta la vida y la integridad corporal de la víctima. Con un nivel de confianza 0.8 las reglas muestran la relación entre el tipo de delitos con el tipo de delito, fecha y características del delincuente. Es importante destacar que se nota un incremento en la participación de mujeres y menores de edad en la ejecución de delitos.


```

Apriori
=====

Minimum support: 0.25 (66240 instances)
Minimum metric <confidence>: 0.8
Number of cycles performed: 15

Generated sets of large itemsets:

Size of set of large itemsets L(1): 12
Size of set of large itemsets L(2): 14
Size of set of large itemsets L(3): 3

Best rules found:

1. RangoEdad=Menores de edad (0-17) 79448 ==> Cantidad=(-inf-170.9]' 79448 <conf: (1)> lift: (1) lev: (0) [204] conv: (204.2)
2. Tipo=Homicidio 76172 ==> Afectado=La vida y la Integridad corporal 76172 <conf: (1)> lift: (1.56) lev: (0.1) [27320] conv: (27320.27)
3. Tipo=Homicidio 76172 ==> Cantidad=(-inf-170.9]' 76172 <conf: (1)> lift: (1) lev: (0) [195] conv: (195.78)
4. Tipo=Homicidio Cantidad=(-inf-170.9]' 76172 ==> Afectado=La vida y la Integridad corporal 76172 <conf: (1)> lift: (1.56) lev: (0.1) [27320] conv: (27320.27)
5. Afectado=La vida y la Integridad corporal Tipo=Homicidio 76172 ==> Cantidad=(-inf-170.9]' 76172 <conf: (1)> lift: (1) lev: (0) [195] conv: (195.78)
6. Tipo=Homicidio 76172 ==> Afectado=La vida y la Integridad corporal Cantidad=(-inf-170.9]' 76172 <conf: (1)> lift: (1.57) lev: (0.1) [27515] conv: (27515.18)
7. Tipo=Lesiones 71172 ==> Afectado=La vida y la Integridad corporal 71172 <conf: (1)> lift: (1.56) lev: (0.1) [25526] conv: (25526.94)
8. Tipo=Lesiones Cantidad=(-inf-170.9]' 70494 ==> Afectado=La vida y la Integridad corporal 70494 <conf: (1)> lift: (1.56) lev: (0.1) [25283] conv: (25283.76)
9. RangoEdad=No especificado 74584 ==> Cantidad=(-inf-170.9]' 74507 <conf: (1)> lift: (1) lev: (0) [114] conv: (2.46)
10. Sexo=Mujer 123440 ==> Cantidad=(-inf-170.9]' 123211 <conf: (1)> lift: (1) lev: (0) [88] conv: (1.38)
11. año=(-inf-2015.2]' 88320 ==> Cantidad=(-inf-170.9]' 88125 <conf: (1)> lift: (1) lev: (0) [32] conv: (1.16)
    
```

Fig. 5: Reglas de asociación por el algoritmo Apriori

7.3 Agrupamiento

El algoritmo K-Means agrupa las instancias de datos de acuerdo a una medida de similitud. Este algoritmo requiere como parametro de entrada el numero de grupos que serán formados. Los tipos de delitos de entrada, número de clústeres, número de Iteración y las semillas iniciales pueden producir un importante papel en los resultados finales [19]. Para K=5 se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura 6. Observe que el error cuadrático medio es de 87758.

```

Number of iterations: 4
Within cluster sum of squared errors: 877581.0

Initial starting points (random):

Cluster 0: {0 '\(2015.8-2016)\',1 Marzo,2 Chihuahua,3 Hombre,4 'No especificado',5 'Libertad personal',6 Secuestro,7 Secuestro,8 'Secuestro'
Cluster 1: {1 Diciembre,2 Zacatecas,5 'La sociedad',6 'Trata de personas',7 'Trata de personas',8 'Trata de personas'}
Cluster 2: {0 '\(2015.8-2016)\',1 Septiembre,2 'Veracruz de Ignacio de la Llave',3 'No identificado',4 'No identificado'}
Cluster 3: {1 Febrero,2 Tamaulipas,4 'Adultos (18 y más)',5 'La sociedad',6 'Corrupción de menores',7 'Corrupción de menores',8 'Corrupción de menores'}
Cluster 4: {0 '\(2016.8-inf)\',1 Febrero,2 Tamaulipas,3 Hombre,8 'Con otro elemento'}
    
```

Fig. 6: Primer prueba con algoritmo K-Means

Con el objetivo de disminuir el error ese realizó otro experimento con $k=5$ pero realizando un procesamiento sobre los datos. En particular se aplico el filtro RemoveDuplicate, RemoveFrequentValues y se utilizo el modo de prueba Percentage split con 66 % y se obtuvo un error de 72352 lo cual representan una disminución del error de mas del 90 % como se muestra en la figura 7.

```
kMeans
=====

Number of iterations: 4
Within cluster sum of squared errors: 72352.0

Initial starting points (random):

Cluster 0: {1 Julio,2 Chiapas,7 'Homicidio culposo',8 'En accidente de tránsito'}
Cluster 1: {0 '\(2015.8-2016)\'',1 Junio,2 Nayarit,3 Hombre,6 'Otros delitos que atentan contra la vida y la',7 'Otros delitos que atentan
Cluster 2: {0 '\(2016.8-inf)\'',1 Septiembre,2 Campeche,5 'Libertad personal',6 'Otros delitos que atentan contra la libertad ',7 'Otros de
Cluster 3: {1 Septiembre,2 Tlaxcala,4 'Adultos (18 y más)',6 Lesiones,7 'Lesiones culposas'}
Cluster 4: {1 Junio,2 'Nuevo León',3 Hombre,5 'Libertad personal',6 Secuestro,7 Secuestro,8 'Secuestro con calidad de rehén'}

Missing values globally replaced with mean/mode
```

Fig. 7: Segunda prueba con algoritmo K-Means

8. Resultados de acuerdo a las preguntas de investigación

La primera pregunta por responder es: **¿Qué delitos son mas frecuentes de acuerdo al rango de edad?** Se observo que las mujeres menores de edad cometen homicidio culposo con arma blanca (COL 1).

La segunda pregunta a contestar es **¿Cuál es el estado en el que las mujeres menores de edad cometen mas delitos?** De acuerdo a los resultados en (COL 1) se observa que mujeres menores de edad cometieron 4854 homicidios con arma blanca.

¿Cuál es el delito que más se comete por mujeres y en que mes? Se observa en (COL 1) que en el estado de Chiapas en el mes de Julio se cometen mas delitos ejecutados por mujeres.

¿Cuáles son las modalidades de delito que más afectan a la población? Homicidio culposo con arma blanca, seguido por lesiones culposas con arma de fuego (COL 2 y COL 4).

Gráficamente se muestran los resultados de las preguntas en el gráfico refgrafica1.

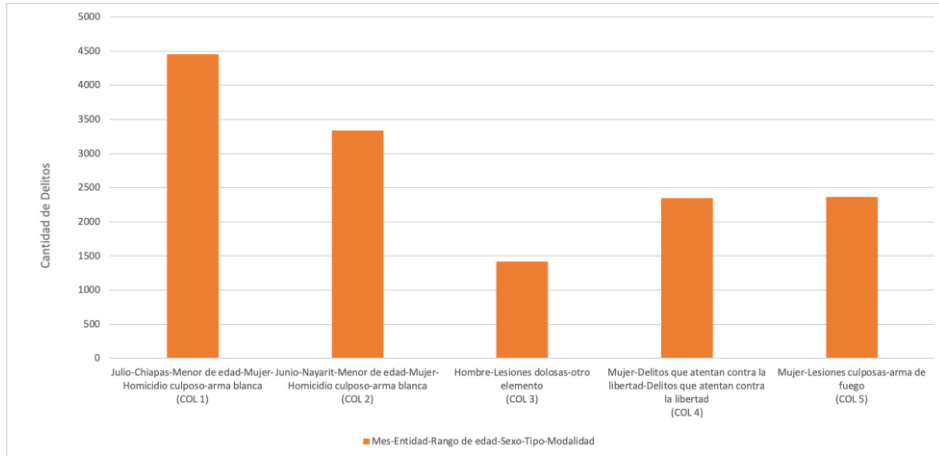


Fig. 8: Rango de edad comparado con tipo de delitos

8. Conclusión

En este artículo se generaron modelos no supervisados sobre el comportamiento de delitos en México, tomando en cuenta un conjunto de 264,960 datos de aprendizaje, que comprende 2015-2017. Se utilizó una base de datos de Excel que posteriormente fue exportada a Weka para pre procesar y analizar los delitos.

Se preprocesaron los datos mediante la aplicación de filtros no supervisados por atributo y por instancia. En particular se removieron atributos que no aportaban información relevante al análisis, aplicando un filtro supervisado SelectAttribute se determinó que los atributos que mejor describen al número de delitos cometidos son entidad, sexo, rango de edad, afectado y tipo de delito. Es importante destacar que se observó un incremento de mujeres menores de edad cometiendo delitos.

En este trabajo no se reportaron resultados utilizando aprendizaje supervisado debido a que los errores de la predicción fueron muy altos. Se está trabajando en el pre procesamiento de datos con vistas a la generación de un modelo supervisado para la predicción de la cantidad de delitos que se cometerán en un futuro en México.

Referencias

1. Jesus Camacho. *El triangulo de analisis de problemas*. 2016.
2. Cristina García Cambroner and Irene Gómez Moreno. Algoritmos de aprendizaje: knn & kmeans. *Inteligencia en Redes de Comunicación, Universidad Carlos III de Madrid*, 2006.
3. Peter Dayan, Maneesh Sahani, and Grégoire Deback. Unsupervised learning. *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*, 1999.
4. Universidad de Sevilla Dpto. Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Introducción al aprendizaje automático. *Consultada en internet el día*, 28 de mayo de 2017.
5. Nelson J Garnica and Ángela Marcela Olaya Murillo. Exploration of sexual violence in the city of bogota: application of a data mining technique. *Revista Criminalidad*, 53(2):145–173, 2011.
6. Víctor Gil and Angélica Velasco López. Minería de datos aplicada a la detección de la deserción en adolescentes infractores. *Ingenierías USBMed*, 7(2):61–66, 2016.
7. Erika Vilches Gonzalez and Iván A Escobar Broitman. Minería de datos. *Consultada en internet el día*, 25, 2012.
8. Eva Martín Ibáñez. Dark web y deep web como fuentes de ciberinteligencia utilizando minería de datos. *3ª E'POCA*, page 74, 2017.
9. Mohammad Reza Keyvanpour, Mostafa Javideh, and Mohammad Reza Ebrahimi. Detecting and investigating crime by means of data mining: a general crime matching framework. *Procedia Computer Science*, 3:872–880, 2011.
10. César Pérez Lopez. *Minería de datos: técnicas y herramientas*. Editorial Paraninfo, 2007.
11. Giles Oatley and Brian Ewart. Data mining and crime analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 1(2):147–153, 2011.
12. Elia María Quirós Rosado. Clasificación de imágenes multispectrales aster mediante funciones adaptativas. 2009.
13. Ruy Alonso Rebolledo. México es el país más violento de américa. jun 2017.
14. José Cristobal Riquelme Santos, Roberto Ruiz, and Karina Gilbert. Minería de datos: Conceptos y tendencias. *Inteligencia artificial: Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 10(29):11–18, 2006.
15. FRANCISCO RIVAS. Observatorio nacional ciudadano seguridad seguridad, justicia y legalidad. *Consultada en internet el día*, 29 de mayo de 2017.
16. F Valenga, Paola Verónica Britos, I Perversi, Enrique Fernández, Hernán Merlino, and Ramon García Martínez. Aplicación de minería de datos para la exploración y detección de patrones delictivos en argentina. 2007.
17. Federico Valenga, Enrique Fernández, Hernán Merlino, Darío Rodríguez, Carolina Procopio, Paola Britos, and Ramón García-Martínez. Minería de datos aplicada a la detección de patrones delictivos en argentina. pages 31–40, 2008.

18. Edagar Gonzalez Yazmin Salazar, Carolina Lopez. *Analisis espacial como herramienta para el estudio del comportamiento del delito*. El Universal, 2017.
19. Dr Zakaria Suliman Zubi and Ayman Altaher Mahmud. Crime data analysis using data mining techniques to improve crimes prevention. *International Journal of Computers*, 8(1):39–45, 2014

Sistema de Seguridad Comunitaria para Inhibir el Robo a Casa Habitación Utilizando IoT

Carlos Yael Canizales Castro, Bryan Anthua Mejía López,
Axell Habid Hernández Bojalil, Nicolás Quiróz Hernández

¹²³Laboratorio de Innovación BUAP-Intel, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
18 Sur y Avenida San Claudio S/N, San Manuel, Puebla, México

¹²{cyaelcc94, iam.bryananthua}@gmail.com, ³axell_hb@hotmail.com

Resumen. Durante 2017, los índices de robo a casa habitación en México se han incrementado con respecto a años anteriores. A partir de esta problemática, surge la necesidad de implementar un sistema que permita notificar a los usuarios de una comunidad cuando se presenta un evento en alguna casa, además, teniendo un protocolo comunitario de reacción. Por este motivo se implementó un sistema de seguridad utilizando Internet de las Cosas (IoT) con comunicación MQTT, que permitirá, a los vecinos responder de manera inmediata ante algún evento.

Palabras Clave: Sistema de Seguridad, Internet de las Cosas, MQTT

1. Introducción

De acuerdo con el Observatorio Nacional Ciudadano, el número de robos a casa habitación en México durante 2017 se ha incrementado con respecto a años anteriores [1]. Además, este delito, es uno de los que más preocupa a la población, pues puede conllevar a otros delitos como lo son, daños a la propiedad, violaciones, heridas o asesinato [2]. Por este motivo, se implementó un Sistema de Seguridad utilizando Internet de las cosas, en conjunto con un protocolo de acción por parte de la comunidad, podría reducir de manera significativa la cantidad de estos delitos.

El Internet de las Cosas (IoT) es un paradigma de comunicación donde diversos dispositivos están interconectados a través de redes de comunicación [3]. Estos dispositivos se pueden encontrar desde hogares hasta hospitales, ofreciendo servicios como la administración y la seguridad. Para realizar estas tareas, los dispositivos sensan el entorno y envían información referente a estas mediciones a otros dispositivos, los cuales se encargan de tomar decisiones, ya sea activando actuadores o notificando al usuario.

Para realizar esta comunicación es necesario hacer uso de protocolos de red, y en el caso del Internet de las Cosas estos protocolos deben ser ligeros ya que los dispositivos utilizados pueden tener recursos muy limitados.

2. Trabajos relacionados

Actualmente, existen diferentes soluciones utilizadas por la población para mitigar esta problemática:

2.1 ADT

Este sistema de seguridad está conformado por diversos sensores que se instalan en diferentes partes de la casa o negocio, como lo son, puertas, ventanas cámaras en los muros. Es una solución ampliamente utilizada por la población, y cuyo precio no pudo ser encontrado en la página web [4].

Su protocolo de acción es, informar a un centro de información, el cual verifica que haya ocurrido un incidente y a partir de ahí, informa a las autoridades. Esto provoca que pueda ser alrededor de los 20 minutos.

2.2 Vecino Vigilante

Sistema de seguridad instalado por instancias gubernamentales. Conformado por una bocina y un indicador visual que es activado por los vecinos cuando creen que existe actividad sospechosa en su vecindario, en algunas ocasiones este sistema de bocina e indicador es sustituido por silbatos entregados a los vecinos de la colonia. Está acompañado por un protocolo de acción entre los mismos vecinos [5].

2.3 Whats app

A pesar de no ser un sistema de comunicación orientado a la seguridad, es ampliamente utilizado por la población debido a su omnipresencia. Diversas comunidades (colonias, edificios, calles, manzanas, vecindades, etc.) tienen grupos dentro de esta aplicación, y los usuarios notifican de cualquier actividad que ellos creen sospechosa. Debido a su naturaleza de ser una aplicación de mensajería en general, puede llegar a ser utilizado para otros propósitos que el designado, provocando que los usuarios ignoren dichos grupos u optando por salirse de ellos.

3. Diseño del sistema de seguridad

El sistema de seguridad consta de 2 partes. El sistema ubicado en el hogar, y el sistema comunitario.

3.1 Sistema de seguridad en el hogar

El sistema de seguridad en el hogar consta de sensores, actuadores, aplicación móvil y el gateway.

Los sensores realizan mediciones de diversas índoles y notifican al gateway cuando sean activados. Los actuadores notifican al usuario cuando se presente algún evento, y despliegan la información recibida del gateway indicando la dirección dentro de la comunidad donde ocurrió.

La aplicación móvil tiene la función de botón de pánico, este puede activar el sistema de seguridad. De igual manera, recibe la dirección de donde un evento, así como, el nombre del afectado y una fotografía de la persona.

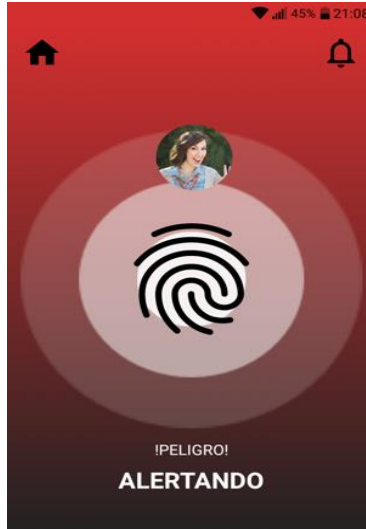


Fig. 1. Vista del botón de pánico activado

El gateway estará ubicado en cada una de las casas que conformen la comunidad. Este recibe la información de los sensores y botón de pánico, procesa esta información, y la envía hacia la nube. También, recibe información de la nube y habilita los actuadores.

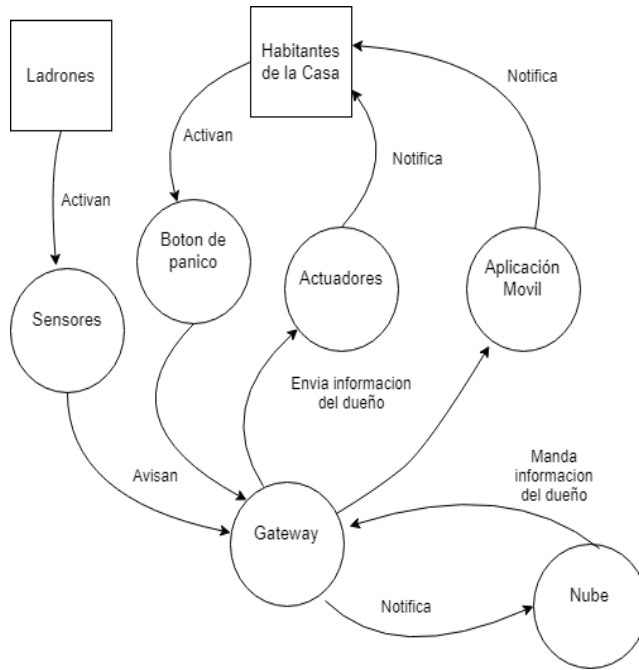


Fig. 2. Diagrama de Flujo de Datos del Sistema de Seguridad

3.2 Sistema de seguridad en la Comunidad

Está conformado por los gateways de las casas del vecindario y la nube.

La nube recibe la información de los gateways ubicados en las casas de los vecinos. Se encarga recibir la información, procesarla, enviar la dirección donde ocurrió el ilícito, y el nombre de la persona afectada.

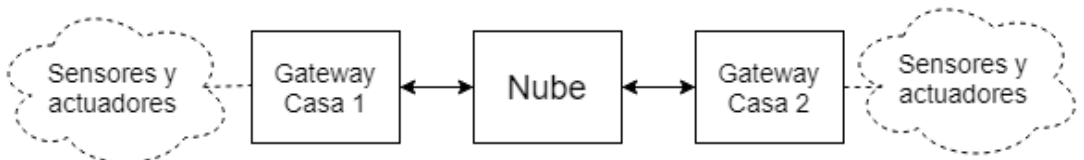


Fig. 3. Diseño de la conexión de la nube con la comunidad

4. Comunicación

Para la comunicación de los dispositivos se utiliza el protocolo de Cola de Mensajes con Transporte Telemétrico (MQTT por sus siglas en ingles), es un protocolo ligero, especialmente diseñado para Internet de las Cosas [4]. Es un protocolo de comunicación Maquina a Maquina (M2M), soporta el envío de mensajes a múltiples dispositivos. Se compone de dos elementos, los clientes y el bróker. Los clientes pueden publicar o suscribirse a información mediante el uso de identificadores. Estos identificadores reciben el nombre de tópicos, son jerárquicos y se encuentran separados por una diagonal. Existe soporte para comodines en los tópicos, pueden sustituir un nivel jerárquico (utilizando el símbolo “+”) y varios niveles (utilizando el símbolo “#”). El bróker es el servidor al cual se conectarán los clientes para suscribirse o publicar información.

Al ser un protocolo ligero, sus tiempos de respuesta son reducidos. Esto lo hace un protocolo ideal para Internet de las Cosas. Cuenta con implementaciones en diversos lenguajes como: C/C++, Python, Java, C#, Go, PHP, etc.

Se han desarrollado diversas especificaciones para MQTT, orientadas para redes de sensores (MQTT-SN) y para incluir seguridad en su implementación utilizando TLS (MQTT-S).

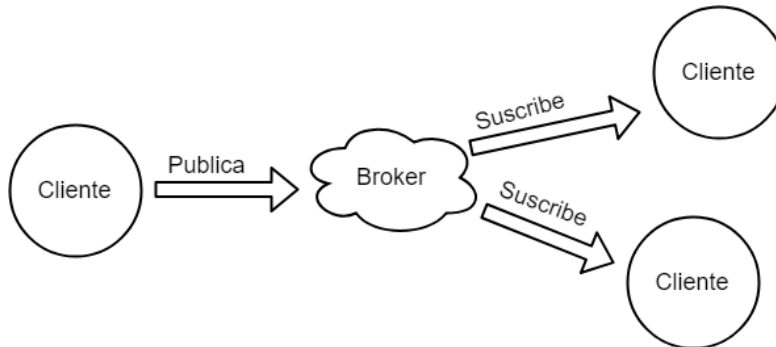


Fig. 4. Diagrama de la arquitectura de MQTT

5. Resultados

Para la realización de las pruebas se implementó el sistema en dos casas (referidas como Casa A y Casa B) ubicadas en la misma red, Se instalaron sensores pasivo infrarrojos (PIR) para detectar presencia de delincuentes, y sensores magnéticos instalados en puertas y

ventanas para detectar si eran forzadas. Se utilizaron tarjetas Intel Edison como gateways, y una tarjeta Raspberry Pi para simular la nube.

Se realizaron 5 pruebas de activación para cada uno de los sensores y el botón de pánico en Casa A y en Casa B. Para estas pruebas, se activaron los sensores y el botón de pánico en Casa A y se observó que enviaban exitosamente la información al gateway correspondiente en la mayoría de las pruebas (Tabla 1). Se realizaron las mismas pruebas para los sensores y el botón de pánico en Casa B, y se observó que la información era de igual manera enviada correctamente al gateway correspondiente (Tabla 2)

Tabla 1. Pruebas realizadas para cada sensor y boton de panico en Casa A

Numero de Activación	Sensor PIR	Sensor Magnético	Botón de Pánico
1	✓	✓	✓
2	✗	✓	✓
3	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓

Tabla 2. Pruebas realizadas para cada sensor y boton de panico en Casa B

Numero de Activación	Sensor PIR	Sensor Magnético	Botón de Pánico
1	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓

Se tuvo como resultado, que se notificó de manera exitosa en cada una de las simulaciones, tanto de los sensores, como del botón de pánico.

6. Conclusión y trabajo futuro

A pesar de que el sistema fue probado para dos casas, es replicable para vecindarios completos, así como unidades habitacionales. Es importante mencionar que se debe complementar el sistema con un protocolo de acción comunitaria.

Para futuras versiones del sistema, se planea la inclusión de mayor cantidad de sensores, cámaras de vigilancia a las cuales tendrá acceso la persona de manera remota cuando lo requiera. También se plantea, la integración con los cuerpos de seguridad, proveyéndolos, dispositivos adecuados a sus necesidades, para que puedan actuar de manera más ágil cuando se presente un delito.

También se plantea agregar inteligencia artificial para obtener patrones de comportamientos en los robos para posteriormente trabajar con las autoridades en estrategias para evitar estos delitos.

Referencias

1. Observatorio Nacional de Seguridad: Incidencia de los delitos de alto impacto en México: Reporte anual 2017. <http://onc.org.mx>. <http://onc.org.mx/informe2017.pdf>. (2018). Accedido el 1 de Agosto de 2018
2. Aguirre Quezada, J. P: Robo a casa habitación. Revista pluralidad y consenso. <http://revista.ibd.senado.gob.mx/index.php/PluralidadyConsenso/article/view/372>.(2016). Accedido el 1 de Agosto de 2018
3. Atzori. L., Antonio, I., & Giacomo, M. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, Vol. 54, No. 15, (October 2010), 2787-2805
4. México, A. (2018). index. [online] ADT Security Services - México. Available at: <https://www.adt.com.mx/residencial/soluciones/adt-connect> [Accessed 1 de Agosto de 2018].
5. El Sol de Puebla. (2018). Entregan 150 alarmas a comités de Vecino Vigilante en Cuautlancingo. [online] Available at: <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/entregan-150-alarmas-a-comites-de-vecino-vigilante-en-cuautlancingo-849506.html> [Accessed 22 Oct. 2018].
6. Hillar, G. C. *MQTT Essentials - A Lightweight IoT Protocol*. Packt (2010)

Sistema por Puntos para Conservar la Licencia de Conducir Utilizando IoT

Saul Luna-Minor, Edith Solis-Cuautle, Nicolás Quiroz-Hernández, Diego Juárez-Rocha.

Laboratorio SLED, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Puebla, México.

tiopolimarch_68@hotmail.com , edimsocu@gmail.com , diego_ajr_@hotmail.com

Resumen. El sistema pretende incentivar a ser mejores conductores, reduciendo el índice de accidentes ocasionados al manejar un vehículo, utilizando un sistema de puntos. Cuando se comete una falta al reglamento de tránsito, se le agregaran puntos y al alcanzar una cierta cantidad de puntos podrá llegar a perder su licencia. El sistema también permite premiar a los conductores, por ejemplo, si toman cursos para mejorar el estrés al volante, el enojo con otros conductores, permitiendo incluso recuperar su licencia. En España y Perú existen algunos sistemas de puntos implementados para sancionar a los conductores. Se detectan algunos eventos como no llevar puesto el cinturón de seguridad, estacionarse en un lugar restringido, dar vuelta sin dar señal, etc. Para la detección de estos eventos se utilizan las redes de comunicación (CAN-BUS, LIN-Bus, FLEX-RAY, Wifi, etc.) que tiene un automóvil, lo anterior permite registrar este evento en el sistema de puntos. Estos son enviados a la nube utilizando IoT mediante MQTT, para ser procesada la información mediante el gestor de Node.js, la parte del hardware en el vehículo se realiza con microcontroladores de arquitectura ARM Cortex-M4^[1].

Palabras Clave: Accidentes, Sistema de puntos, MQTT, Node.js, WebSocket, Bluetooth, Base de datos, ARM Cortex-M.

1. Introducción

En el 2016, el INEGI reportó 360,051 accidentes de tránsito vehicular (Figura 1), 4,599 Muertes y 97,614 heridos (Figura 2). Si bien el índice de accidentes ha bajado en los últimos años, las cifras siguen siendo bastante altas.

Contrastando con países donde ya se ha implementado el sistema, como es el caso de España, el cual desde el 2006 se ha impuesto el sistema (Figura 3), se ha reducido el índice de fallecidos y heridos.

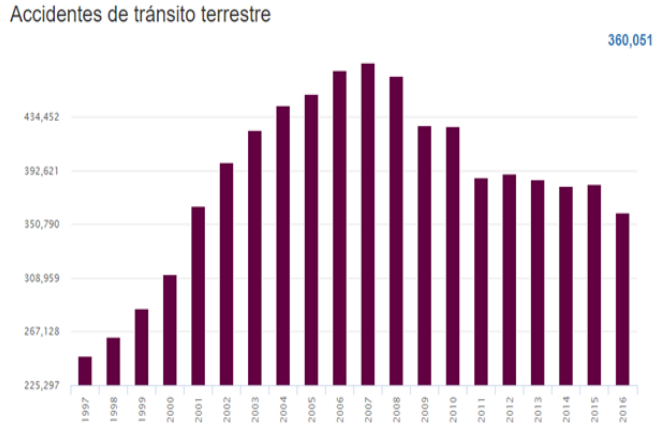


Fig. 1. Accidentes de tránsito terrestre en zonas suburbanas y urbanas desde el año 1997 hasta el año 2016.

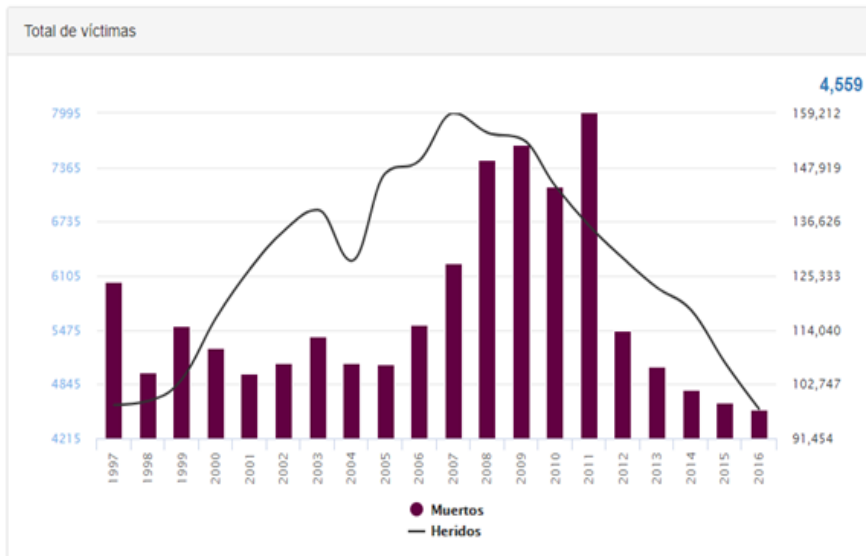


Fig. 2. Personas heridas y muertas en accidentes de tránsito terrestre en zonas suburbanas y urbanas desde el año 1997 hasta el año 2016.

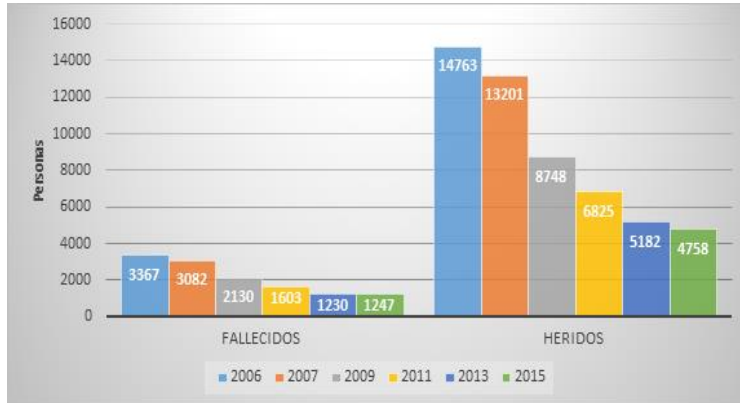


Fig. 3. Índice de fallecidos y heridos en accidentes de tráfico en España desde el 2006 hasta el 2015. Fuente: *DGT (Dirección general de tráfico de España)*.

1.1 Implementación del sistema de puntos

En España, Perú, Italia, Francia y el Reino Unido tienen implementado sistemas similares, obteniendo buenos resultados. A continuación, se analizan algunos de los sistemas implementados en dichos países.

A. Sistema de Licencia de Conducir por Puntos en España

El conductor al recibir su licencia se le pone 12 puntos iniciales.

Si el conductor realiza actos como son, por ejemplo:

1. Conducir con exceso de alcohol.
2. Conducir sin licencia.
3. Conducir excediendo los límites de velocidad.

Entre otros más, se le restarán puntos dependiendo de la falta que cometió. Si el conductor llega a quedar sin puntos, pierde el permiso de conducción.

Para recuperar sus puntos es necesario realizar un curso en un centro concertado. Su costo es cargado al interesado y son impartidos por personal especializado. Al finalizarlo vuelve a comenzar con 8 puntos.

El conductor podrá consultar el estado de sus puntos de su licencia en un sitio web. Sin embargo, este sistema no está automatizado en su totalidad, depende mayormente de los

policías de tránsito, los cuales registran si el conductor cometió alguna falta, como las ya mencionadas.

B. Sistema de Licencia de Conducir por Puntos en Perú

El conductor inicialmente tiene cero puntos, si este comete algún tipo de infracción, deberá pagar una multa correspondiente y se le acumularán puntos, los cuales se podrá ver el usuario en un sitio web.

Si este llega a los 100 puntos por primera vez se le suspenderá la licencia por 6 meses, y si llega acumularlos por segundo vez será por un año, cuando sea la tercera vez será suspendido definitivamente.

C. Propuesta del Sistema.

Tomando como base el sistema de Perú, donde se suman puntos por cada falta, se propone un sistema de puntos para sancionar y premiar a los conductores en México según sea el caso, en la Tabla 1 se muestra la propuesta. Donde el usuario inicialmente no tiene puntos y por cada falta que cometa se le irán acumulando. Al alcanzar los 50 puntos se le suspenderá la licencia.

Con base al reglamento de tránsito del estado de Puebla^[2], se tiene una correspondiente tabla del tipo de infracción y sus puntos de penalización,

Tabla 1. Sistema de puntos, con algunas infracciones y sus respectivos puntajes.

Infracciones que restan puntos	Puntos
No usar el cinturón de seguridad	2
Estacionarse en lugares restringidos	2
Invasión de lugares peatonales	3
Dar vuelta sin señal	4
Ir en exceso de velocidad	4
Pasarse luz roja	4
Manejar en estado de ebriedad	24

Faltas como manejar en estado de ebriedad, se monitorearán por medio de policías de tránsito, los cuales subirán las faltas cometidas al sitio web.

2. Redes de comunicación automotriz

Los vehículos actuales tienen redes de comunicación internas (LIN, CAN-BUS^[3], FlexRay, MOST, etc) para comunicar las unidades de control electrónico (ECU) con los sensores y/o actuadores del vehículo, como son los faros, sensores del motor, cuadro de instrumentación, frenos ABS, etc.

2.1 Sistema de multiplexado de datos "LIN-Bus"

El bus LIN permite comunicación entre un específico grupo de actuadores y sensores, como son: faros, limpiaparabrisas, aire acondicionado, etc. Este surge de implementar un bus de bajo costo, ya que solo usa una línea de cable, capacitores cerámicos y este trasmite mensajes a 12 volts, para que esta señal no se vea afectada por el ruido.

Usa el concepto Maestro-Eslavo, donde solo el maestro puede iniciar una transmisión de datos. El maestro puede tener hasta 16 Esclavos.

2.2 Red CAN-BUS

Su principal característica es la de poder manejar actuadores y sensores importantes en el automóvil como son: ABS, Motor, sensor de aceite, etc. Además de consumir menor energía, al no usar 12V, sino apegándose los rangos TTL(0V-5V).

Es una Red robusta, tolerante a fallos, ya que tiene las siguientes características:

1. Se conforma de un par trenzado de dos cables, donde CAN-HIGH es de color negro con naranja y CAN-LOW es de color marrón con naranja (Figura 4). El que sea trenzado ayuda a reducir el efecto de Crosstalk.



Fig. 4. Cable típico CAN-BUS.

- Se considera bit dominante a un cero lógico y un bit recesivo a un uno lógico. Es un protocolo diferencial, ya que la diferencia de voltajes de la línea CAN_LOW y CAN_HIGH nos representa un bit dominante o recesivo. Esto ayuda a mejorar la detección de un bit. En la Figura 5 se aprecia cuando hay un bit dominante o recesivo.

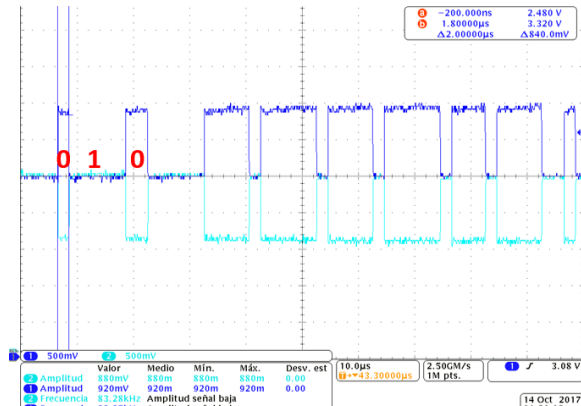


Fig. 5. Trama CAN-BUS capturada en un osciloscopio donde la línea azul oscuro es CAN_HIGH y la de azul claro es CAN_LOW.

- La Figura 6, se aprecia los niveles de CAN_HIGH y CAN_LOW, si ambos llegaran a disminuir o subir su voltaje, estos toleran hasta 0.5 volts de variación.

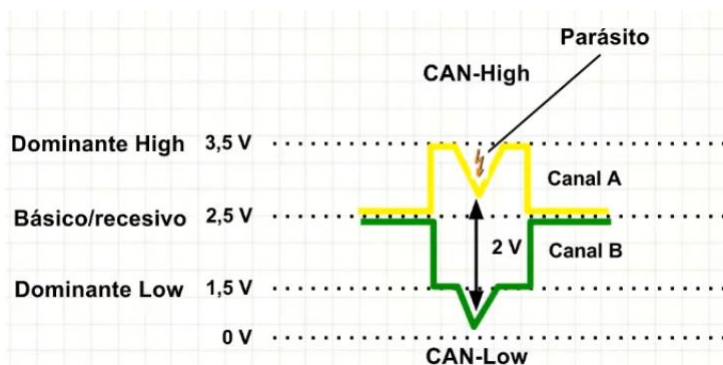


Fig. 6. Compensación de influencias parasitas.

Una red CAN-BUS está compuesta por dos resistencias de 120Ω conectadas en paralelo y los dispositivos que se unen se les llama “nodos” (Figura 7), los cuales son actuadores y sensores del vehículo.

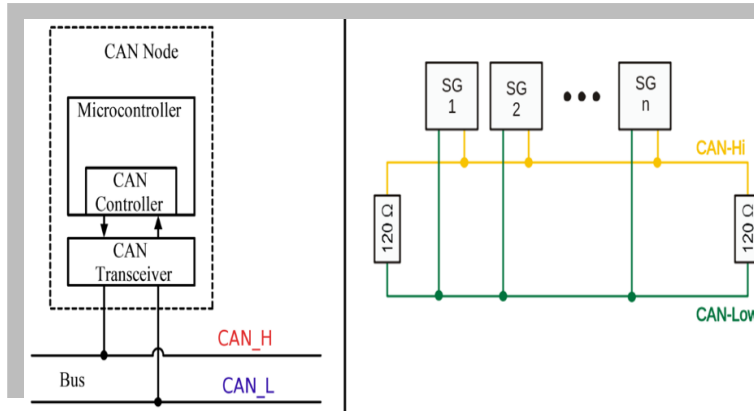


Fig. 7: Composición interna de un nodo y una red CAN-BUS.

3. Características y Funcionamiento del sistema

Cada vehículo tendrá un sistema instalado, para la detección de infracciones que comete el conductor (no llevar el cinturón, dar vuelta sin dar señal, pasarse un semáforo, entre otras). Por cada infracción se irán acumulando puntos.

Cuando alcance una cierta cantidad de puntos podrá llegar a perder su licencia.

Para recuperarla, es deber del usuario tomar cursos de educación vial, cursos para tratar enojo, pagar una multa, trabajo comunitario, etc. Considerado que reiteradas veces perdió la licencia, se le podría inmovilizar su auto.

Desde una página web el conductor podrá revisar el puntaje acumulado (Figura 8), así como la tabla ya mencionada. El dispositivo estará conectado por medio de OBD-II (diagnostico abordo)^[4], por su fácil colocación en vehículos (para modelos 2000 en adelante), teniéndose entonces acceso a una red CAN-BUS, proporcionándose información de los demás nodos.

Infracción	Puntos de penalización	Fecha y hora	Lugar
Estacionarse en lugares restringidos	2	2018-09-12 19:22:10	Complejo Cultural Universitario
Estacionarse en lugares restringidos	2	2018-09-12 19:23:52	Complejo Cultural Universitario
Dar vuelta sin señal	2	2018-09-12 19:13:57	Complejo Cultural Universitario
Dar vuelta sin señal	2	2018-09-12 19:20:50	Complejo Cultural Universitario
Dar vuelta sin señal	2	2018-09-12 19:20:55	Complejo Cultural Universitario
Dar vuelta sin señal	2	2018-09-12 19:21:00	Complejo Cultural Universitario
Total de Puntos:	12		

Fig. 8. Puntaje del conductor.

MQTT^[5] es un protocolo de comunicación que consume muy poco ancho de banda y puede ser usado en dispositivos de bajos recursos como son microcontroladores. El sistema tiene un *NodeMCU* (tarjeta de desarrollo) que posee MQTT y un PIC18F4580, que debido a su comunicación CAN-BUS, analiza y detecta la infracción para ser enviada por medio del protocolo serial al NodeMCU.

El servidor se comunica por medio de MQTT al NodeMCU (Figura 9), una vez que reciba esta información, es procesada y mostrada en una página web.

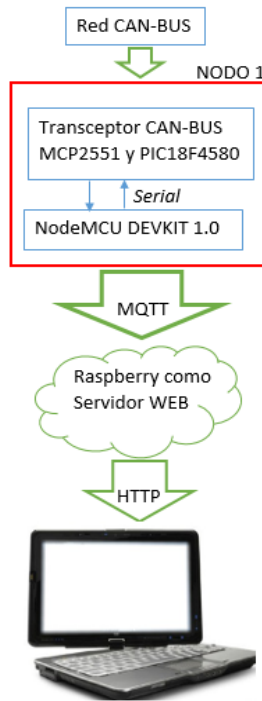


Fig. 9. Representación gráfica de como los diferentes dispositivos interactúan entre sí para poder mandar el mensaje a través del protocolo MQTT al servidor.

Usando el IDE de Arduino y mediante lenguaje C++, se programa el NodeMCU. Hay que descargar la librería de MQTT al IDE, la cual se encuentra de manera libre, alojada en un repositorio de GIT-HUB^[6].

Fragmentó de código para nodeMCU, donde se indica el broker y la IP del servidor.

```
const char* ssid = "BUAP_Estudiantes";  
const char* password = "f85ac21de4";  
const char* mqtt_server = "172.31.81.161";
```

Fragmentó de código para nodeMCU, donde se indica el topic para envío y recepción de datos, cuando llega algún dato por serial.

```

client.loop();

if (swSer.available() > 0) {
// read the incoming byte:
value = swSer.read();
if(value != 10 ){
snprintf (msg, 75, "%ld", value);
Serial.print("Publish message: ");
// Serial.println(msg);
client.publish("outTopic", msg);
}
}

```

El servidor web está corriendo en una Raspberry pi 3, donde se tiene instalado Node.js, entorno de ejecución para código JavaScript. Con NPM (gestor de librerías para Node.js) se instaló la biblioteca MQTT (Figura 11), para conectar el vehículo con el servidor, además de usar websockets^[7], permitiendo en tiempo real, la visualización de información en el sitio web.

```

1 var http = require('http').createServer(handler);
2 var fs = require('fs'); //require filesystem module
3 var mqtt = require('mqtt')
4 var mysql = require('mysql');
5 var client = mqtt.connect('mqtt://172.31.116.35:1883');
6 var io = require('socket.io')(http)
7 http.listen(8080);

```

Fig. 11. Código en javascript cargando los paquetes de: MQTT, MySQL, HTTP y websocket (socket.io)

El código que se muestra abajo tiene la función del topic al que se suscribe y con “socket.emit ('trasmite',mensaje1);” se enviar por medio de websocket la información recibida.

```
client.subscribe("outTopic")

io.sockets.on('connection', function (socket) { //
WebSocket Connection

client.on('message', function (topic, message) {
console.log(message.toString())
mensaje1 = message.toString();
socket.emit('trasmite',mensaje1);
```

Mientras en la parte del Frontend tenemos un función que escucha cuando se reciben los datos.

```
socket.on('trasmite',function (data)
```

También se tiene una base de datos (creada en MariaDB), esta registra información del auto y conductor correspondiente, así como el tipo de infracción, puntaje que le corresponde, hora y fecha del suceso.

4. Prototipo y futuras modificaciones

Se tiene un diseño del nodo (Figura 12), donde se utilizará un microcontrolador Cortex-M4, con CAN-BUS y un transceptor esp8266 que tiene MQTT, sin embargo, se ha considerado el uso de Sigfox^[8], red de comunicación para IoT de mayor alcance (de 10 hasta 30 km). Además en un futuro los autos tendrán conexión con 5G^[9], quedando a consideración para futuras implementaciones del sistema.

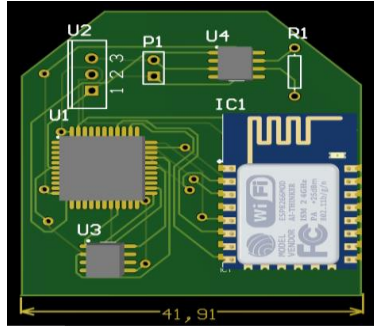
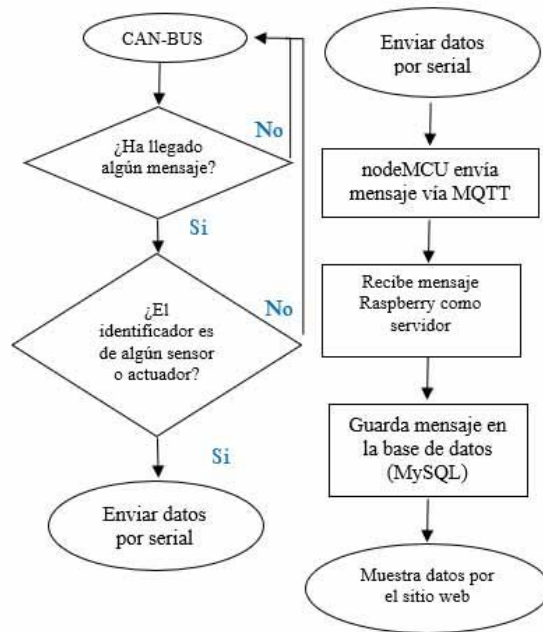


Fig. 12. Diseño visto en 3D del dispositivo que se conectara en un vehículo, con una memoria, un microcontrolador Cortex-M4 y un transceptor esp8266.

Algoritmo 1. El algoritmo que usamos para enviar y recibir información se muestra abajo, donde si hay un mensaje por CAN-BUS, se verifica su identificador, para saber de cual sensor o actuador es el mensaje y después se manda por serial. El nodeMCU recibe por serial el mensaje y después lo manda por protocolo MQTT al servidor.



5. Prototipo

Basándonos en un modelo a escala de un auto, se hicieron pruebas para ver el funcionamiento del sistema.

Primero para el CAN-BUS, se trenzo el cable con un taladro para no tener imperfecciones (Figura 13).



Fig. 13. Trenzado del cable por medio de un taladro.

Además, se adaptó el auto para que fuera lo más cercano a la realidad (Figura 14)



Fig. 14. Se hicieron las adaptaciones correspondientes para que el prototipo fuera lo más cercano a la realidad.

6. Pruebas realizadas

La primera prueba que realice fue al poner un sensor que detectara cuando se estaciona en un lugar prohibido, entonces mandará un código el cual se compara en el servidor web y este asigna un puntaje.

Se realizó una página de prueba (Figura 15), y en la línea de comandos se observa cómo se guardó el dato en una base de datos (Figura 16).

Proyecto FEPRO!!!

Ingresa el texto a enviar:

Click the button to display the value of the value attribute of the text fieS

Texto recibido

Tipo de penalizacion:

Puntos:

Fig. 15. Página de prueba para comprobar la recepción y transmisión de mensajes.

Se hicieron 30 pruebas donde se mandaron cadenas de caracteres y números enteros, para después comprobar si se guardaron en la base de datos (Figura 16).

```

Tables_in_Prueba | Table_type |
+-----+-----+
| Dato            | BASE TABLE |
+-----+-----+
1 row in set (0.00 sec)

MariaDB [Prueba]> SELECT *From Dato
-> ?
+-----+-----+
| cadena          | numero |
+-----+-----+
| 10              | 0      |
| Hi              | 17     |
| Konichiwa      | 15     |
| arigato         | 20     |
| arigato         | 20     |
| gracias         | 7      |
| mensaje         | 0      |
| Valor enviado: 53 | 5      |
| Valor enviado: 51 | 5      |
| Valor enviado: 0  | 5      |
| Valor enviado: 0  | 5      |
| Valor enviado: 53 | 5      |
| Valor enviado: 55 | 5      |
| Valor enviado: 55 | 5      |
| 55              | 5      |
| 55              | 5      |
| NULL            | 5      |
| NULL            | 5      |
| NULL            | 5      |
| NULL            | 5      |

```

Fig. 16. Base de datos donde se comprobaron los datos almacenados.

7. Resultados finales

Por último, en la página web, el usuario al entrar, visualizará una tabla (Figura 18) con puntos correspondientes, después este tendrá un “login” (Figura 19), para después de poner su usuario y contraseña podrá ver el estado de sus puntos (Figura 20). Se hicieron 3 prueba en diferentes horas y días para comprobar el funcionamiento del sitio web (Figura 21).

Infracción		Puntos de penalización
No usar el cinturón de seguridad.		2
Estacionarse en zona restringida.		2
Invasión de lugares peatonales.		3
Dar vuelta sin dar señal		4
Ir en exceso velocidad permitida.		4
Pasarse luz roja.		4
Manejar en estado de ebriedad.		24

Puntos Alcanzados	Dias Inmovilización del vehículo	Observaciones
50	1	Habilitar el sistema de inmovilización

Fig. 18. Primera página del sitio web.


Inicio		Entrar
		
Username Ingrese Username		
Password Ingrese Password		
Login		

Fig. 19. Registro de usuario del sitio web.



Fig. 20. Estado de puntos del usuario.

```

MariaDB [(none)]> SHOW FULL TABLES FROM SETRUV;
+-----+-----+
| Tables_in_setruv | Table_Type |
+-----+-----+
| administrador    | BASE TABLE |
| atienda          | BASE TABLE |
| buzón            | BASE TABLE |
| cometa1         | BASE TABLE |
| conductor        | BASE TABLE |
| infraccion       | BASE TABLE |
| operador        | BASE TABLE |
| solicitud        | BASE TABLE |
+-----+-----+
0 rows in set (0.23 sec)

MariaDB [(none)]> SELECT * FROM Conductor;
ERROR 1105 (20000): No database selected
MariaDB [(none)]> USE SETRUV
Database changed
MariaDB [SETRUV]> SELECT * FROM Conductor;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| idC | login | password | correo | puntos | refInfraccion | estado |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 154 | Sofia | d08e4d813d02e1c13f6c388e5f5cf69ca5f11 | sofiaCorreo@hotmail.com | 2 | 1 | activo |
| 157 | Sara | 0f3fd0183d44077c040215a2fab909a097aecc | saraCorreo@hotmail.com | 4 | 2 | activo |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
0 rows in set (0.00 sec)

MariaDB [SETRUV]> SELECT * FROM Cometa1;

```

Fig. 21. Base de datos del correspondiente sitio.

8. Conclusiones

El alto crecimiento de redes de comunicación (MQTT, Sigfox, 4G, 5G, etc.), aumentan las posibilidades de transferencia de datos en un auto hacia la nube.

Aumentos en el parque vehicular año con año, hacen ver la necesidad del sistema para reducir accidentes viales, control de vehículos y una mejor educación tanto en Puebla como en todo el país.

Referencias

1. Joseph Yiu. (2016). ARM Cortex-M for Beginners. 14/10/2018, de ARM Sitio web: <https://community.arm.com/processors/b/blog/posts/white-paper-cortex-m-for-beginners-an-overview-of-the-arm-cortex-m-processor-family-and-comparison>
2. Secretaría de Servicios Legales y Defensoría Pública. (1993). Reglamento de Tránsito del Estado de Puebla. 10/09/2018, de secretaria de servicios legales y defensoría publica Sitio web: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Puebla/wo96936.pdf>
3. Teodoro Paúl Tenesca Arpi. (2013). Estudio para simular un RED-CAN con aplicación de dispositivos electrónicos. Tesis de licenciatura. Universidad del AZUAY.
4. Shanying Cheng. (2013). Driver Design and Implementation of CAN BUS in Real-Time Operating System Based on ARM Cortex-M3. Artículo. College of Math and Computer Jiangxi Science & Technology Normal University.
6. Lampkin V et al 2012 Building smarter planet solutions with MQTT and IBM WebSphere MQ telemetry IBM, ITSO
7. <https://github.com/256dpi/arduino-mqtt/blob/master/src/MQTTClient.h> (Consultado 13/08/2018).
8. Hickson, I., "The WebSocket API", W3C Working Draft WD-websockets-20110929, September 2011, <https://www.w3.org/TR/2011/WD-websockets-20110929>
9. <https://www.sigfox.com/en> (Consultado 19/09/2018).
10. <https://www.sdxcentral.com/5g/> (Consultado 27/09/2018).

Uso de Sensores para Riego en Tiempo Real para Hidroponía

Nuria Aidé López Hernández¹, Jessica Nayeli López Espejel²,
Abel Alejandro Rubín Alvarado³, Eduardo Contreras López⁴

¹ Postgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5,
Carretera México-Texcoco, 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

² Paris13 y Commissariat à l'Énergie atomique et aux Énergies Alternatives (CEA-Paris-Saclay).
8 Avenue de la Vauve, 91120 Palaiseau

³ Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. CU, Boulevard 18
Sur, Av. San Claudio y Jardines de San Manuel, 72570 Puebla, Pue., México

⁴ Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. CU, Boulevard 18
Sur, Av. San Claudio y Jardines de San Manuel, 72570 Puebla, Pue., México

¹lopez.nuria@colpos.mx, ² jessica.lopez-espejel@cea.fr, ³abel.rubin@alumno.buap.mx, ⁴ lalostd@gmail.com

Resumen. La escasez de agua actualmente es una problemática a nivel mundial que requiere investigación. En este sentido, el área de ciencias agrícolas ha enfocado su investigación, principalmente, en el desarrollo y aplicación de metodologías de estimación del requerimiento hídrico de los cultivos, orientado al uso efectivo y eficiente de los sistemas de riego. El objetivo de este trabajo de investigación es implementar sensores de humedad dentro de un sistema de riego que aplique el requerimiento hídrico en la cantidad y el momento exacto en que lo solicite el cultivo. La metodología empleada consistió en calibrar sensores de humedad tipo resistivos con la curva característica hídrica de un sustrato de roca volcánica, de uso común en hidroponía, conocido como tezontle. Adicionalmente, se implementaron dichos sensores a un sistema de riego por goteo y los datos obtenidos se registraron en una base de datos. Los resultados permitieron determinar en qué momento se debe aplicar o detener el riego para mantener al sustrato con un contenido de humedad óptimo. Se concluye que es posible emplear sensores de humedad para controlar eficientemente el riego en tezontle.

Palabras Clave: Sistema de Riego, Requerimientos Hídricos, Sensado de Datos.

1. Introducción

En los últimos años, la escasez de agua ha obligado a reorientar la investigación agrícola hacia el uso de sistemas de riego más eficientes que permitan ahorrar agua [1]. Dicha investigación se ha enfocado, principalmente, en la implementación de métodos de estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos, por ejemplo el método de la FAO

Penman-Monteith [2] ya que los métodos directos como los lisímetros, balance de energía o el método de la correlación turbulenta, aunque tienen mayor precisión su manejo es complicado y tienen un alto costo de adquisición y operación. Sin embargo, los métodos de estimación tienen la desventaja de que deben ser calibrados para cada región en específico y no es posible conocer el requerimiento real de agua de las plantas [3], llevando a sobre o subestimaciones.

Contar con un método que permita conocer el requerimiento hídrico real del cultivo es de gran importancia, dado que uno de los principales factores que afectan el rendimiento es la aplicación oportuna y eficiente del riego, ya que, por ejemplo, una mala programación de riego promueve la presencia de enfermedades y desórdenes fisiológicos [4].

Actualmente, se han perfeccionado y adaptado diversos indicadores de riego, con la ayuda de sensores y sistemas de monitoreo más sofisticados que permiten determinar con mayor confiabilidad el momento del riego a través de variables asociadas al estrés hídrico de los cultivos. Ejemplos de éstos son los dendrómetros para medir la variación del diámetro del tallo, los sensores para estimar el flujo de savia, los termómetros de infrarrojos para medir la temperatura foliar y las cámaras de presión para medir la presión hídrica foliar del cultivo en campo [5].

En horticultura protegida es común la producción en hidroponía, y en México uno de los principales sustratos empleados es la roca volcánica conocida como tezontle [6]. Investigaciones anteriores han demostrado que las características físicas del sustrato determinan el programa de riego del cultivo [7], por lo que el objetivo de este trabajo es implementar sensores de humedad a un sistema de riego que utilice un sistema de control basado en sensores de humedad, para aplicar el requerimiento hídrico en la cantidad y el momento exacto en que lo solicite el cultivo, a partir de las características físicas del tezontle.

1.1 Antecedentes

Hablar en estos tiempos de la tecnificación del campo, podría hacernos pensar de todas las técnicas con las que contamos para poder aprovechar y maximizar la producción de los cultivos, sin embargo, esta área está muy lejos de esta idea, la verdad en la que se encuentra la tecnificación del campo es en particular acerca de la implementación de suministros para la distribución de agua, técnicas de instalación y supervisión de instalación de las mismas cuestiones, muy alejadas a lo que vivimos en muchas otras áreas.

Sin embargo estamos en una etapa donde la tecnificación del campo está siendo abordada por varias investigaciones como lo son la realizada por Flores *et al.*, [8] quienes presentaron las demandas hídricas del tomate en sus diferentes etapas fenológicas, estimando los requerimientos diarios del riego usando lisímetros de drenaje, así como el

control agronómico y ambiental de campos de la Universidad de Chapingo, Estado de México. Sus resultados indican que la evapotranspiración diaria del cultivo es de 0.2 L en la etapa inicial, y en la etapa final es de 1.5 L.

2. Método

En esta sección se definen claramente cada una de las tareas de las diferentes etapas involucradas en el desarrollo del presente proyecto: la caracterización del sustrato y calibración de los sensores de humedad que constituye la base de estudio principal en este trabajo de investigación, la implementación de los sensores a un sistema de riego, el sistema de adquisición de datos y finalmente la base de datos.

2.1 Caracterización del sustrato y calibración de los sensores de humedad

En el Laboratorio de Física de Suelos del Colegio de Postgraduados ubicado en Texcoco, Edo. de México, México se determinaron las características físicas del tezontle proveniente de una mina de Texcoco, Edo. De México. La caracterización física consistió en la determinación de su curva de liberación de agua [9], lo que permitió conocer la capacidad del sustrato de retener agua bajo potenciales hídricos de 0, 10, 50 y 100 cm de columna de agua.

La calibración consistió en relacionar el contenido de humedad del sustrato con la señal de los sensores de humedad. Se utilizaron sensores de humedad tipo resistivos, con baja sensibilidad a la conductividad eléctrica para evitar cualquier efecto en la medición cuando se usen fertilizantes en el riego. Para realizar la calibración se tomaron muestras del sustrato cuando se estabilizó su contenido de humedad en cada punto de medición de la curva de liberación de agua (0, 10, 50 y 100 cm de columna de agua). Posteriormente, cada muestra se pesó en una balanza Metter PC 2000®, se colocó el sensor de humedad y se registró el valor de la señal. Al concluir la medición con los sensores cada muestra se secó en estufa a 75°C hasta alcanzar peso constante, mismo que se midió con la balanza Metter PC 2000®.

El diseño experimental se realizó con tres repeticiones, la normalidad se verificó con las pruebas de Shapiro-Wilks, la homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett, y la comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), con el programa estadístico SAS versión 9.0 [10].

2.2 Diseño de la maceta con sensores y descripción general del sistema de riego

El diseño consistió en colocar 9 sensores de humedad tipo resistivos en la parte media de una maceta distribuidos uniformemente con el fin de garantizar amplia cobertura en la zona

de crecimiento radical. De los sensores se envían las señales de humedad adquiridas por estos hacia una tarjeta de desarrollo UDOO NEO. En dicha tarjeta se procesan los datos y se envía la señal de arranque de la bomba que permite distribuir el agua de un tinaco de almacenamiento hacia las macetas mediante goteros.

2.3 Sistema de adquisición de datos (DAQ) basado en un sistema embebido.

La adquisición de las variables físicas de cada sensor utilizado se realizó con una tarjeta de desarrollo UDOO NEO que cuenta con dos núcleos en el mismo procesador: un ARM® Cortex-A9 de 1 GHz, y un co-procesador de E/S en tiempo real ARM Cortex-M4. Estos núcleos brindan la opción de tener control bajo un S.O. de distribución Linux (UDOOubuntu 2), así como el acceso al diseño estándar de pins de shields de placas Arduino, 32 pins de entrada y salida GPIO extendidos para el núcleo A9 y 22 para el A4.

La tarjeta UDOO NEO está limitada a 6 entradas analógicas que no son suficientes para la lectura de todos los sensores, por lo cual las señales fueron multiplexadas de la siguiente manera: 9 señales corresponden a los sensores de humedad FC-28 y 4 más que integran una estación meteorológica para información de Temperatura y Humedad relativa, intensidad UV, intensidad lumínica en %, y un sensor de CO2 (TH02, GUA-S12D,

GL55 LDR, Mq-135). En consecuencia a lo anterior, la etapa de acondicionamiento está integrada por un amplificador operacional y un multiplexor (MUX) analógico. Las señales devueltas son directamente utilizadas por el sistema embebido (figura 1), en la que se ejemplifica el procedimiento de adquisición de datos de los 27 sensores de humedad que son adquiridos y enviados por la tarjeta de desarrollo hacia el servidor para su posterior procesamiento.

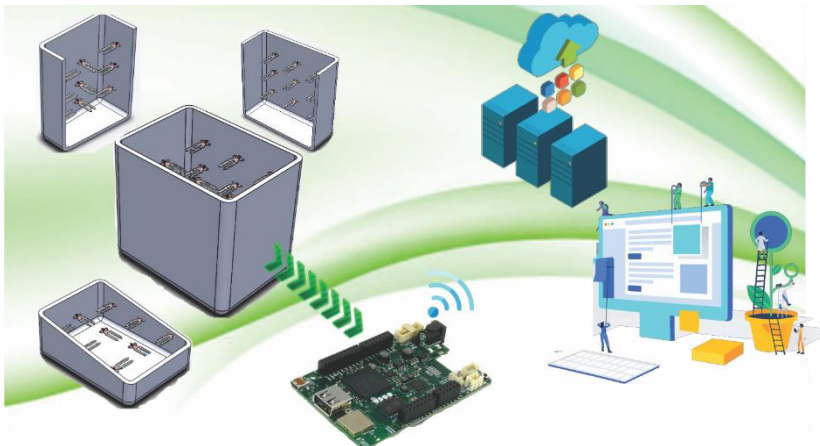


Fig. 1. Sistema embebido.

El sistema embebido controla qué señal desea obtener mediante un contador binario, que dispone de una secuencia. Secuencia que va desde 0000 hasta la cantidad de señales o de entradas en el MUX menos 1, recibe las señales en una sola entrada analógica, y una vez recorrido el contador, es decir, obtenidas las lecturas de todos los sensores, se almacenan las variables realizadas sus correspondientes conversiones a humedad, intensidad lumínica, intensidad UV, etc.

2.4 Base de datos

La recolección de datos en tiempo real es de vital importancia para conocer la cantidad de humedad del sustrato en cuestión, y en función de estas medidas saber cuando debe continuar o detenerse el riego. La obtención de datos se manda mediante una conexión Wi-Fi establecida entre la tarjeta de desarrollo UDOO y un servicio de tipo REST (por sus siglas en inglés *Representation State Transfer*) que establece la comunicación entre el cliente y el servidor de un sistema web. La información sensada se guarda en una base de datos en Oracle SQL que se encuentra en el clúster ubicado en el departamento de redes y soporte técnico del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.

Una de las tablas de la base de datos contiene 27 campos que corresponden a los datos obtenidos de cada uno de los sensores (el sensado se realiza cada segundo). Es importante mencionar los datos hasta esta parte de la investigación se utilizaron crudos, es decir, el valor directo que se obtuvo los sensores, y solo se reporta el resultado de 9 de ellos, puestos que la información de los demás es trabajo futuro.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización del sustrato y calibración de los sensores de humedad

El comportamiento de la curva característica de humedad (Figura 2), muestra la capacidad del tezontle en cuanto a la aireación y la retención de la humedad. El agua fácilmente disponible para las plantas se maneja entre los 10 y los 50 cm de columna de agua [9]. En el caso del tezontle empleado en este trabajo, la capacidad de contener agua fácilmente disponible es del 12.5 % respecto a volumen, valor que coincide con los valores reportados por otros investigadores [6], pero que no se encuentra dentro del rango óptimo considerado entre 20 y 30 % [11], lo que indica que es bajo y, por lo tanto, es importante hacer un buen manejo de riego.

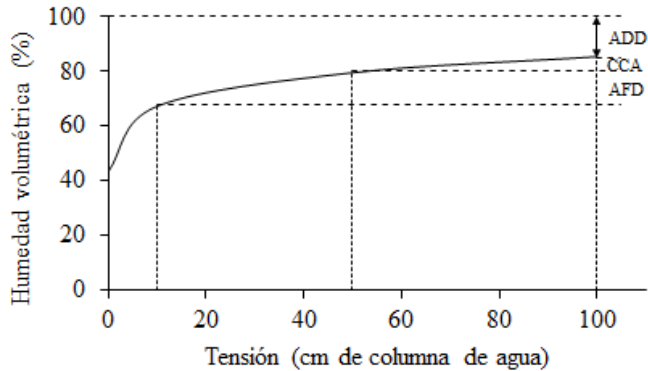


Fig. 2. Curva característica de humedad del tezontle. ADD: agua difícilmente disponible; CCA: capacidad compensadora del agua; AFD: agua fácilmente disponible.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la calibración del sensor con el contenido de humedad del tezontle. Se aprecia que los sensores detectan los cambios de humedad en cada punto de la curva de característica de humedad; y además, es posible definir los límites para establecer el riego. A partir de estos resultados es posible establecer que el riego en el tezontle deberá hacerse cuando el sensor detecte una señal de 844 y deberá detenerse cuando la señal sea de 655. De esta manera se asegura mantener al sustrato con un contenido de humedad fácilmente disponible para los cultivos.

Tabla 1. Calibración del sensor con la curva característica de humedad del tezontle.

Tensión (cm de columna de agua)	Señal del sensor
0	496 c
10	655 b
50	844 a
100	925 a

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

3.2 Diseño de la maceta con sensors

Considerando todas las variantes del sistema, se instalaron los 9 sensores en un primer prototipo para la operación del sistema embebido, principalmente del área intermedia (Figura 3), porque es en esta zona donde se ubica la mayor parte de la raíz del cultivo, por lo cual es vital importancia obtener información de esta área de la maceta.

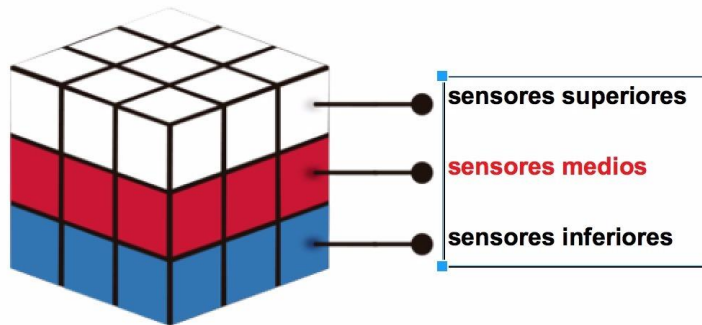


Fig. 3. Distribución de los sensores en la maceta

3.3 Sistema de adquisición de datos (DAQ) basado en un sistema embebido

Se verificó que todos los sensores trabajen en conjunto con la base de datos mediante conexión Wi-Fi, y determinar el mejor punto de operación ajustando algunos parámetros en cuanto a la cobertura en el invernadero. Debido a que la línea de alimentación (AC) es portadora de gran cantidad de ruido derivado de las bombas de riego, se utilizó una fuente de alimentación aislada del mismo.

El tiempo de adquisición de todas las señales se obtuvieron en un lapso de tiempo corto para que cada uno de los sensores efectúe una lectura precisa (1 o 2 segundos), y posteriormente hacer el envío de esta información a la base de datos.

3.4 Base de datos

Los valores de las señales registrados por los sensores se almacenaron en tiempo real en la base de datos. Para esta parte del experimento se instaló el sistema de los 9 sensores contenidos en una maceta al sistema de riego por goteo de un invernadero ubicado en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo el día 26/08/2018. En un lapso de tiempo de 120 minutos se registraron los datos obtenidos de los sensores en la base de datos (Figura 4).

ID_MACETA	SENSORES/FECHA_HORA	FECHA_CAPTURA	S_HUM_1	S_HUM_2	S_HUM_3	S_HUM_4	S_HUM_5	S_HUM_6	S_HUM_7	S_HUM_8	S_HUM_9
169368	26/08/2018 18:23:40	26/08/18 18:23:40.0000000000	0.6	100	20	80	0	0	0	0	0
169343	26/08/2018 00:40:41	26/08/18 00:40:41.0000000000	921	902	891	908	51.42	89	39.94	52.3	50.45
169342	26/08/2018 00:40:39	26/08/18 00:40:39.0000000000	921	905	891	913	51.42	95	41.89	52.3	50.45
169341	26/08/2018 00:40:36	26/08/18 00:40:36.0000000000	921	903	896	908	51.42	94	41.69	53.3	51.45
169340	26/08/2018 00:40:34	26/08/18 00:40:34.0000000000	916	902	892	908	51.42	87	41.69	54.3	52.45
169339	26/08/2018 00:40:32	26/08/18 00:40:32.0000000000	916	902	890	914	51.42	89	41.69	55.3	53.45
169338	26/08/2018 00:40:29	26/08/18 00:40:29.0000000000	921	902	890	913	51.42	94	41.89	56.3	54.45
169337	26/08/2018 00:40:27	26/08/18 00:40:27.0000000000	916	907	896	913	51.42	95	41.79	57.3	55.45
169336	26/08/2018 00:40:24	26/08/18 00:40:24.0000000000	921	902	895	908	51.42	91	39.24	58.3	56.45
169335	26/08/2018 00:40:22	26/08/18 00:40:22.0000000000	915	907	896	908	51.42	89	39.84	59.3	57.45
169334	26/08/2018 00:40:20	26/08/18 00:40:20.0000000000	916	902	896	908	51.42	87	39.54	60.3	58.45
169333	26/08/2018 00:40:17	26/08/18 00:40:17.0000000000	916	902	889	908	51.42	91	39.34	61.3	59.45
169332	26/08/2018 00:40:14	26/08/18 00:40:14.0000000000	915	902	890	914	51.42	89	41.27	62.3	60.45
169331	26/08/2018 00:40:12	26/08/18 00:40:12.0000000000	919	907	890	912	51.42	90	39.84	63.3	61.45
169330	26/08/2018 00:40:10	26/08/18 00:40:10.0000000000	917	908	890	913	51.42	85	39.54	64.3	62.45
169329	26/08/2018 00:40:08	26/08/18 00:40:08.0000000000	920	905	894	909	51.42	93	40.76	65.3	63.45
169328	26/08/2018 00:40:05	26/08/18 00:40:05.0000000000	915	907	896	908	51.42	86	40.35	66.3	64.45
169327	26/08/2018 00:40:03	26/08/18 00:40:03.0000000000	916	902	896	908	51.42	78	39.64	67.3	65.45
169326	26/08/2018 00:40:01	26/08/18 00:40:01.0000000000	916	902	890	913	51.42	80	40.55	68.3	66.45
169325	26/08/2018 00:39:58	26/08/18 00:39:58.0000000000	921	903	896	914	51.42	88	40.15	69.3	67.45
169324	26/08/2018 00:39:55	26/08/18 00:39:55.0000000000	916	904	896	908	51.42	91	41.58	70.3	68.45
169323	26/08/2018 00:39:53	26/08/18 00:39:53.0000000000	915	902	891	911	51.42	85	40.65	71.3	69.45
169322	26/08/2018 00:39:51	26/08/18 00:39:51.0000000000	921	907	890	913	51.42	89	41.58	72.3	70.45
169321	26/08/2018 00:39:48	26/08/18 00:39:48.0000000000	916	907	892	908	51.42	93	41.17	73.3	71.45
169320	26/08/2018 00:39:45	26/08/18 00:39:45.0000000000	916	902	896	908	51.42	88	39.54	74.3	72.45
169319	26/08/2018 00:39:43	26/08/18 00:39:43.0000000000	921	902	890	913	51.42	86	39.74	75.3	73.45
169318	26/08/2018 00:39:41	26/08/18 00:39:41.0000000000	920	905	893	909	51.42	91	40.04	76.3	74.45
169317	26/08/2018 00:39:39	26/08/18 00:39:39.0000000000	916	902	897	908	51.42	92	40.35	77.3	75.45
169316	26/08/2018 00:39:37	26/08/18 00:39:37.0000000000	916	901	890	913	51.42	91	41.17	78.3	76.45
169315	26/08/2018 00:39:33	26/08/18 00:39:33.0000000000	915	902	890	913	51.42	93	39.64	79.3	77.45
169314	26/08/2018 00:39:31	26/08/18 00:39:31.0000000000	915	901	892	908	51.42	89	41.17	80.3	78.45
169313	26/08/2018 00:39:29	26/08/18 00:39:29.0000000000	915	902	890	908	51.42	87	40.25	81.3	79.45
169312	26/08/2018 00:39:27	26/08/18 00:39:27.0000000000	919	902	891	907	51.42	89	40.15	82.3	80.45
169311	26/08/2018 00:39:24	26/08/18 00:39:24.0000000000	916	905	890	908	51.42	95	40.86	83.3	81.45

Fig. 4. Datos obtenidos de los sensores

4. Conclusiones y trabajo futuro

Basados en los resultados de calibración es posible concluir que la implementación de sensores de humedad en un sistema de riego para cultivos producidos en tezontle, permite establecer de manera precisa en qué momento se debe detener el riego, y cuando debe continuar, manteniendo al sustrato con un contenido de humedad óptimo. Adicionalmente, las pruebas realizadas a la base de datos permite concluir que es posible registrar el contenido de humedad y por tanto el conocer el requerimiento hídrico de los cultivos en tiempo real. Este método de riego permite tener conocimiento del requerimiento hídrico de los cultivos en tiempo real y, consecuentemente, un mejor control sobre la aplicación del riego. De acuerdo a los resultados obtenidos, y los experimentos realizados, se aprecia que el uso de los sensores es una alternativa tecnológica benéfica para el riego de cultivos producidos en tezontle.

La primera línea de continuación de este trabajo de investigación es la caracterización de más sustratos que se ocupan en los cultivos, posteriormente, el sensado de los sustratos con otros 18 sensores colocando 9 en la parte inferior de la maceta y 9 en la parte superior, lo anterior con el objetivo de conocer la distribución de riego en la maceta, y de esta forma tener conocimiento preciso de su comportamiento. Además, se monitorearán variables del clima para comparar este método de riego con los métodos de estimación actualmente empleados. Finalmente, se considera el desarrollo de una aplicación móvil en la que se

pueda visualizar de manera gráfica el comportamiento de la distribución del riego de cada sustrato en cada maceta, y obtener estadísticas de los datos sensados.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, por todo el apoyo brindado.

Referencias

1. Tijerina Chávez, L.: Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. *Terra*, Vol. 17, No. 3, pp. 237-245 (2000).
2. FAO-Peman-Monteith: Evapotranspiración del cultivo. Food and Agriculture Organization, Boletín 056, 299 p (2006).
3. Pacheco-Hernández, P.; Sainz-Aispuro, M.J.; Alia-Tejacal, I.; Arteaga-Ramírez, R.; Villegas-Torres, O.G.; Unland-Weiss, H.E.K.: Cuantificación microlisimétrica del consumo de agua en la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 5, No. 8, pp. 1481-1493 (2014).
4. Peet, M.M; Willits, D.H. Role of excess water in tomato fruit cracking. *HortScience*, Vol. 30, pp. 65-68 (1995).
5. López, J.C., Lorenzo, P.; Castilla, N.; Pérez-Parra, J; Montero, J.I.; Baeza, E; Antón, A; Fernández, M.D.; Baille, A.; González-Real, M. *Incorporación de tecnología al invernadero mediterráneo. Estación experimental "Las Palmerillas"*. Caja Rural de Almería y Málaga (2001).
6. Vargas-Tapia, P.; Castellanos-Ramos, J.Z.; Muñoz-Ramos, J.J.; Sánchez-García, P.; Tijerina-Chávez, L.; López-Romero, R.M.; Martínez-Sánchez, C.; Ojodeagua-Arredondo, J.L.: Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*, Vol. 34, No. 3, pp.323-331 (2008).
7. Raviv, M.; Wallach, R.; Silber, A.; Bar-Tal, A.: Substrates and their analysis. Savvas, D.; Passam, H. (Eds): *Hydroponic production of vegetable and ornamental*. Embryo publications, pp. 25-101 (2002).
8. Flores, J.; Ojeda-Bustamante, W.; López, I.; Rojano, A.; Salazar, I.: de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México, vol. 25, núm. 2, abril-junio, pp. 127-134 (2007).
9. De Boodt, M.; Verdonck, O.; Capaert, I.: Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae*, No. 37, pp. 2054-2062 (1974).
10. SAS Institute: Sistema SAS para windows. Versión 9.0. SAS institute Inc., Cary, NC, USA (2002).
11. Martínez, P.F.; Roca, D.: Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. Flórez, R.V.J. (Ed): *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Universidad Nacional de Colombia, pp: 37-77 (2011).

Emulación de un Sistema de Almacenamiento de Energía para un Vehículo Eléctrico Híbrido Mediante Hardware-in-the-loop

Miguel Martínez Velazquez¹, Ernest Cortez², José Italo Cortez³, Gregorio Trinidad García⁴

Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Ciudad Universitaria, 14 Sur y Avenida San Claudio, Fraccionamiento Jardines de San Manuel,
C.P. 72570, Puebla, Pue.; México.

miguel.martinezv@alumno.buap.mx, {italovich, gtrinidadg4321}@gmail.com, italo.cortez@lisdier.buap.mx

Resumen. En la actualidad, ha aumentado la emisión de gases de efecto invernadero provenientes del sector automotriz, se ha intentado reducir a través de la electrificación de vehículos que incorporan un sistema de almacenamiento de energía (SAE), Hoy en día, ha aumentado el interés por los sistemas de almacenamiento de energía, con el fin de incrementar la autonomía de conducción de un vehículo eléctrico híbrido (VEH). En el presente trabajo, se propone una metodología para imitar el comportamiento de un sistema de almacenamiento de energía híbrido mediante un enfoque en tiempo real denominado *Hardware-in-the-loop*, a partir de la caracterización de una celda de batería. Que permitió determinar diversos parámetros eléctricos, con el fin de imitar el comportamiento en tiempo real. Se realizó la validación de la metodología con respecto a la demanda de energía de un VEH en función de un ciclo de conducción repetitivo y agresivo, que permite imitar la evolución eléctrica de un SAE basado en celdas de batería.

Palabras Clave: Almacenamiento de energía, Vehículo Eléctrico Híbrido, Caracterización, Discretización, Emulación.

1. Introducción

Actualmente, el cambio climático ha aumentado la preocupación por el deterioro ambiental, que tiene un origen en el incremento de la contaminación ambiental. Además, la contaminación generada por el consumo de combustible fósil proveniente del tráfico vehicular, provoca una elevada emisión de gases de efecto invernadero [1], [2].

Con la meta de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero generada por los vehículos convencionales (VC), se ha propuesto realizar la electrificación de vehículos con el fin de reducir el consumo de combustible contemplando un modo de conducción agresivo [3], [4]. No obstante, un vehículo eléctrico híbrido se ha destacado como una alternativa eficiente, debido a la posibilidad de incluir un sistema de almacenamiento de energía (SAE) en un tren de potencia para incrementar la autonomía de conducción

mediante la capacidad de recuperar energía a través de un motor de combustión interna (MCI) [5], [6].

Con la intención de analizar el suministro de energía de un SAE en un tren de potencia, se ha propuesto el uso de un perfil de velocidad de un vehículo a través de un ciclo de conducción real [7], [8]. Por ejemplo, en [9], se han empleado ciclos de conducción real, con el fin de analizar el comportamiento de un SAE en función de una determinada demanda de conducción. Además, en [10] se ha utilizado un ciclo de conducción real de un vehículo eléctrico híbrido, con el propósito de estimar el consumo de combustible fósil mediante la clasificación del ciclo de conducción.

Un factor clave en el análisis de un VEH es el empleo de un ciclo de conducción real con una alta resolución, con el objetivo de representar las condiciones de camino y demanda de energía de un vehículo. De igual modo, es necesario establecer el comportamiento del sistema de almacenamiento de energía, con el propósito de analizar el suministro de energía en un tren de potencia de un VEH.

Partiendo de la necesidad de analizar el comportamiento energético de un SAE en un tren de potencia, se ha propuesto el uso de una representación para describir el comportamiento de un SAE a través de un modelo eléctrico [11], [12]. Por esto, el modelo eléctrico permite analizar el comportamiento de un SAE basado en baterías, tomando en cuenta las diversas características electroquímicas que intervienen en la generación de energía [13], [14]. Por ejemplo, en [15], se utiliza un modelo eléctrico para una celda con tecnología de litio, con el fin de representar el suministro de energía en el tren de potencia de un vehículo eléctrico (VE). Sin embargo, para analizar el comportamiento del modelo eléctrico de un SAE se ha propuesto llevar a cabo la simulación del suministro de energía, que dificulta la validación de un tren de potencia en tiempo real.

Con el propósito de evitar un alto costo computacional que involucra la simulación de un SAE, se propone realizar la emulación del sistema de almacenamiento de energía en función de una determinada demanda de energía [16], [17]. Por ejemplo, en [18], se ha realizado una emulación de un SAE para un VEH mediante un modelo matemático y un gabinete de pruebas, con la finalidad de validar la demanda de energía que exige un motor eléctrico considerando ciclo de conducción NEDC. Sin embargo, la emulación del SAE se ha realizado mediante equipo especializado para la validación, que incrementa el costo durante la experimentación requerida para obtener los parámetros eléctricos.

Dada la importancia de un análisis del comportamiento de un tren de potencia de un VEH, surge la necesidad de imitar el comportamiento de un sistema de almacenamiento de energía mediante un método en tiempo real.

En el presente trabajo, se propone realizar la emulación de un sistema de almacenamiento de energía (SAE) para un vehículo eléctrico híbrido (VEH), en función de

un ciclo de conducción real repetitivo y agresivo. En consecuencia, se obtienen los parámetros eléctricos que permiten llevar a cabo la emulación, con el propósito de imitar en tiempo real el comportamiento de una celda que conforma un sistema de almacenamiento de energía. Además, se realiza la validación de la metodología a través del modelo cuasi-estático de un VEH con topología serie, que considera la emulación de una celda de LiPo mediante un enfoque denominado *Hardware in the loop (HiL)*.

En la sección II se presenta el modelo matemático para un vehículo eléctrico híbrido. En la sección III, se presenta la emulación del SAE el comportamiento electroquímico de un SAE basado en baterías. Posteriormente, en la sección IV se presenta la validación de la metodología. Finalmente, en la sección V se presenta las conclusiones.

2. Modelo de un vehículo eléctrico híbrido

Con base en el modelo cuasi-estático de un vehículo eléctrico híbrido (VEH) [19], es posible determinar un determinado comportamiento a partir de un perfil de conducción. De igual modo, se define la dinámica longitudinal del vehículo (1), que permite la identificación de las fuerzas que intervienen durante la tracción.

$$m_{VEH} \frac{d}{dt} v(t) = F_t - \left(\left(\frac{1}{2} \rho_a v^2 A_f C_d \right) + (m_{VEH} + g C_r \cos(\alpha)) + (m_{VEH} + g \text{sen}(\alpha)) \right) \quad (1)$$

Donde m_{VEH} es la masa del vehículo (2), además, se considera la resistencia aerodinámica, la resistencia a rodamiento y la fuerza causada por la gravedad durante una ruta que considera un camino no horizontal.

$$m_{VEH} = m_{ME} + m_{SAE} \quad (2)$$

Partiendo de la fuerza de tracción (F_t) que se genera por el tren de potencia del VEH, se requiere una transmisión que permita realizar una transferencia de potencia (3).

$$P_{salida} = \frac{\tau_{entrada} \omega_{entrada}}{\gamma_{engranaje}} \quad (3)$$

Donde $\tau_{entrada}$ es el torque de entrada, $\omega_{entrada}$ es la velocidad angular de entrada y $\gamma_{engranaje}$ es la relación de engranajes.

Es posible utilizar una eficiencia mínima η_{ME} que relacione una potencia de entrada $P_{entrada}$, con la finalidad de reproducir el comportamiento de una máquina eléctrica (ME) en modo motor o modo generador (4).

$$P_{ME} = \eta_{ME} P_{entrada} \quad (4)$$

Un factor necesario durante el suministro de energía es la gestión de energía en el tren de potencia del modelo cuasi-estático, a partir de una estrategia de control basada en reglas (5).

$$P_{fuente} = \begin{cases} SAE & \text{si } (P_{ME} \leq P_{MCI}) \\ MCI & \text{si } (P_{ME} > P_{SAE}) \end{cases} \quad (5)$$

3. Sistema de almacenamiento de energía

Es necesario establecer las características de un sistema de almacenamiento de energía conformado por celdas de baterías, con el propósito de determinar el suministro de energía en un tren de potencia. No obstante, es importante considerar la tecnología de fabricación del elemento de acumulación, con la intención de establecer el rendimiento de un vehículo eléctrico híbrido.

3.1 Batería

Una batería es un elemento electroquímico compuesta de un conjunto de celdas, con el fin de convertir la energía eléctrica en energía química durante la carga y la energía química en energía eléctrica durante la descarga. Una celda se compone de ánodo, cátodo y electrolito, que interactúan entre sí para generar un comportamiento en función del tiempo (Figura 1).

Las características eléctricas dependen directamente de la tecnología empleada para la fabricación de una celda (Figura 2), actualmente, las celdas fabricadas con tecnología de plomo ácido, níquel-metal hidruro (Ni-MH), iones de litio (Li-Ion) y polímeros de litio (LiPo), son utilizadas en el sistema de almacenamiento de energía de vehículos eléctricos y vehículos eléctricos híbridos [19]. Sin embargo, un SAE basado en baterías de LiPo es una tecnología eficiente, por la alta densidad de energía, energía específica y costo de producción mínimo, que permite incrementar la autonomía de conducción de un VEH [20].

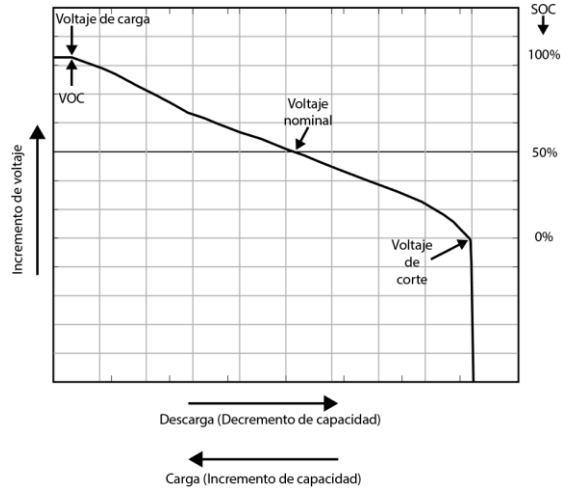


Fig. 1. Características eléctricas de una celda.

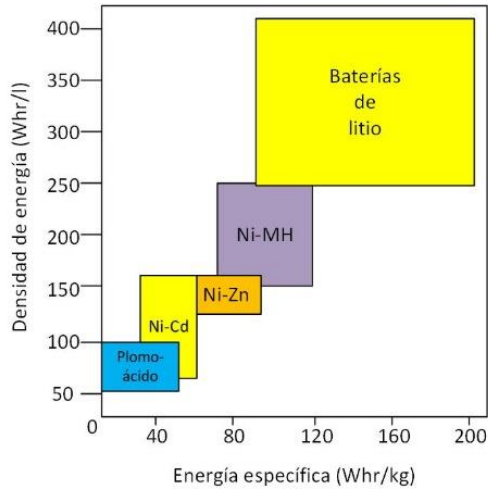


Fig. 2. Tecnología de baterías empleadas en un VEH.

4. Caracterización del sistema de almacenamiento de energía con Hardware-in-the-Loop

Considerando las características energéticas de las diversas tecnologías que puede conformar el elemento básico del sistema de almacenamiento de energía, es necesario definir el comportamiento eléctrico partiendo de una determinada demanda de energía. En consecuencia, es necesario definir una metodología que permita establecer diversos parámetros eléctricos, en función de un modelo matemático que represente el proceso de suministro de energía basado en celdas de batería.

Se requiere establecer el comportamiento electroquímico de una batería, en consecuencia, se han propuesto diversas tecnologías basadas en propiedades electroquímicas [19], con el fin de reproducir el comportamiento de un sistema de almacenamiento de energía (SAE) basado en celdas de baterías.

A partir de las reacciones químicas de un SAE basado en celdas, se propone un modelo eléctrico (Figura 3), que permite reducir el tiempo de cómputo requerido durante la solución numérica.

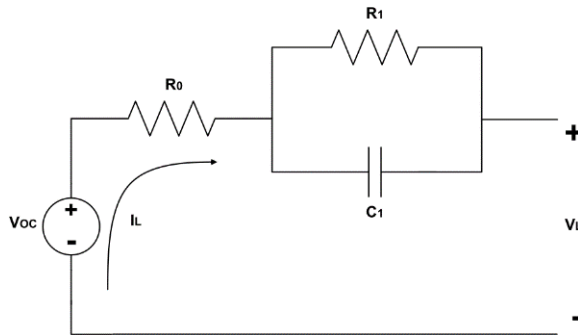


Fig. 3. Modelo eléctrico de una celda de batería.

Es posible establecer mediante una función matemática (6) en el dominio del tiempo el modelo eléctrico de una celda.

$$V_L(t) = V_{OC} - R_0 I_L - V_{R_1 C_1}$$
$$V_{R_1 C_1}(t) = \int \left(\frac{I_L(t)}{C_1} - \frac{V_{R_1 C_1}(t)}{R_1 C_1} \right) dt \quad (6)$$

$$SOC(t) = \frac{1}{3600C} \int I_L dt$$

Con la intención de conseguir los parámetros del modelo eléctrico de manera sistemática, se ha propuesto una caracterización considerando una perspectiva en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia [20]. No obstante, realizar la caracterización con una perspectiva en el dominio del tiempo permite obtener los parámetros considerando una señal de corriente directa (CD).

Por esto, partiendo de una perspectiva en el dominio del tiempo se utiliza una metodología denominada pulso incremental, que permite describir el comportamiento de una celda considerando la ejecución de una serie de ciclos para obtener una curva de descarga característica.

Con base en la metodología de pulso incremental, se propone una etapa para la ejecución de N ciclos (etapa de descarga) y una etapa para determinar los parámetros del modelo eléctrico (etapa de identificación de parámetros), Figura 4.

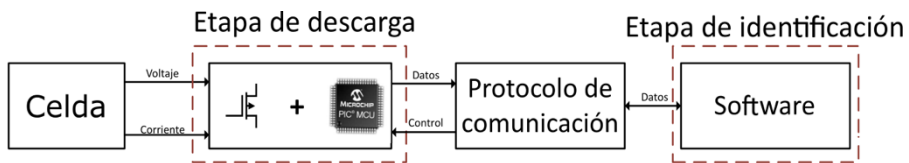


Fig. 4. Etapas de la metodología denominada pulso incremental.

La etapa de descarga considera la implementación de un sistema de caracterización (Figura 5), con el fin de monitorear el comportamiento de una celda y permita obtener la curva característica.

Emulación de un Sistema de Almacenamiento de Energía para un Vehículo Eléctrico Híbrido Mediante Hardware-in-the-loop

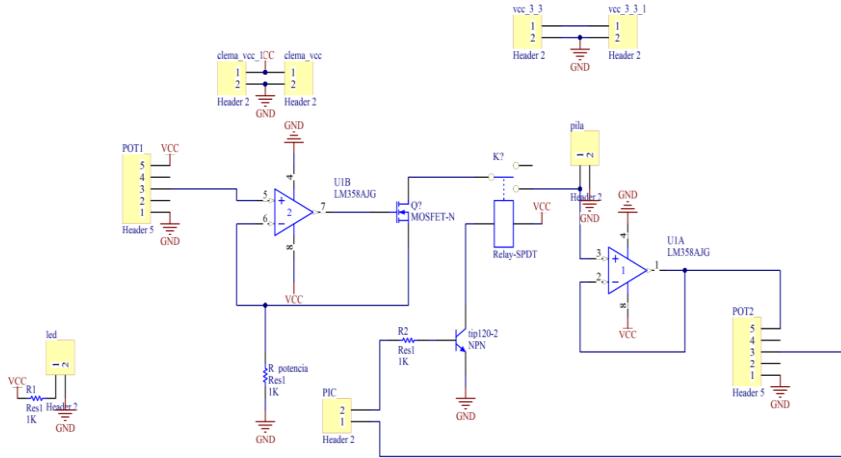


Fig. 5. Circuito para la etapa de descarga de una celda.

Con base en la descarga se obtiene un conjunto de datos para conformar una curva general de descarga, Figura 6, con la finalidad de realizar la identificación de un voltaje en circuito abierto (V_{OC}), un voltaje de carga (V_L) y un voltaje de desconexión de carga (V_L').

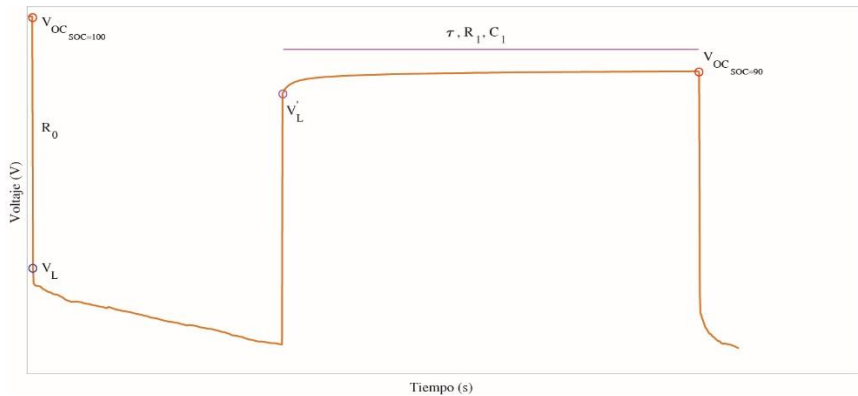


Fig. 6. Ciclo de descarga de una celda (SOC = 100% a SOC = 90%).

A partir de la identificación de V_L y V_L' , es posible llevar a cabo la estimación del parámetro R_0 (7) y R_1 (8) del modelo eléctrico de una celda.

$$R_0 = \frac{V_{OC} - V_L}{I_L}, SOC = 100, 90, 80, \dots \quad (7)$$

$$R_1 = \frac{V_{OC} - V'_L}{I_L}, SOC = 100, 90, 80, \dots \quad (8)$$

Con la finalidad de estimar el parámetro C_1 (9) se requiere de la medición de tiempo de relajación ($\tau_{V'_L-V_L}$) y el parámetro R_1 .

$$C_1 = \frac{\tau_{V'_L-V_L}}{R_1} \quad (9)$$

A partir de las ecuaciones en el dominio del tiempo, es posible obtener una representación en el dominio discreto (10) del modelo de una celda.

$$\begin{aligned} V_L(z) &= V_{OC}(z) - V_{R_0}(z) - V_{R_1 C_1}(z) \\ V_{R_1 C_1}(z) &= \frac{1 + z^{-1}}{1 - z^{-1}} \left[\frac{TI_L(z)}{2C_1} - \frac{TV_{R_1 C_1}(z)}{2(R_1 C_1)} \right] \quad (10) \\ SOC(z) &= 100 - \frac{1}{3600C} I_L(z) \end{aligned}$$

Considerando la representación en el dominio discreto de una celda caracterizada, es posible realizar el dimensionamiento de un SAE que considera un conjunto N_S celdas conectadas en serie (11).

$$\begin{aligned} V_{OC_{Bat}}(z) &= N_S V_{OC_{Celda}}(z) \\ R_{1_{Bat}}(z) &= N_S R_{1_{Celda}}(z) \quad (11) \\ C_{1_{Bat}}(z) &= \frac{1}{N_S} C_{1_{Celda}}(z) \end{aligned}$$

5. Validación

Con el fin de llevar a cabo la validación de la metodología de caracterización, en éste trabajo se utilizan los parámetros de un vehículo de recolección de basura (VRB) Iveco

Stralis GNC 270 (Tabla 1). De igual manera, se requiere determinar la demanda de energía del tren de potencia de un VEH, a partir de la topología serie del modelo cuasi-estático considerando un ciclo de conducción real repetitivo y agresivo del VRB, Figura 7.

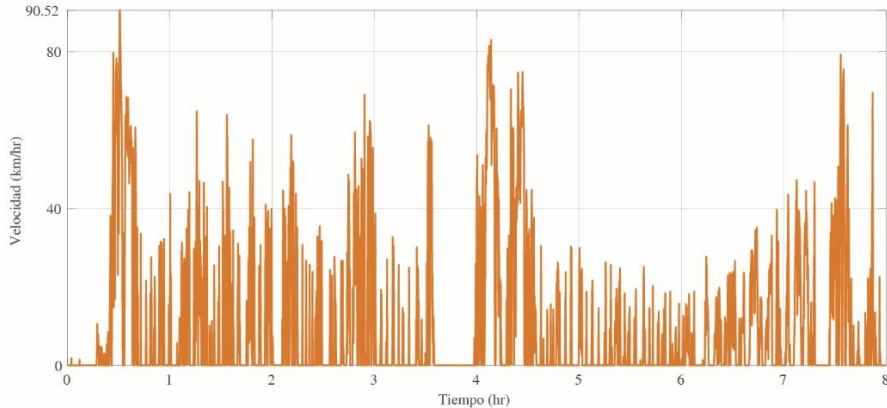


Fig. 7. Ciclo de conducción real del VRB.

Tabla 1. Características de un VRB.

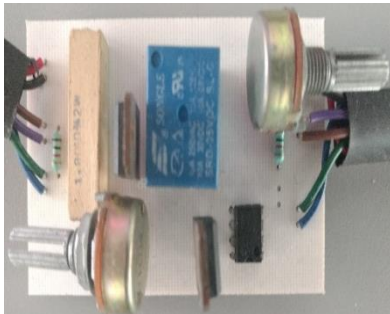
Componente	Valor
MCI	200kW
Engranajes	6
Relación de engranajes	1 (4.59), 2 (2.25), 3(1.54), 4 (1.00), 5 (0.75), 6 (0.65)
Peso de vehículo	15,000 kg
Área frontal (A_f)	7.5 m ²
Coefficiente de arrastre (C_d)	0.6210
Resistencia de rodamiento	0.009
Neumático (Radio)	315/80/R22.5 (0.5455 m)

Partiendo de la metodología de pulso incremental para una celda, se realiza un análisis de comportamiento de un sistema de almacenamiento de energía. Por consiguiente, se lleva a cabo experimentalmente la metodología para caracterizar una celda con tecnología LiPo marca *Flightmax* (Figura 8) con un voltaje nominal de 3.7V y una capacidad de 0.24Ah.

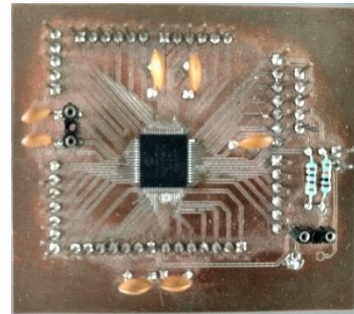


Fig. 8. Celda de batería LiPo *Flightmax*.

Con base en la etapa de descarga de una celda (Figura 5), se realizó la fabricación de una placa de circuito impreso (Figura 9) que permite realizar una descarga controlada de corriente. Con el propósito de obtener un perfil de descarga, se propone una resolución de 10% para realizar la caracterización de una celda.



a)



b)

Fig. 9. Placas de circuito impreso para el sistema de etapa de descarga a) y sistema de emulación b).

Teniendo en cuenta los datos obtenidos durante la caracterización, se realizó la transmisión de los datos obtenidos a través del protocolo de comunicación RS232 con una suma de verificación, con el fin de garantizar la integridad de los datos para realizar un procesamiento de datos mediante un software.

A partir de los datos obtenidos, se logró determinar el SOC para la celda (Figura 10) y la curva de descarga (Figura 11) en función de una demanda de corriente. Posteriormente, se realizó la discretización de la curva de descarga de la celda (Figura 12), con el propósito de obtener R_0 (Figura 13), R_1 (Figura 14) y C_1 (Figura 15). Con base en el mapeo de la curva de descarga, se establece una relación entre el V_{OC} y el SOC de la celda (Figura 16).

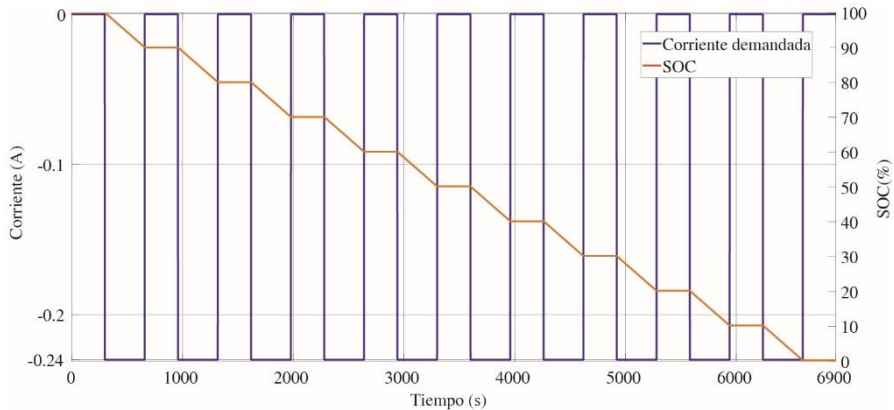


Fig. 10. Curva SOC de una celda de una batería.

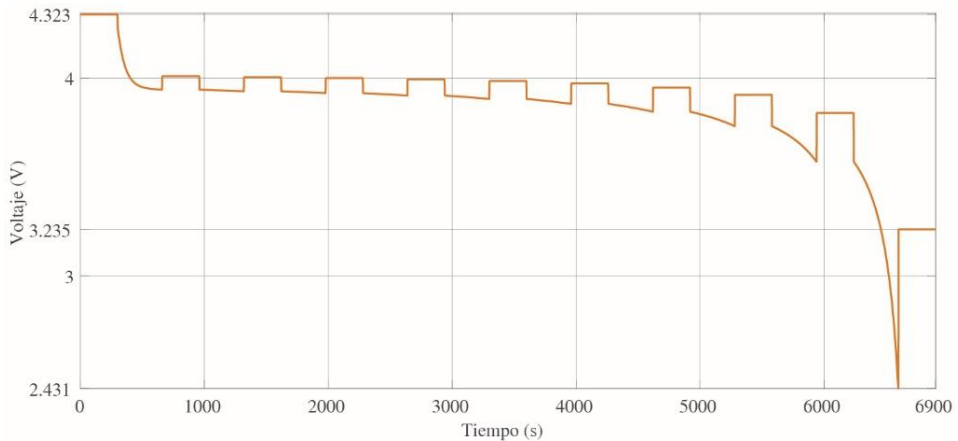


Fig. 11. Curva de descarga de una celda de batería LiPo.

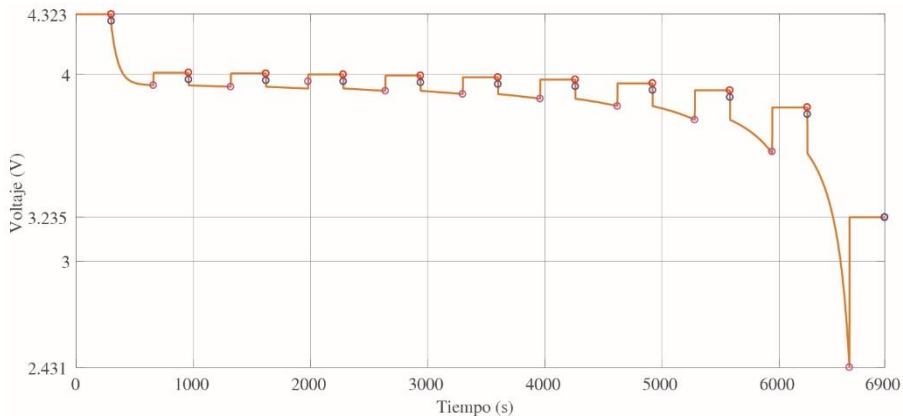


Fig. 12. Discretización de la curva de descarga.

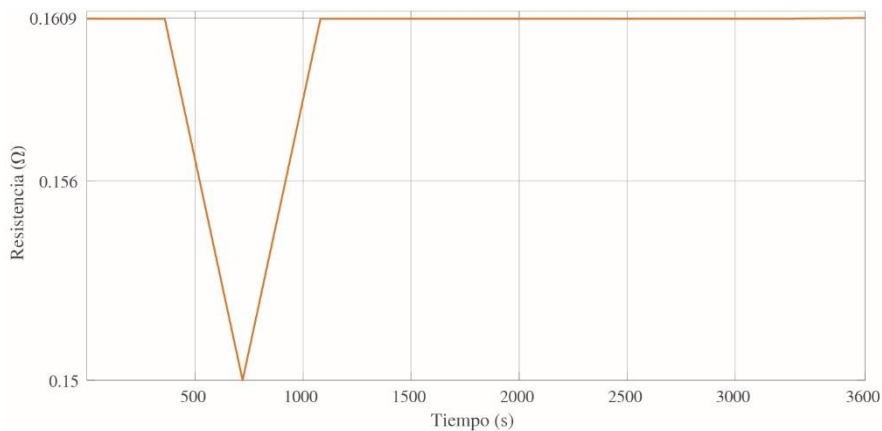


Fig. 13. Evolución del parámetro R_0 .

Emulación de un Sistema de Almacenamiento de Energía para un Vehículo Eléctrico Híbrido Mediante Hardware-in-the-loop

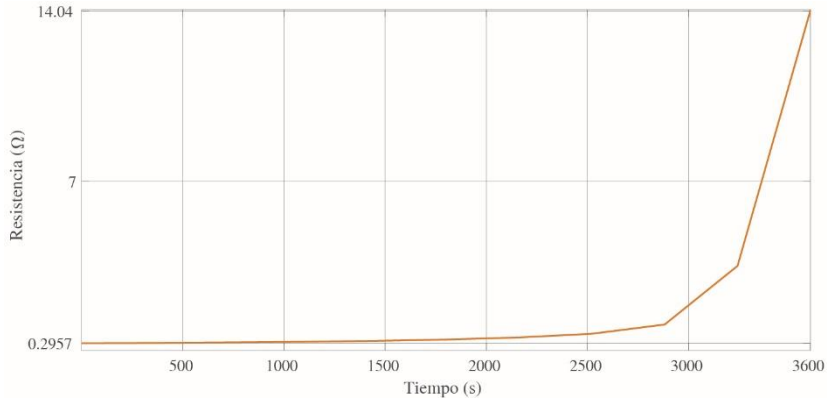


Fig. 14. Evolución del parámetro R_1 .

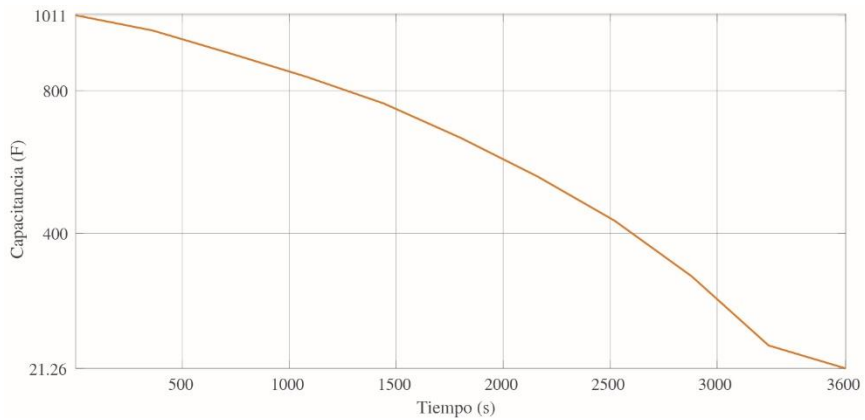


Fig. 15. Evolución del parámetro C_1 .

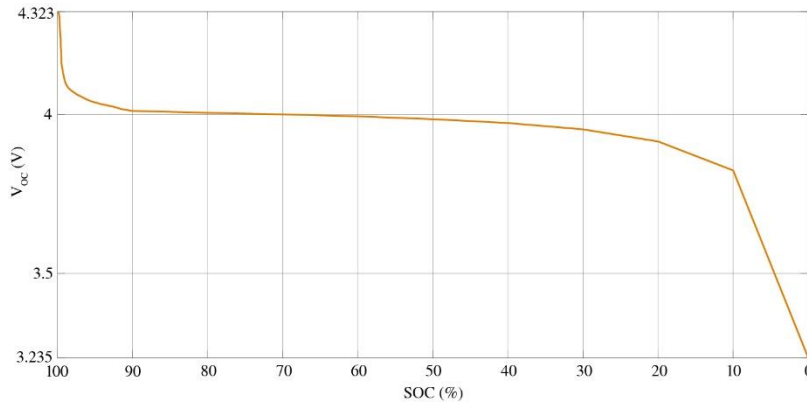


Fig. 16. Mapeo V_{OC} vs SOC.

Utilizando las distintas características reales de la celda, se lleva a cabo la validación por medio de una demanda de corriente en función de un ciclo de conducción real (Figura 17), con el fin de analizar la emulación de un sistema de almacenamiento de energía, el sistema de almacenamiento de energía considera la emulación de la celda de LiPo marca *Flightmax*, (con un voltaje nominal de 3.7V y una capacidad de 0.24Ah) a través de *Hardware-in-the-loop (HiL)*, con la intención de imitar el comportamiento de la celda en tiempo real.

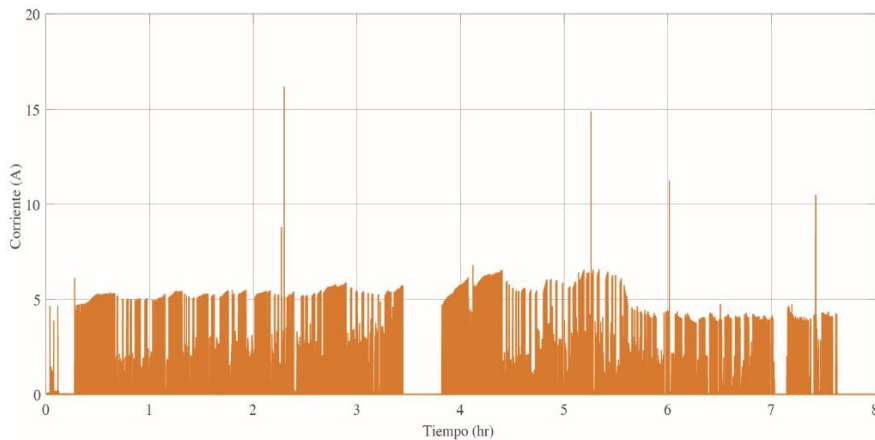


Fig. 17. Demanda de corriente para el SAE en función del ciclo de conducción real.

Considerando la emulación de una celda de batería LiPo, se plantea un sistema de almacenamiento de energía conformado $N_s = 104$ celdas de tecnología LiPo conectadas en

serie en función de las características del VRC. Además, la emulación del SAE conformado por celdas de LiPo considerando un enfoque *Hardware-in-the-loop* permite determinar un comportamiento del SOC (Figura 18), con base en una demanda definida por el ciclo de conducción real repetitivo y agresivo para un vehículo eléctrico híbrido.

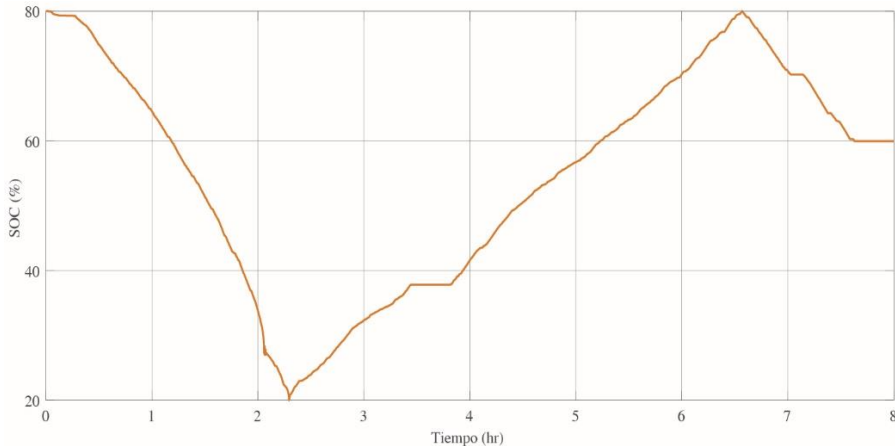


Fig. 18. Evolución de la emulación del SOC del SAE con el modelo cuasi-estático

6. Conclusiones

En el presente trabajo fue posible definir una metodología para imitar el comportamiento de un sistema de almacenamiento de energía para un vehículo eléctrico híbrido, tomando en cuenta la demanda de energía de un ciclo de conducción real agresivo y repetitivo.

Además, se realizó la caracterización experimental de una celda de LiPo *Flightmax* (con un voltaje nominal 3.7V y capacidad 0.24Ah), que permitió obtener parámetros eléctricos que permiten reproducir el comportamiento de una celda de batería, en específico de una celda con tecnología LiPo.

Se llevó a cabo la validación de la metodología mediante una emulación experimental de un sistema de almacenamiento de energía, que considera el comportamiento de una celda de LiPo a través de un enfoque *Hardware-in-the-Loop*. Se logró imitar el comportamiento de un SAE que considera la interconexión de $N_S = 104$ celdas de LiPo conectadas en serie, para satisfacer la demanda de energía de un tren de potencia de un vehículo eléctrico híbrido en función de una demanda de energía repetitiva y agresiva.

Referencias

1. Hussain, M., Liu, G., Yousaf, B., Ahmed, R., Uzma, F., Ali, M.U., Ullah, H., Butt, A.R.: Regional and sectoral assessment on climate-change in pakistan: Social norms and indigenous perceptions on climate-change adaptation and mitigation in relation to global context. *Journal of Cleaner Production* 200, 791 – 808 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.272>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618322613>
2. İlhami Yıldız: 1.12 fossil fuels. In: Dincer, I. (ed.) *Comprehensive Energy Systems*, pp. 521 – 567. Elsevier, Oxford (2018). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809597-3.00111-5>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128095973001115>
3. Dong, H., Xu, W., Cao, B., Wang, L., Guan, Z.: Natural contamination deposition characteristics based on natural contamination testing station. In: 2015 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP). pp. 403–406 (Oct 2015). <https://doi.org/10.1109/CEIDP.2015.7352055>
4. Gu, C., Lu, G., Yi, M., Li, J.: Study on artificial contamination test of typical transmission line insulators. In: 2015 5th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT). pp. 1624–1627 (Nov 2015). <https://doi.org/10.1109/DRPT.2015.7432502>
5. Kollmeyer, P., Wootton, M., Reimers, J., Stiene, T., Chemali, E., Wood, M., Emadi, A.: Optimal performance of a full scale li-ion battery and li-ion capacitor hybrid energy storage system for a plug-in hybrid vehicle. In: 2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). pp. 572–577 (Oct 2017). <https://doi.org/10.1109/ECCE.2017.8095834>
6. Lawu, B.L., Fuada, S., Ramadhan, S., Sabana, A.F., Sasongko, A.: Charging supercapacitor mechanism based-on bidirectional dc-dc converter for electric atv motor application. In: 2017 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD). pp. 129–132 (Oct 2017). <https://doi.org/10.1109/ISESD.2017.8253318>
7. Shi, M., Jiang, H., Li, S.: An intelligent traffic-flow-based real-time vehicles scheduling algorithm at intersection. In: 2016 14th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV). pp. 1–5 (Nov 2016). <https://doi.org/10.1109/ICARCV.2016.7838779>
8. Traub, L., Butakov, V., Simpson, R.: Parameter identification for a multi-body vehicle model. In: 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). pp. 521–526 (June 2016). <https://doi.org/10.1109/IVS.2016.7535436>
9. Liu, Z., Onori, S., and Ivanco, A.: Synthesis and experimental validation of battery aging test profiles based on real-world duty cycles for 48-v mild hybrid vehicles. In: *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 66, no. 10. pp. 8702–8709. (October 2017)
10. Jafari, M., Gauchia, A., Zhao, S., Zhang, K., and Gauchia, L.: Electric vehicle battery cycle aging evaluation in real-world daily driving and vehicle-to-grid services. In: *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 4, no. 1. pp. 122–134. (March 2018)

11. Cao, Y., Kroeze, R.C., Krein, P.T.: Multi-timescale parametric electrical battery model for use in dynamic electric vehicle simulations. *IEEE Transactions on Transportation Electrification* 2(4), 432–442 (Dec 2016). <https://doi.org/10.1109/TTE.2016.2569069>
12. Xia, T., Li, M., Zi, P., Tian, L., Qin, X., An, N.: Modeling and simulation of battery energy storage system (bess) used in power system. In: 2015 5th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT). pp. 2120–2125 (Nov 2015). <https://doi.org/10.1109/DRPT.2015.7432597>
13. Kanapady, R., Kyle, K.Y., Lee, J.: Battery life estimation model and analysis for electronic buses with auxiliary energy storage systems. In: 2017 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC). pp. 945–950 (March 2017). <https://doi.org/10.1109/APEC.2017.7930810>
14. Keshan, H., Thornburg, J., Ustun, T.S.: Comparison of lead-acid and lithium ion batteries for stationary storage in off-grid energy systems. In: 4th IET Clean Energy and Technology Conference (CEAT 2016). pp. 1–7 (Nov 2016). <https://doi.org/10.1049/cp.2016.1287>
15. Pathiyil, P., Sibi Krishnan, K., Sunitha, R. and Vishal, V. N.: Battery model for Hybrid Electric Vehicle corrected for self-discharge and internal resistance. In: 2016 2nd International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB), pp. 214–218. (August, 2016) doi: 10.1109/AEEICB.2016.7538276
16. Fotouhi, A., Shateri, N., Auger, D.J., Longo, S., Propp, K., Purkayastha, R., Wild, M.: A matlab graphical user interface for battery design and simulation; from cell test data to real-world automotive simulation. In: 2016 13th International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD). pp. 1–6 (June 2016). <https://doi.org/10.1109/SMACD.2016.7520715>
17. Xia, T., Li, M., Zi, P., Tian, L., Qin, X., An, N.: Modeling and simulation of battery energy storage system (bess) used in power system. In: 2015 5th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT). pp. 2120–2125 (Nov 2015). <https://doi.org/10.1109/DRPT.2015.7432597>
18. König, O., Jakubek, S. and Prochart, G.: Battery impedance emulation for hybrid and electric powertrain testing. In: *2012 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*. pp. 627–632. (February 2013). doi: 10.1109/VPPC.2012.6422636
19. Cortez, E., Moreno-Eguilaz, M., Soriano F. and Cardoso, E. S.: Estimation of fuel consumption in a hybrid electric refuse collector vehicle using a real drive cycle. In: *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. pp. 4407–4412. (December 2016). doi: 10.1109/IECON.2016.7793112
20. Cao, Y., Kroeze, R. C. and Krein, P. T.: Multi-timescale Parametric Electrical Battery Model for Use in Dynamic Electric Vehicle Simulations. In: *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 2, no. 4, pp. 432–442. (December. 2016). doi: 10.1109/TTE.2016.2569069

Criptografía Usando Curvas Elípticas

Héctor David Ramírez Hernández¹, Roberto Contreras Juárez²,
Nelva Betzabel Espinoza Hernández³, Eduardo Sánchez Mendoza⁴

^{1,2,3,4} Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Edif. CC02, Ciudad Universitaria, 14 Sur y Avenida San Claudio,
Fraccionamiento Jardines de San Manuel,
C.P. 72570, Puebla, Pue.; México.

¹hector.ramirezhe@correo.buap.mx, ^{2,4}{rcmarvin0828, kamuipain58}@gmail.com, ³nespinoza@cs.buap.mx

Resumen. La criptografía de curvas elípticas es una herramienta que apoya a los desarrolladores y empresas que manejan información confidencial, a partir de los fundamentos matemáticos que la respaldan. En este trabajo, se pretende mostrar diversas implementaciones en software de algoritmos para calcular las diferentes operaciones en esquemas criptográficos basados en criptografía de curvas elípticas (ECC), los cuales puedan servir de referencia para quienes implementan esquemas criptográficos basado en curvas elípticas. Este trabajo fue desarrollado para diferentes algoritmos definidos en el campo primo $GF(p)$ empleando coordenadas afines.

Palabras Clave: Campos finitos, Criptografía de curvas elípticas, Técnicas matemáticas.

1. Introducción

La criptografía se puede definir como el arte o la ciencia de cifrar y descifrar información, utilizando por ejemplo técnicas matemáticas que hagan posible el intercambio de mensajes de manera que solo puedan ser leídos por las personas a quienes van dirigidos. La finalidad de la criptografía es garantizar el secreto en la comunicación y asegurar que la información que se envía sea auténtica, es decir que el contenido del mensaje enviado no haya sido modificado en su tránsito.

Los criptosistemas clásicos son aquellos que usan una única clave para cifrar y descifrar los mensajes entre el emisor y el receptor. En 1976 Whitfield Diffie y Martin Hellman [2] revolucionan la criptografía al introducir el concepto de criptosistema asimétrico, que surge como una solución al problema de intercambiar claves privadas por canales inseguros. Los sistemas asimétricos son aquellos en los cuales tanto el emisor como el receptor poseen un par de claves: una de tipo pública y la otra de tipo privada y para enviar mensajes el emisor tiene que cifrar el mensaje con la clave pública del receptor para que así este sea el único que pueda descifrar el mensaje usando su clave privada. Este novedoso sistema de encriptación basa su seguridad en las funciones matemáticas cuya solución computacional

es difícil ya que, aun conociendo los algoritmos para resolverlos, no es factible su ejecución en un tiempo razonable.

La teoría de curvas elípticas conforma una herramienta matemática que brindan a la criptografía la oportunidad de optimizar los algoritmos de cifrado, tal es el caso de El Gamal, mejorando la eficiencia y robustez sin utilizar más recursos computacionales. La criptografía de curva elíptica (ECC), es una variante de la criptografía asimétrica basada en las matemáticas de las curvas elípticas que puede ser más rápida y usar claves más cortas que los métodos como el Rivest, Shamir y Adleman (RSA), además de proporcionar un nivel de seguridad equivalente [5].

2. Algunos ejemplos de criptografía

Desde siempre las personas tienen la necesidad de ocultar información y se ha incrementado considerablemente con la llegada de los equipos de cómputo. A lo largo de la historia se han utilizado diferentes estrategias que han ayudado a ocultar la información que no quiere que sea vista por entes no autorizados. Sin embargo, el avance tecnológico en un mundo globalizado hace más vulnerable cualquier clase de información.

La evolución de la tecnología implica un número creciente de problemas y riesgos estratégicos relacionados con las actividades de las empresas en la web y de prácticamente cualquier usuario que haga uso de este recurso, ya que toda clase de interacciones que se realizan a través de la red y toda clase de información que se ingresa puede ser visible o pública para cualquier entidad.

Desafortunadamente la mayoría de los usuarios que interactúan con el internet piensan que su información está a salvo de cualquier alteración o robo y que es confidencial para todo el mundo.

En esta sección se dan a conocer algunos tipos de sistemas criptográficos utilizados hasta nuestros días.

2.1 Criptografía Simétrica

La criptografía simétrica es aquella que usa un método matemático para cifrar y descifrar un mensaje. Este tipo de criptografía utiliza únicamente una llave para realizar el proceso, así el mensaje únicamente se descifra con la única llave existente.

Este tipo de criptografía garantiza confidencialidad, pero al querer compartir el mensaje con otro usuario deberá crearse una nueva llave y el número de llaves aumenta conforme aumenten los usuarios con quienes se comparta el mensaje. Ejemplos de este tipo de criptografía son: DES, Triple DES, AES, RC5 y Blowfish [1].

2.2 Criptografía Asimétrica

Estos sistemas se caracterizan por utilizar dos claves, una pública y otra privada utilizadas para encriptar y desencriptar la información, la clave pública está disponible para todos y la privada es sólo conocida para el usuario.

Los modos de operación son los siguientes:

- **Inscripción:** El mensaje es encriptado usando la clave pública del receptor y se desencripta usando la clave privada del receptor, garantizando la confidencialidad del mensaje.
- **Autenticación:** El mensaje es encriptado usando la clave privada del emisor y se desencripta usando la clave pública del emisor. Esto garantiza la autenticidad del emisor y la integridad del mensaje enviado.

Ejemplos de este tipo de criptografía son RSA y criptografía basado en curvas elípticas (ECC) [1].

3. Criptografía de curvas elípticas (ECC)

Como se mencionó anteriormente, la criptografía de curvas elípticas (ECC) pertenece a la criptografía asimétrica, debido a que se utilizan dos tipos de llaves distintas, una pública y una privada, en la que el conocimiento de la llave pública no permite determinar el conocimiento de la llave privada.

ECC fue propuesta de manera independiente en 1985 por Neal Koblitz [6] y Víctor Miller [7]. Desde entonces una gran cantidad de investigaciones se han realizado para tener implementaciones eficientes y seguras de estos esquemas criptográficos. La Criptografía de Curvas Elípticas ha permitido explorar nuevos criptosistemas, tal como la técnica de emparejamientos bilineales [8].

3.1 Curvas elípticas sobre un grupo finito $GF(p)$

Trabajar criptografía con curvas elípticas sobre los números reales se puede volver lento e inexacto, debido a los errores de redondeo que puedan existir. En la práctica, el trabajo de criptografía se lleva a cabo con curvas elípticas sobre el campo finito $GF(p)$ y $GF(2^m)$ pertenecientes a los campos binarios. En este trabajo nos centramos en las curvas elípticas sobre el campo finito $GF(p)$, con p un número primo.

Recordando que el campo $GF(p)$ usa los números del 0 al $p-1$ en cómputo final se obtiene el módulo de p .

Una curva elíptica definida sobre el campo de $GF(p)$, denotada por $E(GF(p))$, puede estar formado por las variables a y b dentro del campo $GF(p)$. Las curvas elípticas incluyen todos los puntos de (x, y) que satisface la ecuación de una curva elíptica módulo p . esto es, una curva elíptica sobre $GF(p)$ tiene por ecuación:

$$y^2 \pmod{p} = (x^3 + ax + b) \pmod{p} \tag{1}$$

donde $a, b \in GF(p)$.

De manera análoga, si $x^3 + ax + b$ contiene factores no repetidos (o equivalentemente si $4a^3 + 27b^2 \pmod{p}$ no es 0), entonces la curva elíptica se puede utilizar para formar a un grupo. Una curva elíptica sobre el grupo $GF(p)$ tiene los puntos correspondientes en la curva elíptica, junto con un punto especial ∞ , el cual se le llama punto en infinito o punto cero. Son limitados los muchos puntos en las curvas elípticas.

Ejemplo Consideremos la curva elíptica sobre $GF(7)$ con $a = 3$ y $b = 4$, la ecuación de la curva elíptica es $y^2 = x^3 + 3x + 4$. Los puntos que pertenecen a esta curva son: $(0,2), (0,5), (1,1), (1,6), (2,2), (2,5), (5,2), (5,5), (6,0)$ incluyendo a ∞ .

Las reglas para la adición son equivalentes a las que se describen para el caso de las curvas elípticas definidas para los números reales, esto es:

- $P_1 + \infty = P_1$
- Si $P_1 = (x_1, y_1)$, entonces $-P_1 = (x_1, -y_1)$.
- Sean $P_1 = (x_1, y_1)$ y $P_2 = (x_2, y_2)$ puntos de la curva elíptica con $P_1, P_2 \neq \infty$. Entonces, si $x_1 = x_2$ pero $y_1 \neq y_2$, o $P_1 = P_2$ y $y_1 = 0$, entonces $P_1 + P_2 = \infty$.
- En otro caso, $P_1 + P_2 = P_3 = (x_3, y_3)$ con

$$x_3 = m^2 - x_1 - x_2, y_3 = m(x_1 - x_3) - y_1$$

$$m = \begin{cases} \frac{3x^2 + a}{2y} & \text{si } x_1 = x_2 \\ \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} & \text{si } x_1 \neq x_2 \end{cases}$$

La curva elíptica $E(\text{GF}(p))$ dotada de la operación suma definida anteriormente forma un grupo abeliano.

3.2 Algoritmos de suma y doblado de puntos.

Una vez que se estableció la base matemática, para la correcta realización de codificación y decodificación, en esta sección se muestran los algoritmos de las operaciones necesarias en la criptografía de curvas elípticas.

3.2.1 Suma de Puntos

La suma de puntos es importante en el proceso de encriptación debido a que con este proceso se obtiene un punto base. El siguiente algoritmo calcula la suma de dos puntos iguales o diferentes.

Algoritmo Suma de Puntos.

Entrada: $p(x, y), q(x, y), a, b$

Salida: $r(x, y)$

- 1: **Si** $p_x \neq q_x$ **y** $q_x \neq q_y$ **entonces**
 - 2: $\Delta = \frac{y_p - y_q}{x_p - x_q}$
 - 3: $x_r = \delta^2 - 2x_p$
 - 4: $y_r = -y_p + \Delta(x_p - x_r)$
 - 5: **devolver** $r(x, y)$
 - 6: **fin si**
 - 7: **si** $p_x = q_x$ **y** $q_x = q_y$ **y** $y_x \neq 0$ **entonces**
 - 8: $\Delta = \frac{3x_p^2 + a}{2y_p}$
 - 9: $x_r = \delta^2 - 2x_p$
 - 10: $y_r = -y_p + \Delta(x_p - x_r)$
 - 11: **devolver** $r(x, y)$
 - 12: **fin si**
-

3.2.2 Suma de un punto k-veces

Ahora vemos que dentro de nuestro esquema de encriptación eventualmente se necesita sumar un punto k-veces, es decir, $P + P + \dots + P$ un número k de veces, para obtener el punto kP . El siguiente algoritmo nos ayuda a realizar esta operación:

Algoritmo Suma de un Punto K-veces

Entrada: $p(x, y), q(x, y), a, g$

Salida: $k(x, y)$

```

1: convertimos a k en binario  $bin = bin(k)$ 
2: tomamos como punto inicial  $p_i(0,0)$ 
3: para  $i = tamaño\ del\ binario$  hasta  $i = 0$  hacer
4:   si  $digito[i] = 0$  entonces
5:      $puntos = Sumadepuntos(p, p_i, a, g)$ 
6:   fin si
7:   si  $digito[i] = 1$  entonces
8:      $puntos = SumadePuntos(p, p_i, a, g)$ 
9:      $puntos = SumadePuntos(p, puntos, a, g)$ 
10:  fin si
11: fin para
12: devolver  $puntos(x, y)$ 

```

3.3 Intercambio de claves.

Este punto es importante pues como lo mencionamos, estamos usando un sistema asimétrico por lo cual es necesario realizar un intercambio de claves entre el emisor y el receptor, para esto utilizamos el método de Diffie-Hellman, este método realiza el intercambio de claves utilizando curvas elípticas.

3.3.1 Algoritmo Diffie-Hellmann

Vamos a considerar al emisor y al receptor como usuarios A y B respectivamente, entonces suponiendo que el usuario A requiere enviar un mensaje al usuario B deberemos seguir el siguiente procedimiento.

1. El usuario A selecciona un valor aleatorio dentro del grupo $GF(p)$ al cual llamaremos n_A y envía al usuario B el punto $PA=n_A*GF(p)$.
2. El usuario B selecciona un valor aleatorio dentro del grupo $GF(p)$ al cual llamaremos n_B y envía al usuario B el punto $PB=n_B*GF(p)$.
3. En este punto el usuario A debe generar una clave secreta la cual llamaremos K donde $K=n_A*PB$
4. el usuario B a su vez genera su clave privada $K=n_B*PA$

Para poder realizar el proceso es necesario contar con una curva elíptica del tipo $y^2 = x^3 + ax + b$ y un punto $p(x, y)$ definidos sobre el grupo con el cual trabajaremos.

Romper este esquema es prácticamente imposible pues el ataque deberá ser capaz de obtener nuestras claves K por lo que deberá intentar obtener nuestro grupo $GF(p)$ y a su vez el punto p lo que hace muy seguro a este método.

Algoritmo Intercambio de Claves Diffie-Hellman

Entrada: $p(x, y), a, g$

Salida: n_A, n_B, K_A, K_B

- 1: obtenemos los valores aleatorios n_A y n_B
 - 2: n_A =Aleatorio, n_B =Aleatorio
 - 3: verificamos que n_A y n_B sean valores permitidos obteniendo el mcd
 - 4: mcd_A =EuclidesExtendido, mcd_B =EuclidesExtendido
 - 5: si $mcd_A = 1$ y $mcd_B = 1$ entonces
 - 6: PA =Algoritmo Suma de Puntos K veces
 - 7: PB =Algoritmo Suma de Puntos K veces
 - 8: Para obtener K_A y K_B mandamos al Algoritmo de Suma de Puntos K veces los datos PA y PB
 - 9: K_A =Algoritmo Suma de Puntos K veces (PA)
 - 10: K_B =Algoritmo Suma de Puntos K veces (PB)
 - 11: **fin si**
 - 12: **devolver** n_A, n_B, K_A, K_B
-

3.4 Algoritmo Codificación Bajo Curvas Elípticas

De la misma manera que en algoritmos anteriores para este debemos tener una curva elíptica del tipo $y^2 = x^3 + ax + b$ y un grupo $GF(p)$ con p primo. Antes de empezar con el algoritmo es importante decir que se codifica bajo el código ASCII, es decir, cada letra del mensaje m tomará el valor de acuerdo a la tabla ASCII.

Algoritmo Codificación Bajo Curvas Elípticas

Entrada: m, M, l, g, h

Salida: $p(x, y)$

- 1: El proceso se hace para cada letra del mensaje m
 - 2: Verificamos que $M * h < g$
 - 3: **mientras** $i=1$ hasta $i=l$ de m **hacer**
 - 4: $x = \text{ascii}(h) + j$
 - 5: Sustituimos a x en la ecuación $y^2 = x^3 + ax + b$
 - 6: Obtenemos la raíz cuadrada del resultado de la ecuación
 - 7: obtenemos el punto $p(x, y)$ donde p es nuestro x encontrado e y es el resultado de la raíz
 - 8: **fin mientras**
 - 9: **devolver** $p(x, y)$
-

3.5 ElGamal

Ahora que ya tenemos codificado el carácter con el procedimiento anterior, procedemos a realizar el algoritmo de encriptación de clave pública ElGamal. Como parámetros tendremos una curva elíptica de tipo $y^2 = x^3 + ax + b$ y un grupo $GF(p)$ con p primo y un carácter codificado previamente por el algoritmo de Codificación Bajo Curvas Elípticas, es decir, el punto $p(x, y)$.

Algoritmo ElGamal

Entrada: $p(x, y)$, curva, grupo, puntoBase (x, y)

Salida: $p(x_1, y_1, x_2, y_2)$

- 1: obtenemos la clave secreta del usuario A y del usuario B
 - 2: $cA = \text{Diffie-Hellman}$
 - 3: $cB = \text{Diffie-Hellman}$
 - 4: Obtenemos la clave publica del usuario A y del usuario B multiplicando $cA * \text{puntoBase}(x, y)$
 - 5: $cpA = \text{SumaPuntosKveces}$
 - 6: $cpB = \text{SumaPuntosKveces}$
 - 7: Así obtenemos el par de claves de cada usuario
 - 8: $A = cA, cpA$
 - 9: $B = cB, cpB$
 - 10: obtenemos un numero aleatorio k dentro del grupo
 - 11: calculamos $PO = k * p$ y $PO + K * cpB$
 - 12: obtenemos la pareja $E = PO(x, y), PO + K * cpB(x, y)$
 - 13: **devolver** E
-

3.6 Decodificación

El proceso de decodificación se realiza con los puntos obtenidos del cifrado con ElGamal visto anteriormente, necesitamos la curva elíptica, nuestro elemento M y h , así como el grupo $GF(p)$. Para este proceso se utiliza el siguiente algoritmo.

Algoritmo Decodificación

Entrada: claveB, parejadePuntos $PO(x, y), PO + K * cpB(x, y), h$

Salida: carácter

- 1: Multiplicamos la clave privada de B por el primero de los puntos recibidos
- 2: $\text{punto} = \text{claveB} * PO(x, y)$

- 3: restamos el segundo punto que envió el usuario A menos el punto obtenido $Pe = (PO + K * cpB(x, y)) - \text{punto}(x, y)$
 - 4: Debemos recordar que $p(x, y)$ tiene a su negativo $-p(x, -y)$ es decir podemos sustituir la operación resta por la suma del negativo de punto $Pe = (PO + K * cpB(x, y)) + \text{punto}(x, -y)$
 - 5: Una vez que obtenemos $Pe(x, y)$ realizamos una división $c = \frac{Pe(x)}{h}$
 - 6: Obtenemos la parte entera de este resultado y lo convertimos en carácter
 - 7: $c = \text{Carácter}$
 - 8: **devolver** Carácter
-

4. Conclusiones

Se muestran los conceptos matemáticos para la realización de los algoritmos de cifrado y descifrado usando criptografía en curvas elípticas. Cabe destacar que los resultados se obtienen eligiendo parámetros válidos para el correcto funcionamiento de los algoritmos, a lo largo de este trabajo se expusieron una serie de características a cumplir, por ejemplo, que cada parámetro para realizar la encriptación debería estar contenido dentro del Grupo Abeliano elegido $GF(p)$ con p primo.

Como trabajo futuro se explorarán algoritmos para la encriptación y descifrado definidos sobre otros campos finitos, tales como $GF(2^m)$.

Referencias

1. Amalraj, J.: Raybin, J.: A survey paper on cryptography techniques. IJCSMC, Vol. 5, Issue. 8, August 2016, pg.55 – 59.
2. Diffie, W. & Hellman, M.: New directions in cryptography. IEEE transactions on Information Theory, 22(6), pp. 644-654(1976)
3. ElGamal, T. A public key cryptosystem and a signature scheme based on discrete logarithms. IEEE transactions on information Theory, 31, pp. 469-472(1985)
4. Gómez Bello, M. La aritmética modular y algunas de sus aplicaciones (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia) (2011)

5. Gupta, Vipul y Stebila, Douglas, Sheueling, Chang Shantz. Integrating Elliptic Curve Cryptography into the Web's Security Infrastructure. Sun Microsystems, Inc.
6. N. Koblitz. Elliptic curve in cryptography. American Mathematical Society J. Comput. Math., pp. 207–209, 1987.
7. V. S Miller. Use of elliptic curves in cryptography. In Lecture notes in computer sciences; 218 on Advances in cryptology CRYPTO 85, pp. 417– 426, USA, 1986. Springer-Verlag New York, Inc.
8. Y. Kawahara, T. Takagi, and E. Okamoto, Efficient Implementation of Tate Pairing on a Mobile Phone Using Java. In Computational Intelligence and Security, vol. 2, pp. 1247 - 1252, Berlin, 2006.

Control Directo de Torque Basado en Lógica Difusa para un Motor AC

Gerardo Pantle Cuautle¹, Ernest Cortez², José Italo Cortez³, Gregorio Trinidad García⁴

Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Ciudad Universitaria, 14 Sur y Avenida San Claudio,
Fraccionamiento Jardines de San Manuel,
C.P. 72570, Puebla, Pue.; México.

gerardopantle@hotmail.com, {italovich, gtrinidadg4321}@gmail.com, italo.cortez@lisder.buap.mx

Resumen. Actualmente, el incremento en la quema de combustible fósil por parte del sector industrial ha generado una gran cantidad de gases de efecto invernadero, debido a ello, en el sector automotriz se ha planteado el uso de un vehículo eléctrico híbrido (VEH), que requiere de un motor eléctrico para llevar a cabo la tracción. Asimismo, se han implementado estrategias de control en el motor AC para incrementar la eficiencia del VEH, sin embargo, presentan un rizado en el torque. En el presente trabajo se propone emplear la estrategia de control directo de torque (DTC) basado en lógica difusa (LD), que permite reducir el nivel de rizado mediante la sustitución de controles de histéresis por un controlador LD. Se realiza la validación del DTC basado en LD con base en una velocidad de referencia. Finalmente, el DTC basado en LD permite una reducción en el rizado ante una señal de referencia.

Palabras Clave: Motor AC, Motor de imanes permanentes, Control difuso, Control de torque, Convertidores de potencia DC-AC.

1. Introducción

Actualmente, el uso de fertilizantes y la quema de combustibles fósiles emiten una gran cantidad de gases de efecto invernadero, que es una de las principales causas del calentamiento global, [1], [2]. Debido al impacto negativo ocasionado por la emisión de gases, se ha realizado la búsqueda de soluciones para reducir la dependencia de combustible fósil en diversos sectores industriales [3], [4] en específico, el sector automotriz.

Hoy en día, el vehículo convencional utilizado en la industria automotriz emplea un motor de combustión interna, que funciona bajo una dependencia total de combustible fósil. Asimismo, presenta otras desventajas, como una baja eficiencia energética y un costo de mantenimiento elevado. Debido a las limitaciones del vehículo convencional, se ha propuesto como una solución la electrificación de vehículos [5], [6].

La electrificación de vehículos permite un incremento de autonomía, debido a que emplea un sistema capaz de almacenar y suministrar la energía proveniente de diversas fuentes de energía. Además, la electrificación de un vehículo disminuye la emisión de gases

de efecto invernadero en los recorridos y cuando el vehículo se encuentra totalmente detenido a causa del tráfico [4], [7].

Se ha propuesto emplear el Vehículo Eléctrico Híbrido (VEH), que funge como una solución eficiente a la electrificación de vehículos. El VEH utiliza un motor eléctrico como elemento principal de propulsión y un motor de combustión interna como fuente de energía de respaldo [8], [9], en consecuencia, no requiere una infraestructura para el sistema de almacenamiento de energía (SAE).

El motor eléctrico empleado en el VEH es el motor de corriente directa (DC), debido a que presenta una respuesta rápida en el control de flujo y torque. Sin embargo, el motor requiere mantenimiento periódico, posee un gran tamaño y se encuentra limitado a una determinada relación entre velocidad y voltaje [6], [4]. Debido a las desventajas que presenta el motor DC, se ha propuesto emplear el motor de corriente alterna (AC), que dispone de una alta eficiencia, una alta densidad de potencia y una baja inercia [5], [10].

Con el objetivo de obtener un rango amplio de operación torque-velocidad para un motor AC, es necesario emplear un sistema de control [11]. Por ejemplo, en [12], se emplea un sistema de control para un motor AC, con el objetivo de regular la magnitud del flujo y seguir una trayectoria de referencia para la velocidad angular. Además, en [13], se presenta un control de torque, que emplea un sistema de búsqueda de la corriente mínima del estator para aumentar la eficiencia del motor. Debido a ello, un sistema de control permite mejorar el aprovechamiento de la energía almacenada, lo que garantiza un aumento de eficiencia en el comportamiento dinámico del motor.

En consecuencia, se ha propuesto una estrategia de control escalar, que permite manipular el torque en función del voltaje de entrada [6]. Sin embargo, para evitar un sobrecalentamiento por alcanzar el límite de funcionamiento del motor, es necesario que la estrategia de control mantenga un límite en la relación voltaje-frecuencia [14], [15]. Debido a la limitante que presenta el control escalar, se ha planteado utilizar una estrategia de control vectorial, que permite manipular la relación torque-velocidad en función de la corriente [16], [17].

Como parte del control vectorial, se ha desarrollado un enfoque denominado control orientado a campo (FOC), que permite operar en un amplio rango de velocidades y condiciones de carga [18], [19]. Por ejemplo, en [20] se emplea la estrategia de control FOC, con la finalidad de llevar a cabo el control de posición en un motor de histéresis. Además, en [21] se emplea el FOC para ajustar de las corrientes de referencia del rotor, con la finalidad de regular la frecuencia del estator y controlar el torque. Sin embargo, el desempeño de la estrategia FOC depende del conocimiento de diversos parámetros del motor y está en función del nivel de precisión de las operaciones necesarias para la transformación de coordenadas, lo que conlleva un elevado procesamiento computacional.

En consecuencia, se ha propuesto emplear el control vectorial con un enfoque denominado control directo de torque (DTC), que presenta una menor dependencia de los parámetros del sistema [22], [23], [24]. Por ejemplo, en [25], se desarrolla un DTC que permite eliminar las imprecisiones existentes en los observadores, con el propósito de mejorar la eficiencia del motor. Además, en [26], se emplea un DTC con la finalidad de predecir el estado de los interruptores del convertidor en un período de muestreo siguiente. No obstante, el DTC provoca una baja eficiencia en el desempeño del motor, debido a que presenta un alto rizado en el torque y en el flujo del estator, además de un elevado nivel de ruido a bajas velocidades.

Debido a las limitaciones y restricciones presentadas por el control directo de torque tradicional, surge la necesidad de desarrollar una nueva estrategia de control para ampliar el rango de operación del motor eléctrico de corriente alterna, lo que permitirá incrementar la eficiencia del vehículo eléctrico híbrido.

En este trabajo, se propone llevar a cabo la implementación de una estrategia de control directo de torque basado en lógica difusa, con el objetivo de ampliar el rango de operación de un motor de AC y eliminar el rizado en el torque. Además, se plantea utilizar un sistema de lógica difusa, con el objetivo de modificar los voltajes de salida de un convertidor de potencia. Asimismo, el convertidor es empleado para transformar una corriente directa en una corriente alterna, que permitirá manipular el comportamiento de un motor de corriente alterna. Finalmente, se propone realizar la validación de la estrategia DTC basada en lógica difusa mediante el empleo una señal de velocidad, que se empleará como señal de referencia.

2. Sistema de control para un motor de corriente alterna

Para llevar a cabo el control de un motor de corriente alterna (AC) es necesario definir un sistema (Figure 1), que permita manipular el comportamiento del motor en función de una estrategia de control. En consecuencia, el sistema contempla un convertidor de potencia tipo DC-AC, con el objetivo de generar una corriente alterna a partir de una corriente directa en función de una señal de control.

2.1 Convertidor de potencia DC-AC

Un convertidor de potencia tipo DC-AC (también llamado inversor) está conformado por un conjunto de dispositivos electrónicos, con la finalidad de llevar a cabo un proceso de conmutación que permite transformar corriente directa en corriente alterna, Figure 2.

El convertidor DC-AC genera un voltaje alterno, que será enviado hacia cada una de las fases del motor de corriente alterna, asimismo, está representado mediante (1).

$$\begin{bmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} \\ \frac{1}{3} & -\frac{1}{3} & \frac{2}{3} \\ -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} & \frac{2}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_a \\ s_b \\ s_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{sa} \\ v_{sb} \\ v_{sc} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Por otra parte, los elementos de conmutación del inversor requieren de una señal de control, con la finalidad de suministrar a un motor de AC una corriente alterna con una determinada magnitud y frecuencia.

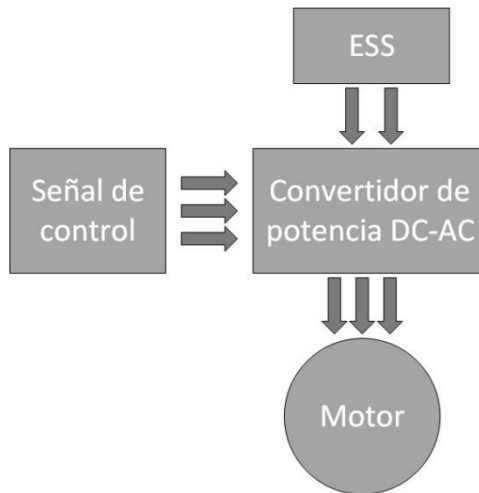


Fig. 1. Diagrama para el sistema de control de un motor AC.

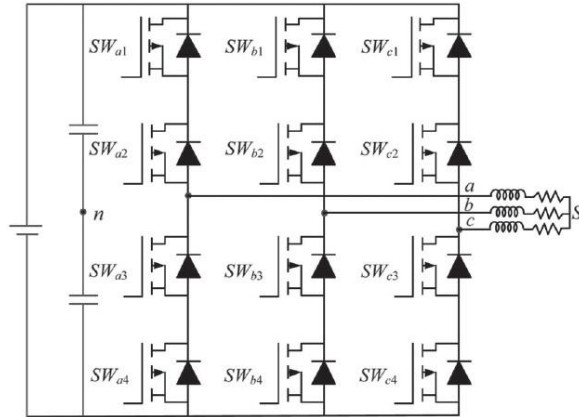


Fig. 2. Elementos de un convertidor de potencia.

2.2 Motor síncrono de AC

El motor síncrono de corriente alterna se ha destacado por ser capaz de proporcionar una velocidad precisa, específica y constante para un amplio rango de cargas, asimismo, por presentar una elevada eficiencia [11], [27]. En consecuencia, se propone emplear un motor síncrono de imanes permanentes (PMSM) (Figure 3), debido a que posee una alta densidad de torque y potencia.

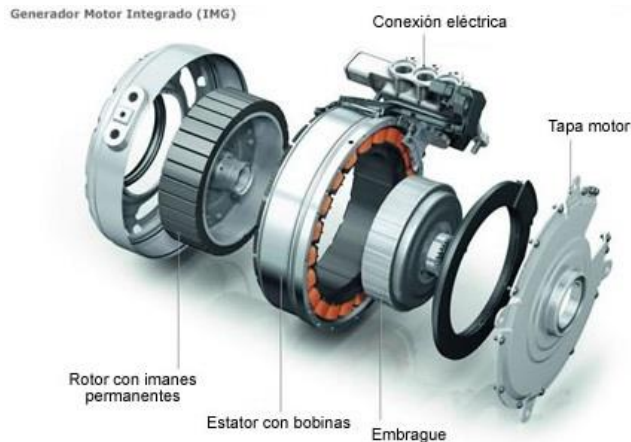


Fig. 3. Motor AC síncrono IPMSM [28]

Para definir el comportamiento eléctrico y mecánico de un PMSM se emplea un modelo matemático, que considera los voltajes entre las tres fases del estator (2).

$$\begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Phi_{sa} \\ \Phi_{sb} \\ \Phi_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{sa} \\ v_{sb} \\ v_{sc} \end{bmatrix} \quad (2)$$

en donde v_{sa} , v_{sb} y v_{sc} denotan el voltaje de cada fase en el estator, R_s es la resistencia de la bobina del estator, i_{sa} , i_{sb} y i_{sc} son las corrientes en los devanados del estator y Φ_{sa} , Φ_{sb} y Φ_{sc} son los flujos inducidos dentro de los devanados del estator.

Además, el modelo contempla un flujo constante en el rotor, que es creado por los imanes del PMSM (3).

$$\begin{bmatrix} \Phi_r & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_r & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(p\theta) \\ \cos(p\theta - 2\pi/3) \\ \cos(p\theta + 2\pi/3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_{ra} \\ \Phi_{rb} \\ \Phi_{rc} \end{bmatrix} \quad (3)$$

donde Φ_r es la amplitud del flujo producido por los imanes permanentes, p es el número de pares de polos y Φ_{ra} , Φ_{rb} y Φ_{rc} denotan el flujo mutuo de las fases del rotor.

Además, a partir del flujo en el rotor (3), de la matriz de inductancia del estator (4) y de la corriente en las fases del estator, es posible obtener el flujo a través de cada devanado del estator (5).

$$L_{ss} = \begin{bmatrix} L_a & M_{ab} & M_{ac} \\ M_{ba} & L_b & M_{bc} \\ M_{ca} & M_{cb} & L_c \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} \Phi_{ra} & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{rb} & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{rc} \end{bmatrix} + [L_{ss}] \begin{bmatrix} i_{sa} & 0 & 0 \\ 0 & i_{sb} & 0 \\ 0 & 0 & i_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_{sa} & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{sb} & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{sc} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Sustituyendo en la ecuación de voltajes (2) las componentes del flujo (5), es factible escribir una nueva ecuación para los voltajes presentes en el estator (6).

$$\begin{aligned}
 R_s \begin{bmatrix} i_{sa} & 0 & 0 \\ 0 & i_{sb} & 0 \\ 0 & 0 & i_{sc} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \left\{ [L_{ss}] \begin{bmatrix} i_{sa} & 0 & 0 \\ 0 & i_{sb} & 0 \\ 0 & 0 & i_{sc} \end{bmatrix} \right\} + \omega \frac{d}{d\theta} \begin{bmatrix} \Phi_{ra} & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{rb} & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{rc} \end{bmatrix} \\
 = \begin{bmatrix} v_{sa} & 0 & 0 \\ 0 & v_{sb} & 0 \\ 0 & 0 & v_{sc} \end{bmatrix}
 \end{aligned} \quad (6)$$

Es posible definir un torque electromagnético (7) para el PMSM, que depende de las corrientes y de las inductancias presentes en el rotor y en el estator.

$$T_{em} = \frac{1}{2} [i]^T \left\{ \frac{dL}{d\theta} \right\} [i] \quad (7)$$

Sustituyendo en (7) las corrientes (8) y las inductancias (9), es posible obtener una nueva expresión para el torque electromagnético desarrollado (10).

$$[i] = [i_{sabc} \ i_f] \quad (8)$$

$$[L] = \begin{bmatrix} [L_{ss}] & [M_{sf}] \\ [M_{fs}] & (L_f) \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$T_{em} = \frac{1}{2} [i_{sabc} \ i_f]^T \left[\frac{d}{d\theta} \begin{bmatrix} [L_{ss}] & [M_{sf}] \\ [M_{sf}] & L_f \end{bmatrix} \right] [i_{sabc} \ i_f] \quad (10)$$

donde i_f es la corriente en el rotor, $[L_{ss}]$ es la matriz de inductancia, $[M_{sf}]$ es la matriz de inductancias entre el rotor y el estator. Además, L_f es independiente de la posición θ del rotor y $[M_{fs}] = [M_{sf}]^T$, lo que genera (11).

$$T_{em} = \frac{1}{2} [i_{sabc}]^T \left[\frac{d[L_{ss}]}{d\theta} \right] [i_{sabc}] + [i_{sabc}]^T \left[\frac{d[M_{sf}]}{d\theta} \right] i_f \quad (11)$$

3. Control Directo de Torque para un PMSM basado en lógica difusa

Con la finalidad de controlar el torque y flujo producido por el motor se emplea el control directo de torque (direct torque control, DTC), que opera en un marco de referencia rotatorio y actúa directamente en los elementos del inversor para producir una corriente alterna, Figure 4. Sin embargo, el DTC emplea controladores de histéresis, por lo que presenta un alto rizado en el torque y en el flujo del estator.

Para eliminar las limitaciones y restricciones que presenta el DTC tradicional, se propone emplear un control directo de torque basado en un sistema de lógica difusa.

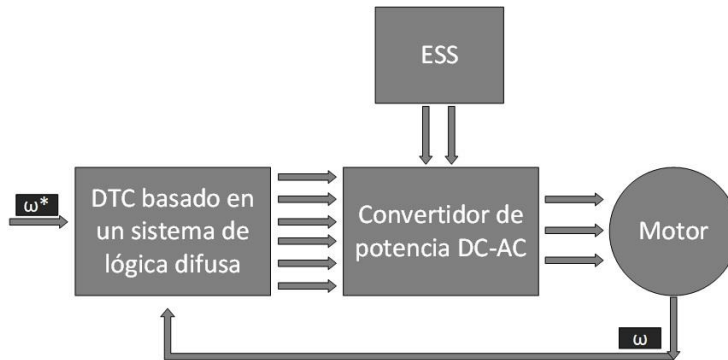


Fig. 4. Diagrama para el control de un PMSM

3.1 Ecuaciones del control para DTC

Debido a la necesidad de reducir el procesamiento computacional, se ha propuesto realizar la transformación del modelo matemático del PMSM en un marco de referencia rotacional, (12). Asimismo, el marco de referencia permite simplificar la representación de tres fases del motor, ya que emplea parámetros constantes para simplificar el modelo [11].

$$v_s, d_q = R_s i_{s,dq} + \frac{d}{dt} \psi_{s,dq} + F \psi_{s,dq} \quad (12)$$

donde $F = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_r \\ \omega_r & 0 \end{bmatrix}$, es la matriz de velocidad angular, R_s la resistencia del estator, $\psi_{s,dq} = [\psi_{sd} \ \psi_{sq}]^T$ es el vector de flujo del estator, $v_{s,dq} = [v_{sd} \ v_{sq}]^T$ y $i_{s,dq} = [i_{sd} \ i_{sq}]^T$ son el vector de voltajes y corrientes en el estator. Además, el vector de flujo del estator esta de nido como (13).

$$\psi_{s,dq} = G i_{s,dq} + \psi_{r,dq} \quad (13)$$

donde $G = \begin{bmatrix} L_d & 0 \\ 0 & L_q \end{bmatrix}$, con L_d y L_q siendo las y $\psi_{r,dq} = [\psi_f \ 0]^T$, con ψ_f como el flujo de los imanes permanentes.

Por otra parte, el torque electromagnético producido por el motor se define como (14).

$$T_e = \frac{3}{2} p (\psi_d i_q - \psi_q i_d) \quad (14)$$

Donde p es el número de polos.

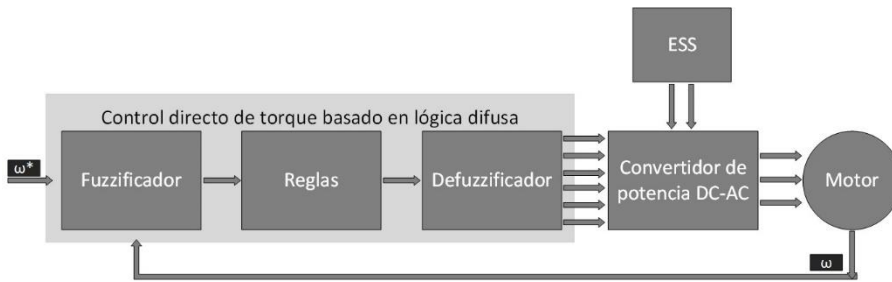


Fig. 5. Diagrama DTC basado en lógica difusa para un PMSM

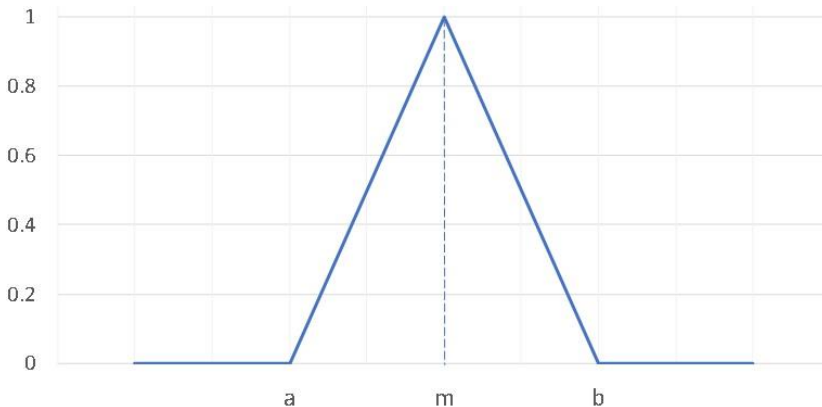


Fig. 6. Función de pertenencia triangular

3.2 Sistema de lógica difusa

La estrategia de control directo de torque para el motor síncrono de imanes permanentes (PMSP) basada en lógica difusa (Figura 5), está conformada por un fuzzificador, un conjunto de reglas y un defuzzificador. El fuzzificador se encarga de realizar la conversión de los valores numéricos de entrada a variables lingüísticas, mediante diferentes tipos de funciones de pertenencia (triangular, trapezoidal, sigmoideal y gaussiana).

Se propone emplear la función de pertenencia triangular (15), debido a que opera en función de los valores óptimos centrales de entrada, Figure 6.

$$\mu_A = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{si } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{si } m < x < b \\ 0 & \text{si } x \geq b \end{cases} \quad (15)$$

Entradas		Salidas					
Corriente	Velocidad	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Baja	Baja	1	0	0	0	1	1
	Media	0	1	0	1	0	1
	Alta	0	0	1	1	1	0
Media	Baja	0	0	1	1	1	0
	Media	0	1	0	1	0	1
	Alta	1	0	0	0	1	1
Alta	Baja	0	1	1	1	0	0
	Media	1	0	1	0	1	0
	Alta	1	1	0	0	0	1

Fig. 7. Reglas para el sistema de lógica difusa

donde a es el límite inferior, b el límite superior y m el valor modal.

Asimismo, las entradas de la estrategia de control (Figure 5) son los valores de la corriente (16) y de la velocidad angular de referencia (17).

$$\mu_{Corrientes} = \begin{cases} \mu_{c1,c2,c3} = 1 & \text{si Corrientes} \in c1, c2, c3 \\ 0 < \mu_{c1,c2,c3} < 1 & \text{si } c1 \cap c2 \text{ y } c2 \cap c3 \\ \mu_{c1,c2,c3} = 0 & \text{si Corrientes} \notin c1, c2, c3 \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{velocidad} = \begin{cases} \mu_{v1,v2,v3} = 1 & \text{si velocidad} \in v1, v2, v3 \\ 0 < \mu_{v1,v2,v3} < 1 & \text{si } v1 \cap v2 \text{ y } v2 \cap v3 \\ \mu_{v1,v2,v3} = 0 & \text{si velocidad} \notin v1, v2, v3 \end{cases} \quad (17)$$

donde $c1$ es corriente de fase 1, $c2$ es corriente de fase 2, $c3$ es corriente de fase 3, $v1$ es velocidad 1, $v2$ es velocidad 2 y $v3$ es velocidad 3.

Posteriormente, se propone desarrollar un conjunto de reglas para la estrategia de control del motor en función de las variables lingüísticas de las corrientes y la velocidad de referencia, Figura 7.

Para obtener valores numéricos de la estrategia de gestión de control se requiere la defuzificación del resultado de las reglas difusas, en consecuencia, se emplea el método denominado centroide (18). Además, el método permite incrementar la sensibilidad a la incertidumbre, que existe durante la interacción entre los valores fuzzificados y el conjunto de reglas propuesto.

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z dz}{\int \mu_c(z) dz} \quad (18)$$

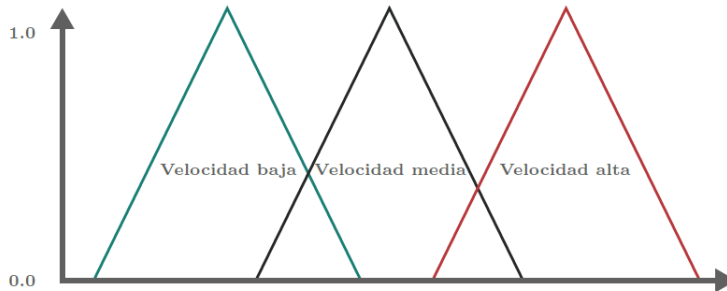


Fig. 8. Función de pertenencia para corriente de entrada

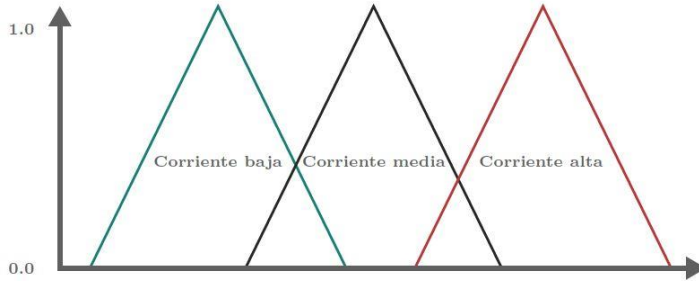


Fig. 9. Función de pertenencia para velocidad de entrada

Donde z^* es el valor defuzzificado, $\mu_c(z)$ es la función de pertenencia y z es el valor de la variable lingüística. Asimismo, el valor defuzzificado permitirá enviar un voltaje adecuado para el motor, que permitirá modificar su comportamiento.

4. Validación

Con la finalidad de establecer una estrategia de control para un motor síncrono de imanes permanentes (PMSM) se empleó su modelo matemático, que considera una parte eléctrica (12) y una parte mecánica (14).

Asimismo, se empleó la estrategia de control directo de torque basado en lógica difusa, con la finalidad de llevar a cabo la reducción en el rizado del flujo del torque.

El sistema de lógica difusa posee un fuzzificador para realizar la conversión de los valores de entrada a variables lingüísticas, asimismo, las variables de entrada fuzzificadas son la corriente (Figure 8) y la velocidad angular (Figure 9).

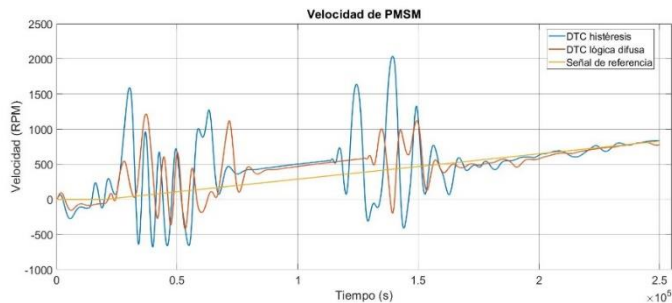


Fig. 10. Señales de los sistemas de control

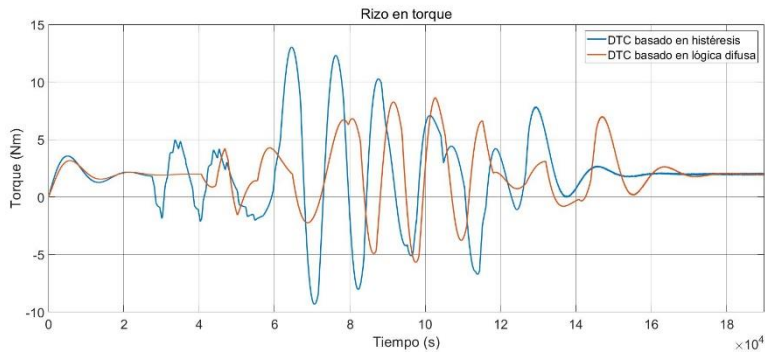


Fig. 11. Reducción en el rizado de torque

Además, la estrategia considera reglas, que están en función de la corriente y de la velocidad angular, Figura 7.

Posteriormente, las reglas pasan por un proceso de defuzzificación, que enviarán señales a un convertidor de potencia para generar una corriente alterna con una determinada frecuencia y amplitud.

Asimismo, se realizó la comparación entre un control directo de torque tradicional (basado en histéresis) y un control directo de torque basado en lógica difusa, a través de una señal de referencia de velocidad, Figura 10.

Finalmente, se graficó el rizo en el torque que aparece en el DTC basado en histéresis y en el DTC basado en lógica difusa (Figura 11), así como un análisis estadístico respecto al nivel de rizado del torque (Figura 12).

5. Conclusiones

La estrategia DTC basada en lógica difusa incrementa la sensibilidad a la incertidumbre que existe durante la interacción entre los valores fuzzificados y el conjunto de reglas propuesto, en consecuencia, se presenta una reducción en el rizado del torque.

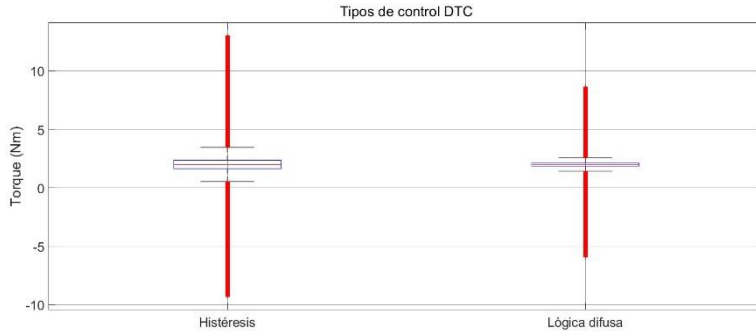


Fig. 12. Análisis estadísticos del rizado de torque

La reducción del rizado en el torque se lleva a cabo debido a las señales que recibe el convertidor de potencia, asimismo, reducir el rizado de torque implica una menor pérdida de potencia.

Además, la estrategia de control directo de torque basada en lógica difusa permite alcanzar la velocidad de referencia en un tiempo menor que el control directo de torque basado en histéresis.

Referencias

1. Pérez Torreglosa Juan. *Comparación de esquemas de control aplicados a un sistema híbrido integrando convertidores Corriente Continua / Corriente continua*. PhD thesis, Universidad de Jaén, Jaén, España, 2012.
2. Valero Verdú Sergio, Miralles Pastor Roberto, Senabre Blanes Carolina, and López Sánchez Demetrio. Análisis de la viabilidad de recarga de vehículos eléctricos con módulos fotovoltaicos. *La Revista*, (110):4{11, 2013.
3. García García Israel. *Análisis de factores económicos, tecnológicos y políticos en el futuro mercado del vehículo eléctrico en España mediante dinámica de sistemas*. PhD thesis, Universidad de Valladolid, Valladolid, España, 2012.
4. Martínez Cerros Juan Luis. Control del sistema de tracción de un vehículo eléctrico. Master's thesis, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México, 2011.
5. Raga Arroyo María del Carmen. *Dimensionamiento, modelado e implementación de sistemas de distribución de potencia aplicados a Vehículos Eléctricos Híbridos basados en Pilas de Combustible*. PhD thesis, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, España, 2015.

6. Durán Fonseca Miguel Ángel. *Control de la Operación de un Vehículo Eléctrico con un Uso Eficiente de la Energía*. PhD thesis, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Morelos, México, 2013.
7. Chávez Baeza Carlos. *Estudio Energético-Ambiental del Sector Transporte en la Zona Metropolitana del Valle de México*. PhD thesis, UNAM, México, D.F, 6 2014.
8. Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL). Vehículos eléctricos híbridos y enchufables. Technical report, U.S. Department Energy, Estados Unidos, Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable, 2015.
9. U. S. Department of energy. Emissions from hybrid and plug-in electric vehicles. https://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions.php.
10. Z. Yang, F. Shang, I. P. Brown, and M. Krishnamurthy. Comparative study of interior permanent magnet, induction, and switched reluctance motor drives for EV and HEV applications. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 1(3):245{254, Oct 2015.
11. Fouad Giri. *AC electric motors control: advanced design techniques and applications*. John Wiley & Sons Inc, Chichester, West Sussex, United Kingdom, 2013.
12. H. Sira-Ramírez, F. González-Montañez, J. A. Cortés-Romero, and Luviano-Juárez. A robust linear field-oriented voltage control for the induction motor: Experimental results. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60(8):3025{3033, Aug 2013.
13. A. Pugachev. Efficiency increasing of induction motor scalar control systems. In *2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, pages 1-5, May 2017.
14. K. Zeb, W. Uddin, M. A. Khan, Ayesha, A. Haider, and H. J. Kim. A comparative assessment of scalar controlled induction motor using pi, adaptive sliding mode, and FLC based on SD controllers. In *2017 First International Conference on Latest trends in Electrical Engineering and Computing Technologies (INTELLECT)*, pages 1-6, Nov 2017.
15. M. Bechar, A. Hazzab, and M. Habbab. Real-time scalar control of induction motor using rt-lab software. In *2017 5th International Conference on Electrical Engineering - Boumerdes (ICEE-B)*, pages 1{5, Oct 2017.
16. X. Shi and M. Krishnamurthy. Digital control of induction machines as a backup control strategy for fault tolerant operation of traction motors. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 2(3):651{658, Sept 2014.
17. F. Karbakhsh, M. Amiri, and H. Abootorabi Zarchi. Two-switch flyback inverter employing a current sensorless mppt and scalar control for low cost solar powered pumps. *IET Renewable Power Generation*, 11(5):669{677, 2017.
18. Y. Choi, H. H. Choi, and J. Jung. Feedback linearization direct torque control with reduced torque and flux ripples for IPMSM drives. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(5):3728{3737, May 2016.
19. K. Jezernik, J. Korelic, and R. Horvat. PMSM sliding mode fpga-based control for torque ripple reduction. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28(7):3549{3556, July 2013.
20. L. Zhou, W. Gruber, and D. L. Trumper. Position control for hysteresis motors: Transient-time model and _field-oriented control. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 54(4):3197{3207, July 2018.

21. G. D. Marques and M. F. Iacchetti. Stator frequency regulation in a field-oriented controlled dfig connected to a DC link. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 61(11):5930{5939, Nov 2014.
22. G. H. B. Foo and X. Zhang. Constant switching frequency based direct torque control of interior permanent magnet synchronous motors with reduced ripples and fast torque dynamics. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(9):6485{6493, Sept 2016.
23. M. H. Vafaie, B. Mirzaeian Dehkordi, P. Moallem, and A. Kiyoumars. A new predictive direct torque control method for improving both steady-state and transient-state operations of the PMSM. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(5):3738{3753, May 2016.
24. Q. Liu and K. Hameyer. Torque ripple minimization for direct torque control of PMSM with modified FCSMPC. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 52(6):4855{4864, Nov 2016.
25. M. Koç, J. Wang, and T. Sun. An inverter nonlinearity-independent flux observer for direct torque-controlled high-performance interior permanent magnet brushless ac drives. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 32(1):490{502, Jan 2017.
26. M. Preindl and S. Bolognani. Model predictive direct torque control with finite control set for PMSM drive systems, part 1: Maximum torque per ampere operation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 9(4):1912{1921, Nov 2013.
27. Austin Hughes. *Electric motors and drives: fundamentals, types and applications*. Newnes, Oxford, 2013.
28. Simona. 2011 audi q5 hybrid quattro. <https://www.topspeed.com/cars/audi/2011-audi-q5-hybrid-quattro-ar99793.html>.

Análisis de Datos Relacionados con las Habilidades de Estudio de Alumnos de Nivel Superior Mediante Técnicas de Agrupamiento

María Patricia Torrijos Muñoz¹, Jaime Alejandro Romero Sierra¹, Gustavo Trinidad Rubín Linares², María Teresa Torrijos Muñoz², Guillermo Marín Dorado²

¹Instituto Tecnológico de Puebla, Tecnológico Nacional de México,
Avenida Tecnológico num. 420, Col. Maravillas, C.P. 72220, Puebla Pue., México

²Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Av. San Claudio y 14 Sur, Ciudad Universitaria, C.P. 72570, Puebla Pue., México

¹{mariapatricia.torrijos, jaimealejandro.romero}@itpuebla.edu.mx, ²
{gustavo.rubin, teresa.torrijos, guillermo.marind}@correo.buap.mx

Resumen. Los alumnos que egresan de la educación media superior y que se incorporan a las instituciones de educación superior en ocasiones pasan por un camino de dificultades que los lleva a la frustración y/o al abandono escolar. La minería de datos educacionales se apoya en los datos educacionales para obtener información y generar conocimiento que servirá para que los docentes y las autoridades elaboren estrategias enfocadas a brindar solución a las dificultades de los estudiantes en su proceso educativo. En esta investigación, soportada en el uso de técnicas de agrupamiento de la minería de datos educacionales, se presenta el análisis realizado a los datos referentes a la motivación, organización y técnicas de estudio de los alumnos de primer semestre de Ingeniería Industrial, Mecánica y Eléctrica en el Instituto Tecnológico de Puebla. Este análisis sirve como soporte para la generación de estrategias que benefician a los estudiantes en su proceso educativo.

Palabras Clave: Minería de Datos, Minería de Datos Educacionales, Motivación de Estudio, Organización de Estudio, Técnicas de Estudio.

1. Introducción

Hoy en día, las organizaciones han comprendido que en los enormes repositorios de datos de sus sistemas computacionales existe una gran cantidad de información de interés estratégico que puede ser usada para generar conocimiento que a su vez ayude a tomar decisiones y a construir estrategias de mejora.

El incremento exponencial tanto de la capacidad de almacenamiento como de la potencia computacional de los sistemas informáticos ha motivado el desarrollo de un conjunto de técnicas en las que confluyen la inteligencia artificial y la estadística y que se engloban bajo la denominación general de minería de datos (data mining) [1].

En el ámbito de la educación surge la minería de datos educacionales como disciplina encargada del desarrollo de métodos para explorar los datos de los estudiantes y el entorno en el que aprenden con el fin de generar estrategias que puedan contribuir a mejorar su desempeño académico.

El análisis de clúster es una técnica de la minería de datos de clasificación automática de datos. Su finalidad esencial es encontrar concentraciones en los datos para su agrupamiento eficiente en clúster según su homogeneidad. Los grupos de casos o variables se realizan basándose en la proximidad o lejanía de unas con otras, por lo que el uso adecuado del concepto de distancia es muy importante. Es fundamental que los elementos dentro de un clúster sean homogéneos y lo más diferentes posibles de los contenidos en otros clústeres [2].

En este sentido, en el Instituto Tecnológico de Puebla se realizó análisis de clúster a los datos referentes a las habilidades de estudio de los alumnos de primer semestre de las carreras de Ingenierías Industrial, Mecánica y Eléctrica para obtener información que permita generar estrategias que beneficien a los estudiantes en su proceso educativo.

2. Habilidades de estudio

Para estudiar de forma eficaz es necesario cumplir con una serie de requisitos, es decir se debe tener claro los propósitos de estudio, una buena salud, disposición y la motivación, contar con un ambiente adecuado para el aprendizaje, administrar adecuadamente el tiempo y contar con los recursos necesarios. Como lo muestran los estudios recientes sobre las dificultades de aprendizaje de los nuevos estudiantes, se encuentra que es muy poco o nulo el uso de herramientas que ayuden al estudiante a desarrollar sus habilidades de aprendizaje; en segundo lugar, porque los estudiantes que entran a estudiar en un nivel superior, se ven desubicados en sus estudios debido al exceso de información y al poco tiempo disponible, dado que es probable que en su estadía en el nivel inmediato inferior, haya tenido un modo de estudiar deficiente que no le ayudaba a aprender correctamente y en tercer lugar, porque los estudiantes no tienen un conocimiento suficiente a cerca del manejo de técnicas, habilidades de estudio y estrategias de aprendizaje que lo orienten hacia una mejor comprensión de los conocimientos previos y nuevos, mejorando así su nivel de aprendizaje, su proceso de pensamiento, su creatividad y la aplicación de lo aprendido en la solución de sus problemas [3].

Para el propósito de esta investigación se consideraron las habilidades de estudio en función de tres dimensiones: motivación, organización y técnicas de estudio.

2.1 Motivación

El término motivación hace alusión al aspecto en virtud del cual el sujeto vivo es una realidad auto dinámica que le diferencia de los seres inertes. El organismo vivo se distingue de los que no lo son porque puede moverse a sí mismo. El interés se puede adquirir, mantener o aumentar en función de elementos intrínsecos y extrínsecos. Hay que distinguirlo de lo que tradicionalmente se ha venido llamando en las aulas motivación, que no es más que lo que el profesor hace para incrementar y mejorar la motivación.

La mayoría de los maestros se preocupan por el aprendizaje de sus alumnos; sin embargo, se aprecia una desmotivación muy generalizada de los estudiantes por lograr un verdadero interés en su proceso formativo, orientándose éste a obtener solamente la aprobación de sus cursos y la culminación de su carrera, con el mínimo de obstáculos.

La motivación es uno de los factores más importantes para que un estudiante decida o no continuar sus estudios universitarios. Sin embargo, esas motivaciones van desde aspectos personales, hasta institucionales pasando por el apoyo familiar y gubernamental, en términos económicos [4].

A la gran mayoría de los maestros les interesa que los alumnos estén motivados por aprender lo que les enseñan o, mejor aún, que estén motivados por aprender por cuenta propia. Sin embargo, es una preocupación observar que varios alumnos no encuentran ese estímulo. Muchos de ellos, quizá la mayoría, se encuentran solamente motivados por aprobar el curso, obteniendo una buena calificación y terminar la carrera lo antes posible, con un mínimo de esfuerzo y complicación. Varios alumnos incluso, abandonan la carrera por lo que el factor de eficiencia terminal es bajo y muchos alumnos pasantes dejan de obtener su título profesional al estar posiblemente motivados por otros estímulos, como los laborales [5].

La motivación puede compensar las limitaciones aptitudinales de un estudiante, es decir, un alumno altamente motivado con pocas aptitudes para cierta tarea puede, en un momento dado, tener un mejor desempeño que otro con mejores aptitudes, pero sin motivación. Es una de las razones por la que un alumno motivado se puede mantener en una tarea por un tiempo más prolongado [6].

Para mantener el interés del educando, se debe aprovechar la energía natural del alumno para sentirse capaz y orientado hacia el logro de metas. Es necesario que realice de manera voluntaria, lo que se espera que haga; y que desarrolle sus aptitudes para que alcance la meta deseada. Así, cuanto más capaz se sienta un alumno de desarrollar una actividad, más motivado estará para persistir en ella, a su vez, le dará la sensación de éxito o de mejoría y le ayudará a mantenerse motivado. Por su parte, el docente debe recordar que el alumno, como ser humano, siente la necesidad de proteger su autoestima, por lo que es importante buscar experiencias que generen sentimientos de orgullo y de satisfacción. Además se debe

ofrecer comentarios positivos para ayudarlo a que preste atención a sus características individuales y a asumir la responsabilidad de sus propias acciones [7].

Para Torres, *“La motivación en el aula universitaria es un proceso relacionado con la interacción entre tres variables: el sujeto que aprende, las tareas que se le proponen y el contexto en el que aprende”* [4]

La motivación puede surgir por medio de dos procesos: intrínseco y extrínseco. Cuando un estudiante tiene una motivación intrínseca, está motivado por la vivencia del proceso, más que por los logros o resultados del mismo, lo que provoca que estudie por el interés que le genera la materia. En este caso, la autorregulación cognitiva, la independencia y autodeterminación son cualidades evidentes del sujeto. Lo opuesto busca obtener una recompensa, lo que permite visualizar el logro como una experiencia que podría acarrear frustración y desencanto hacia una tarea, materia, persona o área específica del conocimiento que no le genera premios.

La motivación extrínseca es el efecto de acción o impulso que producen en las personas determinados hechos, objetos o eventos que las llevan a la realización de actividades, pero que proceden de fuera. De esta manera, el alumno extrínsecamente motivado centra la importancia del aprendizaje en los resultados y sus consecuencias [7].

2.2 Organización de estudio

Una de las claves importantes para alcanzar el éxito profesional es la capacidad de organizar el tiempo. Ya sea para estudiar, trabajar o realizar tareas: una correcta gestión del tiempo permite mejorar la eficiencia personal y aumentar la productividad.

El estudio sólo en aula no es suficiente, debe ser complementado con actividades fuera de la universidad para garantizar una adecuada formación profesional.

Se ha observado que uno de los principales problemas que afecta a los estudiantes universitarios es la falta de una planificación formal del tiempo expresada en acciones y actitudes como dejar todo para el último momento, estudiar para el examen un día antes, suspensión de exámenes, copias (plagios), entrega de trabajos fuera de tiempo y el sentimiento de satisfacción cuando se suspenden las labores académicas [9].

La Fundación Universia menciona que el proceso de estudiar es facilitado por una adecuada planificación del estudio que responda a las necesidades particulares de cada estudiante. Sin embargo, aunque no se implemente planificación formal alguna, este proceso continua, y en casos hasta con los resultados esperados por los estudiantes, lo que podría optimizarse con una adecuada planificación del tiempo de estudio que responda a las necesidades propias de cada estudiante.

En ocasiones los estudiantes sienten frustración debido a que aunque estudian demasiado no logran retener los conocimientos. Cuando la época de exámenes se acerca, es habitual que los estudiantes sientan que, a pesar de dedicar largas horas al estudio de una asignatura o temática, no logran retener la información deseada. Esto puede deberse a muchas causas, pero por lo general se vincula a una mala gestión del tiempo de estudio [3].

Las habilidades para gestionar el tiempo no son innatas, se aprenden y practican con distintas técnicas. Algunas personas no sienten esta presión, pues han aprendido a gestionar su tiempo de forma adecuada. Sin embargo, es importante aclarar que esta no es una habilidad innata sino aprendida, y por lo tanto cualquier estudiante puede trabajar para mejorar la forma en que divide sus tiempos.

El estudio de los hábitos de estudio y motivación de los alumnos es un buen inicio que propicia las áreas susceptibles de mejora orientadas a trabajar con la implementación de talleres que apoyen a los alumnos en desarrollar habilidades y estrategias para mejorar sus hábitos de estudio, además de iniciar con las trayectorias académicas para así orientar a los jóvenes en su proyección académica y laboral [9].

2.3 Técnicas de estudio

Se considera que las técnicas de estudio son un conjunto de herramientas, fundamentalmente lógicas, que ayudan a mejorar el rendimiento y facilitan el proceso de memorización y estudio. También se definen como una serie de estrategias y procedimientos de carácter cognitivo y meta cognitivo vinculados al aprendizaje. De este modo, bajo esta denominación se agrupan técnicas directamente implicadas en el propio proceso de estudio, el cual siempre se ve acompañado de una serie de estrategias como la monitorización de la ejecución de la tarea, el auto cuestionamiento, el uso de analogías, la supervisión y regulación de la propia ejecución, entre otras [10]

Es importante destacar que un conjunto adecuado de técnicas de estudio facilita la utilización de determinados procesos de pensamiento relacionados con el conocimiento. Estos pueden inscribirse dentro de ciertas operaciones específicas, como la capacidad de concentración, memoria y atención, las cuales permiten enriquecer procesos indispensables a la hora de aprender.

Considerando que los procesos educativos tienen como objetivo promover la formación académica integral del estudiante, brindándole apoyo a lo largo de su trayectoria escolar mediante la prestación de diversos servicios, es prioritario generar investigaciones que aporten conocimiento acerca de trayectorias escolares, hábitos y técnicas de estudio, desarrollo de habilidades escolares y estrategias de aprendizaje, con el fin de considerar aspectos generales de los estudiantes que influyen en su formación académica [3].

Es importante ayudar a los estudiantes de todos los niveles académicos y de manera particular a los de educación superior, pues, trabajar y mejorar los hábitos y técnicas de estudio, asegura la eficacia en sus procesos de aprendizaje. Con ello, el desempeño académico se verá impulsado y fortalecido durante toda su formación, evitando el surgimiento de problemáticas como el bajo desempeño y la deserción escolar [10].

3. Minería de datos

La minería de datos (MD) tiene como propósito resolver dos grandes retos a) trabajar con conjuntos de datos para extraer y descubrir información de interés y b) usar técnicas adecuadas para analizar e identificar tendencias y comportamientos que faciliten una mejor comprensión de los fenómenos que ocurren en el entorno y sirvan de ayuda en el proceso de la toma de decisiones [12].

La MD se puede definir como el proceso que utiliza matemática, inteligencia artificial estadística y técnicas de aprendizaje automático para descubrir conocimiento útil y entendible, desde grandes bases de datos almacenados en distintos formatos, por medio de modelos inteligibles a partir de los datos [13].

La MD es una técnica que nos permite obtener patrones o modelos a partir de los datos recopilados. Esta técnica se aplica en todo tipo de entornos como, por ejemplo, en la rama biológica, aplicaciones educacionales y financieras, procesos industriales, policiales y políticos [14] [25].

En este sentido, la MD en educación aplica técnicas de minería de datos en la información generada en el sector educación y se conoce como minería de datos educacionales (MDE). El propósito fundamental de MDE es analizar datos de instituciones educativas mediante el uso de diferentes técnicas como: predicción, clustering, análisis de series de tiempo, clasificación, entre otras [15].

4. Minería de datos educacionales

La MDE es una disciplina en evolución, tiene que ver con el desarrollo de métodos para explorar los datos de los estudiantes y el entorno en el que aprenden; así la MDE usa tecnologías informáticas como son almacenes de datos y herramientas de inteligencia de negocios para descubrir tendencias y patrones sobre datos educacionales. El conocimiento que la MD genera apoya a las autoridades de centros de educación en la toma de decisiones oportunas y a los profesores para analizar el comportamiento y aprendizaje de sus alumnos.

En el sector educación hay una tendencia creciente de investigación en el uso de MD para generar conocimiento [26] [27].

4.1 Antecedentes

En [16] realizaron una investigación relacionada a la predicción del rendimiento académico de los alumnos que ingresaron a la Escuela Profesional de Ingeniería de Computación y Sistemas de la Universidad de San Martín de Porres en el primer ciclo utilizando minería de datos.

Fontalvo-Herrera, Delahoz y Mendoza-Mendoza presentaron una aplicación de minería de datos para la clasificación de programas universitarios de Ingeniería Industrial acreditados en alta calidad en Colombia [17].

Miranda y Guzmán, realizaron un estudio para determinar cuáles son y cuál es la importancia de las variables que llevan a un estudiante a abandonar sus estudios universitarios [18].

Urbina y Calleja realizaron una breve revisión de aplicaciones educativas utilizando minería de datos y aprendizaje automático [19].

Mosquera, Parra-Osorio y Castrillón, presentaron la propuesta de una Metodología para la predicción del grado de riesgo psicosocial en docentes de colegios colombianos utilizando técnicas de minería de datos [20].

Bedoya, López Trujillo y Marulanda, presentaron los resultados del uso de técnicas de clasificación en minería de datos de los factores asociados a la percepción que el recién egresado de la Universidad de Caldas tiene de la utilidad de los conocimientos y destrezas adquiridos a lo largo de sus estudios, que forman parte vital en su rol laboral [21].

Villanueva, Ronzón y Luna, usaron técnicas de minería de datos para identificar los factores que influyen en los estudiantes, al momento de seleccionar una de las cuatro licenciaturas que ofrece la División Académica de Informática y Sistemas (DAIS) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México [22].

Azoumana K., mostró los resultados del análisis de la deserción estudiantil en la Universidad Simón Bolívar, facultad de Ingeniería de Sistemas, con técnicas de minería de datos [23].

Castro y Lizasoain, realizaron modelización estadística en la investigación educativa basadas en minería de datos y modelos jerárquicos lineales [24]

5. Análisis de clúster

El análisis de clúster es una técnica de clasificación en donde el número de clúster no es conocido a priori y los grupos se generan en función de la naturaleza de los datos. El análisis de clúster se puede definir como un método estadístico multivariante de clasificación automática que a partir de una tabla de datos, trata de situarlos en grupos homogéneos, no

conocidos de antemano pero sugeridos por la propia esencia de los datos, de tal manera que los objetos que puedan considerarse similares sean asignados a un mismo clúster mientras que objetos diferentes se localicen en clúster distintos.

El análisis establece dichos grupos basándose en la similitud que presentan un conjunto de entidades respecto a una serie de características que se especificar previamente. No obstante, es el análisis, y no el analista, el que finalmente extrae los grupos de objetos y sus características definitorias: número de segmentos, números de integrantes de cada segmento, etc. El análisis de clústeres constituye, por tanto, el ejemplo paradigmático del enfoque de segmentación post hoc. Así mismo se trata de un método descriptivo de segmentación.

5.1 Clúster en Rapid Miner

RapidMiner es un software que permite el desarrollo de procesos de análisis de datos mediante el encadenamiento de operadores a través de un entorno gráfico. Se usa en investigación, educación, capacitación, creación rápida de prototipos y en aplicaciones empresariales.

RapidMiner realiza la agrupación en clúster utilizando el algoritmo k-means. El algoritmo k-means determina un conjunto de k clústeres y asigna cada registro a un solo clúster. Los grupos se forman de registros con características similares. El cálculo de similitud entre los registros se basa en una medida de distancia entre ellos.

Un grupo en el algoritmo k-means está determinado por la posición del centro en el espacio n-dimensional de los n atributos del conjunto de registros. Esta posición se llama centroide. El algoritmo k-means comienza con k puntos que se tratan como el centroide de k agrupaciones potenciales. Estos puntos de inicio son la posición de k registros dibujados al azar de la entrada del conjunto de registros.

Todos los registros se asignan a su grupo más cercano, después los centroides de los grupos se recalculan promediando todos los registros de un grupo. Los pasos anteriores se repiten para los nuevos centroides hasta que los centroides ya no se muevan o se alcancen los pasos de optimización máxima. En este caso se considera el cálculo de la Distancia Euclidiana.

Como parámetros el operador *clustering* recibe una tabla con datos limpios, el número máximo de iteraciones, el tipo de medida, el tipo de divergencia de clústeres y como salida muestra la representación visual de los grupos y los registros que los constituyen.

6. Análisis de las habilidades de estudio utilizando clúster de RapidMiner

Se consideraron los datos correspondientes a las habilidades de estudio en tres dimensiones: motivación, organización y técnicas de estudio.

Los datos en crudo fueron estudiados para poder diseñar las estructuras que mejor se adaptaban para el análisis de los datos.

6.1 Preparación de los datos

Se analizaron los datos y se extrajeron para su limpieza, transformación y carga. La base de datos origen permitió la descarga de los datos en un archivo de Excel, para cada dimensión se generó un archivo diferente donde cada columna representaba un campo identificado de forma consecutiva por “Q.n/valor” para n desde 1 hasta 20, como se muestra en la Fig 1.

J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Calificación/	Q. 1/1.00	Q. 2/1.00	Q. 3/1.00	Q. 4/1.00	Q. 5/1.00	Q. 6/1.00	Q. 7/1.00	Q. 8/1.00	Q. 9/1.00	Q. 10/1.00	Q. 11/1.00	Q. 12/1.00
16.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
17.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
16.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00
17.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
16.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
6.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	-	0.00
13.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00
14.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
12.70	0.80	0.40	0.50	0.90	0.70	0.80	0.80	0.50	1.00	0.60	0.30	0.70

Fig. 1. Ejemplo de los datos que se descargan de la plataforma instruccional, que se refieren a la motivación, organización y técnicas de estudio de los tutorados.

Posteriormente se realizaron validaciones y se cargaron los datos como tablas planas en MySQL. Se analizaron los datos y se diseñaron las estructuras que se muestra en la Fig 2. Haciendo uso del lenguaje de consultas SQL, se cargaron los registros, se limpiaron y se eliminaron aquellos con datos faltantes.

6.2 Modelado

El modelo de análisis se formó por la normalización de los datos para lograr que las variables estuvieran en condiciones equiparables considerándose las salidas normalizadas como entrada al operador de clustering.

Los clústeres y el comportamiento de cada una de las variables que intervienen en el modelo se puede apreciar en la Figura 3.

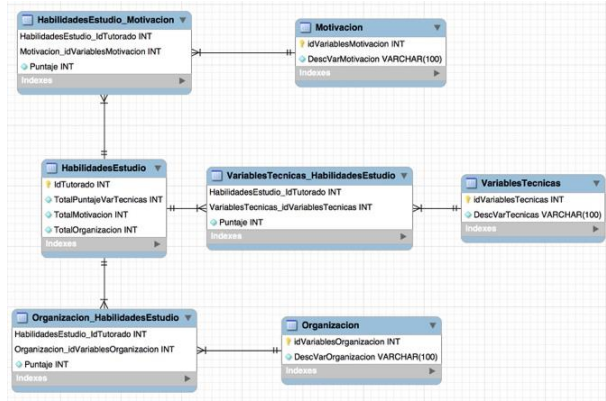


Fig. 2. Diseño de la base de datos para habilidades de estudio y sus dimensiones.

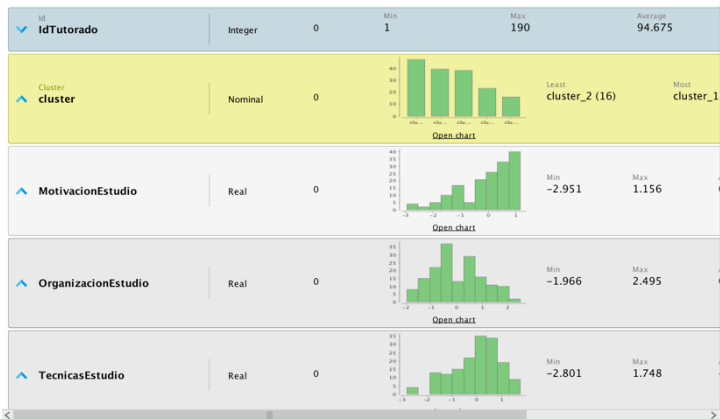


Fig. 3. Clúster generados y el número de objetos por clúster.

6.3 Evaluación

Para validar el modelo se empleó el operador Performance; este operador se utiliza para evaluar el rendimiento de los métodos de agrupamiento basados en centroides. Como salida, este operador entrega una lista de valores de criterios de rendimiento basados en los centroides del clúster. Los operadores de agrupamiento basados en centroide como K-Means producen un modelo de agrupamiento centroide y un conjunto agrupado. El modelo de clúster centroide tiene información sobre el agrupamiento realizado e indica qué registros son parte de qué grupo. También tiene información sobre los centroides de cada grupo como se muestra en la Figura 4.

Análisis de Datos Relacionados con las Habilidades de Estudio de Alumnos de Nivel Superior Mediante Técnicas de Agrupamiento

Attribute	cluster_0	cluster_1	cluster_2	cluster_3	cluster_4
MotivacionEstudio	-0.932	0.719	-1.739	0.452	0.526
OrganizacionEstudio	-0.358	1.140	-1.222	-0.048	-0.498
TecnicasEstudio	-0.309	0.800	-1.694	-0.990	0.639

Fig. 4. Centroides de los clúster generados.

6.4 Resultados

Derivado del análisis realizado se generaron 5 grupos (K=5) de alumnos con características que pueden tener similitud: cluster/grupo 0, 1, 2, 3, 4.

Como se puede apreciar en la Figura 5, el grupo 0 considera los registros que respecto a la motivación están entre -1 y -0.75, la organización de estudio está entre -0.5 y -0.25 y técnicas de estudio están muy cercanas a -0.25; el grupo 1 incluye los registros en los que motivación=0.75, organización está entre 1 y 1.25 y técnicas de estudio por arriba de 0.75 pero menor que 1; el grupo 2 para motivación de estudio se tiene -1.75, para organización de estudio se tiene -1.25 y técnicas de estudio están entre -1.75 y entre -1.50. Es importante observar que el grupo0, 1 y 2 tienen un comportamiento muy similar solo que en diferente nivel.

El grupo 3 y 4 parten de un nivel de motivación muy cercano pero se dispara de forma inversa el nivel para las técnicas de estudio. Esto significa que los alumnos que tienen un nivel de motivación del 0.5 se pueden agrupar en dos, aquellos que usan técnicas de estudio y los que no.

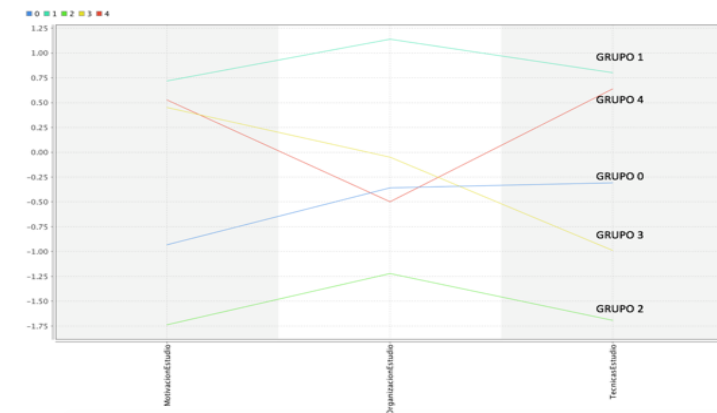


Fig. 5. Clúster generados para k=5.

7. Conclusiones

Se analizaron los datos correspondientes a las habilidades de estudio en las dimensiones: motivación, organización y técnicas de estudio. Cada una de estas dimensiones se formó por 20 variables que permitieron determinar grupos similares encontrándose para tres grupos una relación muy similar entre la motivación, la organización y las técnicas de estudio; en estos casos el valor de la motivación y las técnicas de estudio están en los mismos rangos, lo que podría significar que hay una relación proporcional directa entre ambas pero estas siempre son menores que el nivel de organización de estudio. Por otro lado están los otros dos grupos cuya diferenciante se encuentra en el valor de las técnicas de estudio lo que podría significar, en este nivel, que hay alumnos muy motivados pero que adolecen de técnicas para estudiar lo que nos brinda la oportunidad de generar estrategias de apoyo enfocadas a la población identificada.

Referencias

1. Castro, M.; Lizasoain, L.: Las técnicas de modelización estadística en la investigación educativa: minería de datos, modelos de ecuaciones estructurales y modelos jerárquicos lineales. *Revista española de pedagogía*, No. 251, pp. 131-148 (2012)
2. Riquelme, J.; Ruiz, R.; Gilbert, K.: Minería de Datos: Conceptos y Tendencias Inteligencia Artificial. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, Vol. 10, No. 29, pp. 11-18 (2006)
3. Secretaría de Educación Pública de México.: Manual del Tutor de Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos. *Subsecretaría de Educación Superior* (2013)
4. Torres, S.: Factores que inciden en la motivación de los estudiantes para continuar estudiando comunicación social-periodismo. *Revista Praxis*, Vol. 12, pp. 8-20 (2016)
5. Anaya, A.; Anaya, C.: ¿Motivar para aprobar o para aprender? Estrategias de motivación del aprendizaje para los estudiantes. *Tecnología, Ciencia, Educación*, Vol. 25, No. 1, pp. 5-14 (2010)
6. Hernández, A.: La motivación en los estudiantes universitarios. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, Vol. 5, No. 2, pp. 1-13 (2005)
7. Ospina, J.: La motivación, motor del aprendizaje. *Revista Ciencias de la Salud*, Vol. 4, No. Esp., pp. 158-160 (2006)
8. Valenzuela, J.; Muñoz, C.; Peña, I.; Gómez, V.; Precht, A.: Motivación escolar: Claves para la formación motivacional de futuros docentes. *Estudios Pedagógicos*, Vol. 61, No. 1, pp. 351-361 (2015)
9. Yucra, Y.: Planificación del tiempo de estudio: Caso de los estudiantes de la escuela profesional de ciencias de la comunicación - una puno. *Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, Vol. 2, No. 1, pp. 63-73 (2001)

10. Enríquez, M.; Fajardo, M.; Garzón, F.: Una revisión general a los hábitos y técnicas de estudio en el ámbito universitario. *Psicogente*, Vol. 18, No. 33, pp. 166-187 (2015)
11. Santamaría, W.: Técnicas de Minería de Datos Aplicadas en la detección de Fraude: Estado del Arte. *National University of Colombia*, (2006)
12. Molero, G.; Benítez, E.; Mezura, C.: Interacción humano computadora y minería de datos para la generación y representación de conocimiento útil. *Revista Ciencias de la Información*, Vol. 48, No. 1, pp. 3-10 (2017) Marulanda, C.; López, M.; Mejía, M.: El acompañamiento educativo como estrategia de cercanía impulsadora del aprendizaje del estudiante. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, Vol. 50, pp 224-237 (2017)
13. Marulanda, C.; López, M.; Mejía, M.: El acompañamiento educativo como estrategia de cercanía impulsadora del aprendizaje del estudiante. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, Vol. 50, pp 224-237 (2017)
14. Robles, Y.; Sotolongo, A.: Integración de los algoritmos de minería de datos 1r, prism e id3 a postgresql. *JISTEM Journal of Information Systems and Technology Management*, Vol. 10, No. 2, pp. 389-406 (2013)
15. Moscoso, O.; Luján, S.: Minería de Datos Educativos: una visión holística. CISTI, pp. 592-597 (2016)
16. Yamao, E.; Saavedra, L.; Campos, R.; Huancas, V.: Predicción del rendimiento académico mediante minería de datos en estudiantes del primer ciclo en una universidad peruana. *Revista CAMPUS*, Vol. 23, No. 26, pp. 151-160 (2018)
17. Fontalvo, T.; Delahoz, E.; Mendoza, A.: Aplicación de Minería de Datos para la Clasificación de Programas Universitarios de Ingeniería Industrial Acreditados en Alta Calidad en Colombia. *Información Tecnológica*, Vol. 29, No. 3 (2018)
18. Miranda, M.; Guzmán, J.: Análisis de la Deserción de Estudiantes Universitarios usando Técnicas de Minería de Datos. *Formación Universitaria*, Vol. 10, No. 3, pp. 61-68 (2017)
19. Urbina, A.; Calleja, J.: Breve revisión de aplicaciones educativas utilizando Minería de Datos y Aprendizaje Automático. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, Vol. 19, No. 4, pp. 85-96 (2017)
20. Mosquera, R.; Parra, L.; Castrillón, O.: Metodología para la Predicción del Grado de Riesgo Psicosocial en Docentes de Colegios Colombianos utilizando Técnicas de Minería de Datos. *Información Tecnológica*, Vol. 27, No. 6, pp. 259-272 (2016)
21. Bedoya, O.; López, M.; Marulanda, C.: Minería de datos en egresados de la Universidad de Caldas. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, Vol. 49, pp. 110-124 (2016)
22. Villanueva, M.; Ronzón, J.; Luna, J.: Factores de elección de licenciaturas en la División Académica de Informática y Sistemas (DAIS) aplicando minería de datos. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*. Vol. 11, No. 1, pp. 41-49 (2014)
23. Azoumana, K.: Análisis de la deserción estudiantil en la Universidad Simón Bolívar, facultad Ingeniería de Sistemas, con técnicas de minería de datos. *Pensamiento Americano*, Vol. 6, No. 10, pp. 41-51 (2013)

24. Castro, M.; Lizasoain, L.: Las técnicas de modelización estadística en la investigación educativa: minería de datos, modelos de ecuaciones estructurales y modelos jerárquicos lineales. *Revista española de pedagogía*, No. 251, pp. 131-148 (2012)
25. Estrada, R.; Zamarripa, R.; Zuñiga, P.; Martínez, I: Aportaciones desde la minería de datos al proceso de captación de matrícula en instituciones de educación superior particulares. *Revista Electrónica Educare*, Vol. 20, No. 3, pp.1-21
26. (2016) Olague, J.; Torres, S.; Morales, F.; Valdez, A.; Silva, A.: Sistemas de gestión de contenidos de Aprendizaje y técnicas de minería de datos para la enseñanza de ciencias computacionales. *RMIE*, Vol. 15, No. 45, pp. 391-421 (2010)
27. Reyes, A.; Flores, A.; Alejo, R.; Rendón, E.: Minería de datos aplicada para la identificación de factores de riesgo en alumnos. *Research in Computing Science*, Vol.139, pp. 137-189 (2017)

Ciencias Computacionales:
Avances Y Aplicaciones
se terminó de editar en Enero de 2019
en la Facultad de Ciencias de la Computación
Av. San Claudio y 14 Sur
Jardines de San Manuel
Ciudad Universitaria
C.P. 72570

Ciencias Computacionales:
Avances Y Aplicaciones
Coordinado por Gustavo Trinidad Rubín Linares

La disciplina de la Ciencia de la Computación es una de las que ha tenido el mayor y más acelerado crecimiento en prácticamente todos los ámbitos de la vida humana. Desde la industria, la medicina, las finanzas, hasta los últimos avances en inteligencia artificial, esta área del conocimiento ha hecho aportes que han, no sólo facilitado la tarea de las personas, sino que, incluso ha modificado los procesos de interacción personal, de consumo y de organización.

En esta obra, los autores presentan diversas aplicaciones e investigaciones relacionadas con los numerosos dominios en que la computación impacta. Desde perspectivas prácticas aplicables, hasta análisis puramente teóricos, este libro es un excelente punto de partida para aquellos que quieran penetrar en el estado del arte de este universo.

