

La Investigación en la Universidad Politécnica de Aguascalientes

Handbook

*Arturo Córdova Rangel
Carlos Alejandro de Luna Ortega
Sandra Patricia Flores Esquivel
José Luis Gallegos Ramírez*

**Seminario de Investigación
invierno y Divulgación de
Matemáticas Aplicadas (SIIDMA)**



El Handbook ofrece artículos de contribuciones seleccionados de investigadores participantes en el Seminario de Investigación Invierno y Divulgación de Matemáticas Aplicadas (SIIDMA).

Publicado por el grupo eumed.net, quien está reconocido oficialmente por la Junta de Andalucía (SEJ 309) y está localizado en la Facultad de Derecho de la Universidad de Málaga, España.

Copyright © 2016 por EUMED.NET, Enciclopedia Virtual.

Para acceso electrónico: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2016/1541/index.htm>

ISBN-13: 978-84-16399-97-0

Nº Registro: 2016043532

Prefacio

En el presente proyecto se plantea un panorama general sobre el uso de robots en la industria, *Morquecho, Ramírez & García* presentan algunas características generales del uso de los robots en la industria, las cuales han motivado que este tipo de dispositivos sean ampliamente utilizados en diversas aplicaciones, nos muestran una visión general de la demanda de estos equipos a nivel mundial, así como los principales sectores que los utilizan y algunos otros factores que deben de tomarse en cuenta en su implementación. También se describe el avance reportado en la literatura con respecto a su monitoreo y las medidas de seguridad que se emplean para asegurar su operación.

El accionamiento de un robot móvil por medio de una interfaz cerebro – computadora *Barrera, Aguilar & Montes* abordan la implementación de un sistema de control basado en una interfaz cerebro-computadora (brain-computer interface, BCI) mediante la utilización del dispositivo de lectura de ondas cerebrales Emotiv EPOC el cual consta de dieciséis sensores localizados en regiones clave de la corteza cerebral incluyendo puntos propios de cada uno de los lóbulos del cerebro, con el cual se realiza el electroencefalograma (EEG), el cual funciona para la adquisición de los potenciales eléctricos específicos del mismo para así asociarlos a un pensamiento específico, señales que posteriormente se envían y procesan en la plataforma de desarrollo LabVIEW, donde se realizó una identificación de las mismas para luego implementarlas en el accionamiento de un robot móvil. Una de las etapas más importantes en la aplicación de una BCI es la que corresponde a la extracción de características propias de las señales del EEG, las cuales se realizaron en el software LabVIEW de NI mediante la implementación de la herramienta matemática que proporciona la transformada Wavelet.

Rivera comenta de una metodología implementada en un robot autónomo para diseñar un sistema de navegación local, utilizando una sola cámara para detectar obstáculos. La técnica propuesta tiene una aplicación sencilla; obtiene rápidamente rutas alternativas para evitar los obstáculos y reconoce que los objetos que el robot puede pasar por encima.

En la propuesta didáctica para el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico *Hernández & Santos* proponen que durante la formación académica de los estudiantes del bachillerato bivalente en enfermería, es indispensable que además de brindar el acceso a los conocimientos, se les prepare para el uso del pensamiento crítico, con el fin de fortalecer el desarrollo de habilidades cognitivas que auxilien en el logro del aprendizaje profundo. Tan necesario en formaciones profesionales donde los conceptos teóricos deben ser interpretados en relación a situaciones de carácter crítico; que además requiere que se vaya más allá del conocimiento técnico, es preciso entonces que el personal de enfermería tenga la habilidad para resolver problemas prácticos, pero con un fundamentos teórico en el contexto hospitalario. Por lo que deben de manera inteligente y creativa vincular la teoría con la práctica en la resolución de los mismos. Esta es la razón por la cual se presenta una propuesta educativa, en la cual se propone el uso de una serie de herramientas didácticas aplicadas en las materias del área Biología, en estudiantes del bachillerato bivalente en enfermería.

Dentro del panorama general de control de vehículos autónomos *Jiménez, Aguilar & Ramírez* nos presentan un panorama general del control de los vehículos autónomos, como la primera parte de la investigación que se relaciona a la tesis de maestría: Modelado y control remoto de un vehículo autónomo guiado mediante un dispositivo móvil.

Se menciona la propuesta de metodología híbrida para el uso de desarrolladores de sitios de comercio en caso de venta de autos usados donde *Jiménez, Padilla, Mendoza & Noriega* nos plantean un proceso de desarrollo de software es una tarea que requiere esfuerzo, dedicación, organización y disciplina. Hoy en día, los desarrolladores cuentan con numerosas opciones de metodologías, cuya elección depende de variables como recursos disponibles, tipo, magnitud de proyecto y principalmente el si se ajusta a los objetivos generales de desarrollo. Una de las

áreas con mayor crecimiento en los últimos años ha sido la del desarrollo de Sitios de comercio electrónico, ya que los beneficios reales tanto para empresas como para los clientes se producen cuando las primeras son capaces de integrar por completo sus procesos de negocios a Internet como un nuevo canal a través del cual se pueda obtener y compartir información sobre el cliente.

En el presente documento se propone una metodología híbrida para el desarrollo de Sitios de comercio electrónico que surge como resultado del análisis y fusión de las metodologías actuales y que se implementa para el desarrollo de un Sitio de venta de autos usados.

Una propuesta de apoyo pedagógico dentro de las tutorías entre pares de la enseñanza de las matemáticas. *Gutiérrez, Armas, Abrego, Flores, Hidalgo & Margan* cuyo objetivo es dar a conocer una propuesta de tutoría entre pares en la enseñanza de las matemáticas. Para tal fin, se realizó una búsqueda bibliográfica informatizada. Entre los textos identificados se seleccionaron estudios empíricos y teóricos a lo largo de diez años sobre la temática de tutoría y enseñanza en las matemáticas. Se encontró que las tutorías se realizan al final de un ciclo y durante el periodo de clases en horas extra clase. Se concluye que es necesaria cambiar la mirada hacia la tutoría por una forma comprensiva y holística, además considerar que las investigaciones de las tutorías entre pares será un preámbulo para futuras líneas de investigación en el campo de la educación.

Para la optimización de trayectoria aplicando en un cuadricoptero modelado *Uribe & de León* analizan la literatura existente sobre modelos matemáticos de cuadricópteros, así como los controladores que son aplicados con mayor frecuencia en cuadricópteros para el recorrido de trayectorias y evasión de obstáculos, teniendo como objetivo principal seleccionar aquel que sea más óptimo e implementarlo en un ambiente de simulación, evaluar así su efectividad y en caso de deficiencias, convertirlas en ventajas. Además se muestra el entorno de realidad virtual en el cual se pretende realizar la simulación por medio de Matlab/Simulink 3D Animation.

La detección de Biopotenciales activos en una lectura de actividad electroencefalografía, *Figueroa & Medina* es un método que resuelve la necesidad de aislar señales presentadas a lo largo de un Electroencefalograma (EEG) con el fin de estudiar cada onda cerebral con sus características. Para ello se aplican funciones matemáticas bastantes complejas que requieren de un proceso computarizado muy sintetizado. La aplicación de un banco de filtros es una técnica que resuelve esta tarea de una manera simple, permitiendo garantizar la detección correcta de las variaciones de onda a lo largo del registro. Con este avance se puede aportar el procesamiento de señales a la investigación médica ya que el resultado concreto de esta implementación radica en la separación de los Bio potenciales reales en los diferentes casos de estudio. En este caso, los registros EEG son adquiridos por una diadema EPOC, el banco de filtros tiene un comportamiento semejante al de la Transformada Wavelet (WT) bio ortogonal del tipo *Spline*, cuyo fin es detectar momentos de inicio y fin de actividades de onda. Con esta etapa de prueba se obtuvieron ondas del tipo alfa que presentaron mayor densidad de frecuencias, mismas que proyectaron reflejos condicionados detectados en el lóbulo occipital. De esta manera con los resultados que se obtiene pueden ayudar a probar la funcionalidad del algoritmo para la aplicación del banco de filtros en futuras etapas de investigación.

La clasificación de proveedores y clientes en la cadena de suministros mediante un análisis jerárquico, *Prado* debido a los cambios constantes que se dan en el mercado, la planeación estratégica de una empresa toma en cuenta el total de ella, por lo tanto ésta debe ser realizada por la cabeza de la empresa y proyectada a largo plazo, pero en periodos específicos, 3 años, 5 años, etc.; Entre las actividades a tomar en cuenta dentro de la planeación estratégica de la empresa se encuentra la clasificación de los proveedores y clientes.

Prado, La clasificación de los proveedores y clientes tiene una gran importancia en el sector productivo debido a que ayudará al tomador de decisiones a saber cuáles proveedores y clientes son los más recomendables para sus proyectos. El presente trabajo pone en práctica la aplicación de una las técnicas de decisión multi criterio discreta (Proceso de Análisis Jerárquico o AHP) en el proceso de toma de decisiones con el objetivo de clasificar a los proveedores y clientes. Se consideró esta técnica debido a que es la que nos permite clasificar y además comparar muchos criterios de decisión con relaciones fuertes entre ellos.

Esta clasificación se puede aplicar a cualquier tipo de empresa que tenga una cartera de proveedores y clientes, lo único que hay que tomar en cuenta son los criterios que apliquen para cada proyecto.

La extracción de características biométricas aplicando variables mecánicas en Finger Knucle Print, *González & de Luna* desde la antigüedad una de las mayores necesidades del ser humano es el identificar a las personas, seguridad nacional, sistemas informáticos, computadoras portátiles, telefonía móvil, control de acceso físico, seguridad informática, cajeros automáticos, entre otros son algunos ejemplos en donde establecer la identidad de las personas es de vital importancia, esta notable tarea se ha convertido en los últimos años en una importante interfaz activa hombre – máquina. En la actualidad existen diversas medidas de seguridad basadas en reconocimiento que son confiables, como pueden ser contraseñas, o símbolos utilizados en tarjetas y pasaportes para control de acceso, aunque estos métodos no son del todo seguros.

La importancia de la ciencia matemática y su alcance en las actividades de los profesionistas en las áreas económico- administrativas, *Ascencio, Domínguez, de León & Rico* La investigación cualitativa muestra los resultados sobre las vivencias de los profesionistas del área económico-administrativo, en relación a la importancia de la ciencia matemática durante su formación universitaria y su actual percepción en el campo laboral. El objetivo , a) Conocer la apreciación personal de los entrevistados que tenían en relación a su aprendizaje de las matemáticas durante su formación académica., y b) la aplicación de las matemáticas para realizar las actividades laborales que corresponden a su actividad profesional. Se realizaron 6 entrevistas a profundidad, diseñando una guía de entrevista con una pregunta de introducción relacionada a la percepción que tenía de la importancia de las matemáticas, y de la experiencia profesional en la aplicación en sus actividades laborales. La selección de los entrevistados se dio a partir de que los informantes tuvieran el grado de licenciados en alguna de las áreas económico-administrativo, el género, la edad, no se consideran para la selección, las entrevistas se realizaron en el lugar de trabajo de manera personal.

Las matemáticas en criptografía como un seguro en las tecnologías de la información, *Mares & Hernández* La criptografía se ha utilizado durante años para enviar mensajes confidenciales cuya finalidad es que sólo las personas autorizadas puedan entender el mensaje. Alguien que quiere enviar información confidencial aplica técnicas de criptografía para "ocultar" el mensaje (llamado cifrar), el mensaje se envía por una línea de comunicación que se supone es insegura y entonces sólo el destinatario puede leer el mensaje "oculto" (lo llamamos, descifrar).

Mares & Hernández, la criptografía actual inicia en la segunda mitad de los años 70; no fue hasta la invención del sistema conocido como Cifrado de Datos Estándar (DES, por sus siglas en inglés de Data Encryption Standard) en 1976, que se da a conocer más ampliamente, sobre todo en el mundo industrial y comercial, transmisiones militares, transacciones financieras, comunicaciones por satélite, redes de computadoras, telefonía. Más tarde con el sistema de Rivest, Shamir, Adleman (RSA) en 1978, el principio de la criptografía en una amplia gama de aplicaciones se abre en transmisiones de televisión y así sucesivamente.

La criptografía se divide en dos ramas principales, la criptografía de clave privada o simétrica y la clave pública o asimétrica, DES pertenece al primer grupo y RSA al segundo.

El presente trabajo muestra las diferentes herramientas utilizada en la criptografía basadas en fundamentos matemáticos, que se utilizan actualmente para la seguridad de la información en la industria de las Tecnologías de la Información (TI).

Dentro de las aplicación de reciclaje de unice, *Rodríguez* la espuma de poliestireno es considerado uno de los más fuertes agresores de nuestro medio ambiente, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología, el 60% de los residuos municipales son envases y embalajes, donde 1 de cada 4 están hechos de espuma de poliestireno , este material contaminante lleva de 500-800 años en degradarse, según el instituto de la ecología y la gestión ambiental de los EE.UU., la espuma de poliestireno no es biodegradable y térmicamente no puede ser reciclada, lo que representa el 86% de la contaminación de la tierra (Energies, 2013).

Rodríguez, estos hechos importantes no sólo de estadísticas, representan la principal razón de esta investigación y el punto de partida del desarrollo de la primera fórmula patentada en México para reciclar la espuma de poliestireno, para finalmente ayudar a resolver este problema ambiental el cual nos afecta a todos.

Tabla de contenido

EL USO DE ROBOTS EN LA INDUSTRIA: UN PANORMA GENERAL	
Cristian de Jesús Hernández- Morquecho, José Luis Gallegos-Ramírez, Araceli Gárate-García	7-13
ACCIONAMIENTO DE UN ROBOT MÓVIL POR MEDIO DE UNA INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADORA	
Barrera Martínez Alberto Aguilar Justo Marving Omar Montes Rivera Martin	14-22
SISTEMA DE NAVEGACIÓN LOCAL PARA VEHÍCULO AUTÓNOMO	
Martín Montes Rivera	23-34
PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CRÍTICO.	
Hernández Gutiérrez Nancy S,Santos-Escobar Fernando.....	35-45
PANORAMA GENERAL DEL CONTROL DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS	
Jiménez-Ochoa A. J., Aguilar Justo Marving Omar, Ramírez del Real Tania Aglaé.....	45-57
PROPUESTA DE METODOLOGÍA HÍBRIDA PARA EL DESARROLLO DE SITIOS DE COMERCIO ELECTRÓNICO: CASO “VENTA DE AUTOS USADOS”	
Jiménez Sandra, Padilla Teresa, Mendoza Ricardo, Noriega Danie.....	58-70
LAS TUTORÍAS ENTRE PARES EN LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS: UNA PROPUESTA DE APOYO PEDAGÓGICO	
Gutiérrez, R, Armas, K, Abrego, A., Flores, S, Hidalgo, E, Margain. M.....	71-76
OPTIMIZACIÓN DE TRAYECTORIAS APLICADO EN UN CUADRICÓPTERO MODELADO	
Ing. Víctor Arturo Meza Uribe, M.C: Luis Guillermo Guerrero Díaz de León.....	77-88
DETECCIÓN DE BIOPOTENCIALES ACTIVOS EN UN ELECTROENCEFALOGRAMA	
Anahí de Loera Figueroa, Marco Antonio Álvarez Medina.....	89-97
CLASIFICACIÓN DE PROVEEDORES Y CLIENTES EN LA CADENA DE SUMINISTROS MEDIANTE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Dra. Rosa María Ramírez Prado.....	98-104
EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS APLICANDO VARIABLES MECÁNICAS EN FINGER KNUCKLE PRINT (FKP) Moisés Israel Márquez González, Carlos Alejandro de Luna.....	104-112
LA IMPORTANCIA DE LA CIENCIA MATEMÁTICA Y SU ALCANCE EN LAS ACTIVIDADES DE LOS PROFESIONISTAS DE LAS ÁREAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS Dr. Alejandro Melchor-Ascencio, M.C.I. Luis Cortés-Domínguez, M.A. José Enrique Osorio-de León, M. C. A. Alberto Illingworth-Rico.....	113-122
MATEMÁTICAS EN CRIPTOGRAFÍA: USOS EN SEGURIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN	
Gilberto Sánchez Mares, Carlos Jacob González Hernández.....	123-129
APLICACIONES DEL RECICLAJE DE UNICEL	
Daniela Díaz Rodríguez.....	130-146

1 EL USO DE ROBOTS EN LA INDUSTRIA: UN PANORMA GENERAL

Cristian de Jesús Hernández- Morquecho¹
Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: cristian.hernandez@upa.edu.mx

José Luis Gallegos-Ramírez²
Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: jose.gallegos@upa.edu.mx

Araceli Gárate-García³
Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: araceli.garate@upa.edu.mx

Resumen

En este artículo se presentan algunas características generales del uso de los robots en la industria, las cuales han motivado que este tipo de dispositivos sean ampliamente utilizados en diversas aplicaciones. Se muestra una visión general de la demanda de estos equipos a nivel mundial, así como los principales sectores que los utilizan y algunos otros factores que deben de tomarse en cuenta en su implementación. También se describe el avance reportado en la literatura con respecto a su monitoreo y las medidas de seguridad que se emplean para asegurar su operación. La lista de referencias presentadas son una pequeña porción de las numerosas publicaciones en este campo.

Palabras Clave: Los robots industriales - Producción industrial - Manipuladores - Aplicación Industrial - Automatización Programable Controlador - Algoritmo Genético.

Abstract

A brief overview of some general characteristics that motivate the use of robots in the industry are shown in this paper, as well as a general vision of the demand of this equipment in the world, the main sectors that use them and other key factors to consider in their implementation. Lastly, some pieces of work on the literature talk about the robot's monitoring and the security measures to guarantee safety operations in the installation area in the industry. The reference list presents a small portion of the large number of publications in this field.

Keywords: Industrial robots - Industrial production - Manipulators - Industrial application - Programmable Automation Controller - Genetic Algorithm.

¹ Maestría en Ciencias en Ingeniería

² Director del Programa Académico de Ingeniería Industrial

³ Dirección del Programa Académico de la Maestría en Ciencias en Ingeniería

1 MOTIVACIÓN PARA EL USO DE LOS ROBOTS.

Los robots industriales son manipuladores programables, los cuales pueden mover partes o herramientas en una secuencia de movimientos pre-especificada. Sus acciones pueden ser modificadas cambiando las especificaciones de control, sin realizar cambios de hardware y pueden repetir la misma tarea por periodos prolongados de tiempo con gran precisión (Ayres y Miller, 1981).

Desde los años 80's existen investigaciones en las que se han comparado las habilidades entre el ser humano y los robots en la industria (véanse Nof et al, 1980, Ebel 1986, y referencias incluidas, por mencionar algunos), y a través de los años los autores coinciden en que el uso de estos equipos en aplicaciones industriales presenta menor cantidad de errores comparados con el trabajo humano y esto ha generado resultados favorables en el sector industrial, esta es una de las razones por las cuales la demanda de robots se ha incrementado de manera considerable. Se estima que para el 2017 su crecimiento será de manera exponencial (World Robotics, 2014). Actualmente ésta tecnología cuenta con gran diversidad de elementos externos, los cuales pueden ser añadidos para realizar el control de diversas tareas y de esta manera simplificar procesos y generar alternativas de solución.

Otro aspecto a considerar es que las compañías de manufactura de hoy en día, deben realizar muchos cambios significativos para poder competir a escala global, las exigencias de alta calidad y de tiempos de envío cada vez más cortos y el constante incremento en la producción requieren del uso de arquitecturas de manufactura distribuida con sistemas de control y monitoreo que tengan inteligencia, robustez, adaptación a los cambios del ambiente y a perturbaciones, lo cual implica el uso de robots industriales (Żabiński, 2010).

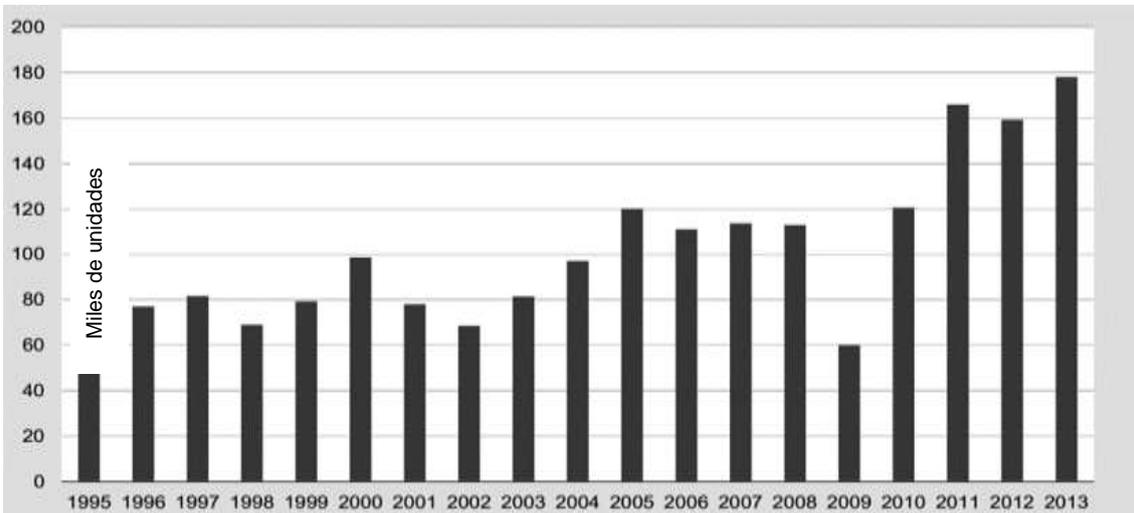
La estructura del artículo es la siguiente, primero abordaremos las principales áreas de aplicación de los robots industriales, enseguida se dará una revisión del estado del arte del monitoreo y control de estos dispositivos para finalizar con las conclusiones y algunas perspectivas en el área.

2 PRINCIPALES ÁREAS DE APLICACIÓN DE ROBOTS INDUSTRIALES

La venta y uso de robots va dirigida a diversas áreas dentro de la industria y a diferentes aplicaciones, estos aspectos influyen de manera directa en el aumento o decremento en ventas de estos equipos: otro factor que interviene es el nivel de desarrollo tecnológico, esto debido a que el desarrollo industrial se ha generado de manera desigual a nivel mundial. Algunos países han ido desarrollando su capacidad de producción en el sector manufacturero, algunos otros han incrementado su población de fabricación, como Japón y Alemania, quienes tienen la mayor densidad de robots, es decir, el mayor número de robots industriales por cada 10.000 trabajadores (Guizzo, IEEE Spectrum, 2011).

El número de robots vendidos en el año 2013 tuvo una alza del 12% respecto al año 2012 llegando a una cifra de 178,132 unidades, lo que le permite colocarse como la mejor venta de estos equipos en un solo año, antecedida por la de 2011 la cual se acerca casi a las 170,000 unidades. En la figura 1 se puede observar la gráfica de ventas, donde las anteriores al año 2010 no exceden las 120,000 unidades, así también se puede observar que entre el año 2010 y 2011 existe un incremento de más del 30% en el número de unidades vendidas (World Robotics, 2014).

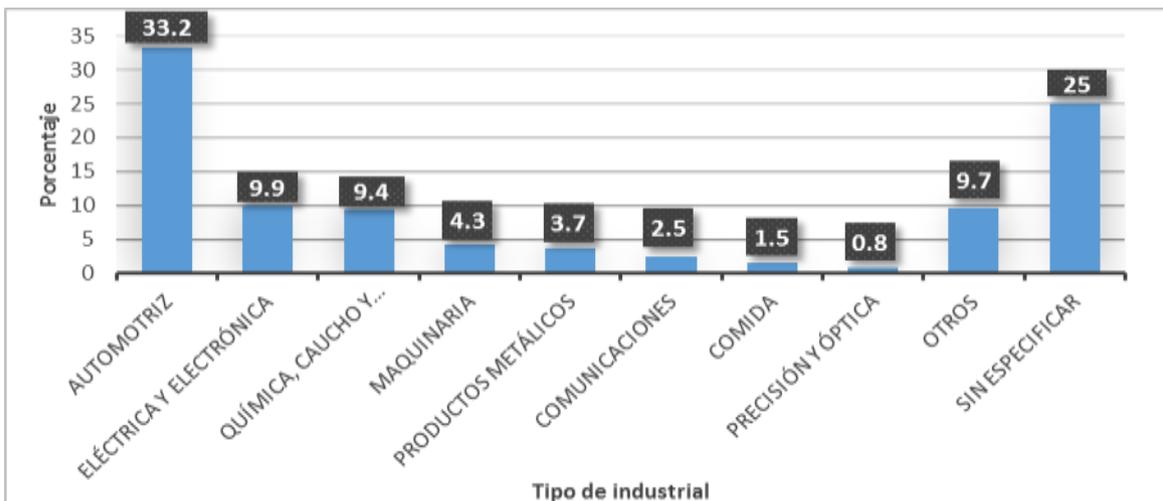
Figura 1: Venta anual estimada de robots industriales.
 Estimación de la oferta anual de robots industriales a nivel mundial en el período 1994-2013 de acuerdo a la IFR (International Federation of Robotics).



Fuente: World Robotics (2014).

Los robots industriales pueden ser aplicados en gran diversidad de áreas, como pueden ser: eléctrica/electrónica, automotriz, metalurgia, medicina, plásticos, cauchos y alimentos, entre otras más. Es conocido que dentro de cada una de estas existe una ramificación de procesos donde los robots pueden realizar una tarea específica, por ejemplo: entrega de materiales, trabajos de soldadura, montaje, desmontaje, remoción de rebabas, y pintura por mencionar solo algunas de las más importantes (véanse Pires et al, 2002, Brogårdh, 2007, y referencias incluidas). En cuanto a aplicaciones se refiere, uno de los procesos de mayor demanda es el manejo de material con un 35.4%, seguido por la aplicación de soldadura con un 28.9% como en observa en la figura 2.

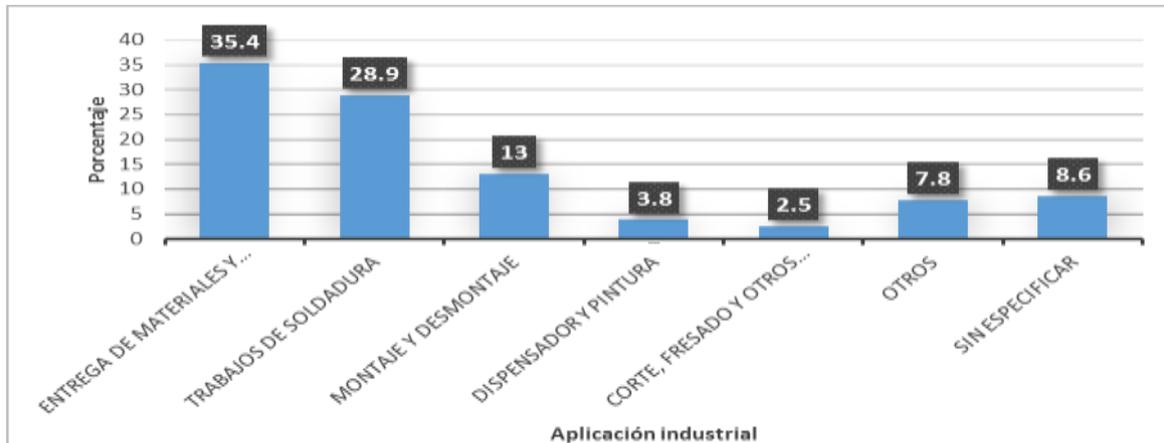
Figura 2. Robots industriales por industria



Fuente: Guizzo, E. (2008).

En la figura 3 se pueden observar los procesos o aplicaciones dadas a los robots industriales, véase Guizzo, 2008

Figura 3. Robots industriales por aplicación



Fuente: Guizzo (2008)

No todas las áreas del sector industrial requieren de la misma demanda de robots, mientras en algunas disminuye, en otras continúan incrementando de manera considerable. La aplicación de robots ha ido creciendo en la industria automotriz, la cual se considera como el mejor cliente en la industria de la robótica, teniendo instalados casi 69,400 unidades. La venta incrementó en un 10% en 2013 en casi todos los sectores excepto la eléctrica/electrónica y la industria del automóvil (World Robotics, 2014).

Se estima que la venta de robots continúe incrementando entre 2015 y 2017 en un promedio de 12% por año, sin embargo es importante mencionar que la demanda variará dependiendo la región y los sectores de aplicación ya que algunos continuarán incrementando el uso de robots para nuevos procesos y otros podrán disminuir ligeramente. Es importante destacar que la compra-venta puede variar por zonas e incluso por país, ya que hay países que se están desarrollando rápidamente con la instalación de nuevas empresas de diversas índoles (World Robotics, 2014).

Sin importar la aplicación de que se trate, una pieza clave para que el uso de un robot sea exitoso es el desarrollo del controlador a utilizar y también el equipo de monitoreo instalado.

3 MONITOREO Y CONTROL

Para el control y monitoreo de aplicaciones robóticas se puede hacer uso de elementos externos, los cuales permitan aprovechar aún más los recursos con los que se cuenta y de ser posible optimizar una o más variables que intervengan dentro de un proceso, esto al hacer uso de dispositivos de control como son los controladores automáticos programables (PAC's), controladores lógicos programables (PLC's) y las computadoras personales (PC's).

En cuanto al uso de las PC's como controladores externos se reporta en la literatura que su arquitectura no es ideal para todas las aplicaciones industriales, debido a diversos factores como: tamaño, fiabilidad, calidad, además de requerir compatibilidad de hardware, software, dispositivos periféricos y herramientas de desarrollo. Es por ello que según Lehrbaum, 1993,

los diseños normales de PC de escritorio no son lo suficientemente confiables para la ejecución de aplicaciones avanzadas.

Otra opción es el uso de computadoras industriales con hardware robusto, sin embargo, se reporta en Bell, 2005, que pueden presentar problemas de confiabilidad, además de que los dispositivos de automatización con lo que cuentan pueden tener diferentes entornos de desarrollo como es el entorno de automatización industrial, control, TIC's, entre otras. Se han trabajado sistemas con PLC's en conjunto con PC's los cuales han sido difícil de construir, solucionar problemas y mantener trabajando adecuadamente, debido a la tarea de incorporar hardware y software de múltiples proveedores lo cual implica un desafío debido a la compatibilidad del equipo y a que estos no están diseñado para trabajar en conjunto.

Al no tener una clara solución con la implementación de una PC y PLC's se ha trabajado en el desarrollo de nuevos productos que tuvieran la capacidad de software de la PC y la confiabilidad de los PLC's, los cuales fueron llamados controladores automáticos programables por analistas industriales de la Asociación de Robótica de Coslada. Aunque los PAC's representan lo último en sistemas de automatización, el futuro de estos depende de la incorporación de tecnología integrada como son las FPGA, los cuales cuentan con dispositivos como bloques lógicos configurables que pueden realizar una variedad de funciones, interconexiones programables, bloques de E/S que pasan datos dentro y fuera del chip, actualmente se asevera que son el futuro del control para aplicaciones avanzadas (Bell, 2005).

Uno de los PAC's más utilizados es el de NI Compact Rio. En Wilczynski et al, 2009 se desarrolló un sistema de comunicación, donde el Compact RIO fue utilizado como controlador y cerca de 2,000 equipos implementaron dicho sistema, lo cual nos habla de la enorme capacidad para generar nuevas propuestas de solución a diferentes tipos de problemas.

Si además se combina el uso de PAC's como dispositivo de control con alguna técnica de control inteligente, como son los Algoritmos Genéticos (AG's) entonces incluso puede reducirse el consumo de recursos como son: energía, tiempo de ejecución, optimización de trayectorias mediante la variable distancia, entre algunas otras (Lugo-González, Ramírez-Gordillo, & Velázquez, 2009). Los resultados obtenidos mediante la combinación de AG's y PAC's o incluso AG's y PC's han sido eficientes y confiables, esto se logra debido a que los genéticos trabajan basados en un mecanismo de selección o genética, el cual imita algunas de las características de la evolución natural, por lo que han demostrado tener gran efectividad para generar soluciones como algoritmos de búsqueda y se han utilizado como métodos de optimización (Genetic Algorithms for Optimal Dynamic Control of Robot Arms, 1993). Según Araka & Fukuda (1996), además éstos presentan ventajas sobre otras técnicas como son: la optimización global, buena robustez, mecánica simple, amplio grupo de búsqueda, multi-objetivo, lo que hace que la técnica de optimización basado en AG's genere buenos resultados, los cuales siguen mejorando cada iteración. En Huafang (2007) y Larzabal et al (2013) pueden verse diversas aplicaciones que combinan genéticos y PAC's, las cuales incluyen otras áreas además de los robots industriales.

4 SEGURIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ROBOTS INDUSTRIALES

Un aspecto fundamental en el uso de robots industriales es la seguridad tanto del robot como de los operadores o personas que realizan alguna labor en la industria cerca. En 1993 un grupo de investigadores de Estados Unidos realizó un trabajo de sondeo en 55 compañías, de las cuales, 19 utilizaban cerca de 580 robots industriales, obteniendo que sólo el 20% de los robots se encontraban físicamente encerrados en barreras perimetrales, mientras que 60% tenía una barrera limitada o no tenía barreras. Además sólo 5% de los robots tenían censado redundante y el personal de las compañías entraba en el área de robots 38% de las 8 horas al día (véanse Aghazadeh et al 1993, Hirschfeld et al 1993).

Existen autores que indican que es importante la introducción de espacios de trabajo colaborativos, donde humanos y robots pueden trabajar simultáneamente, en dichos espacios no existen vallas físicas que separen a los robots de las personas en las celdas de trabajo, esta forma de realizar los procesos ha modificado la manera de pensar en la integración de robots

en la industria (véase Pedrocchi et al 2013 y referencias incluidas). Incluso, en Goodrich y Schultz 2007 indica que ha surgido una nueva área de investigación en la última década, llamada Interacción Humano-Robot, todo con la finalidad de monitorear de forma segura la posición de usuarios dentro de espacios colaborativos para asegurar estrategias que eviten colisiones.

5 CONCLUSIONES

Existe diversidad de aplicaciones para los robots industriales, así como áreas de implementación las cuales han permitido que la venta de este tipo de equipos incremente de manera considerable con el transcurso del tiempo. Sin embargo, la compatibilidad de estos equipos para trabajar con controladores externos como son los PAC's, PLC's y PC's e incluso la aplicación de técnicas de control y optimización como son los AG's, permiten que se haga uso óptimo de recursos o variables dentro del sistema implementado lo que genera enormes beneficios para las empresas, sin embargo, también es una responsabilidad pues es de las maquinarias más peligrosas en la industria. Es por ello que el contar con un sistema de monitoreo y control adecuado es de suma importancia, contar con sensores que paren el movimiento, estrategias que permitan parar las colisiones con los operadores, controladores que respondan en tiempo real si el proceso así lo requiere, todo debido a que los robots con suficiente potencia y velocidad pueden llegar a causar gran daño.

Todo esto ha generado áreas de investigación emergentes, como la Interacción Humano-Robot, el estudio de estrategias de control en tiempo real, la comparación de dispositivos adecuados entre los controladores automáticos programables y otros nichos de oportunidad para los investigadores del área.

REFERENCIAS

Aghazadeh F., Hirschfeld R. y Chapleski R. (1993), Industrial Robot Use: Survey Results and Hazard Analysis. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Vol. 37(14), pp. 994-998.

Arakawa, T. and Fukuda, T. (1996). Natural Motion Trajectory Generation of Biped locomotion robot using genetic algorithm through energy optimization. Proceeding of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 2, pp. 1495-1500.

Ayres R. and Miller S. (1981), the impacts of industrial robots, reporte técnico, Universidad Carnegie Mellon, 60 Págs.

Bell, I. (2005). The future of control. Manufacturing Engineer, Vol. 84(4), pp. 36-39

Brogård H. T. (2007), Present and future robot control development - an industrial perspective, annual reviews in control 31, pp. 69-79.

Ebel K.H. (1986), the impact of industrial robots on the world of work, International Labour Review, Vol. 125(1), pp. 39.

Goodrich M.A. y Schultz A.C. (2007). Human-robot interaction: a survey. Foundations and Trends in Human-Computer Interaction Vol. 1(3), pp. 203-275.

Guizzo, E. (01 de 12 de 2008). IEEE Spectrum. Disponible en <http://spectrum.ieee.org/robotics/industrial-robots/the-rise-of-the-machines>

Guizzo, E. (12 de 07 de 2011). IEEE Spectrum. Disponible en <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/john-dulchinos-adept-do-robots-take-peoples-jobs>

Hirschfeld R.A., Aghazadeh F., and Chapleski,R.C. (1993) Survey of Robot Safety in Industry The International Journal of Human Factors in Manufacturing. Vol. 3(4), Págs. 369-379, John Wiley & Sons, Inc.

Huafang, G. L. (2007). The Application of Intelligent Control in Programmable Automation Controller System. Microcomputer Information.

Jinghul, Z. and Xiaomin, H., Min, G. and Jun , Z. (2005). Comparison of Performance between Different Selection Strategies on Simple. Proceeding of the International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce, Vol. 2, pp. 1115-1121.

Kala, R. and Shukla, A., and Tiwari, R. (2009). Mobile Robot Navigation Control in Moving Obstacle Environment using. Proceeding of the World Congress on Computer Science and Information Engineering, Vol. 4, pp. 705-713.

Larzabal, E., (2013). Soft Computing Testing in Real Industrial Platforms for Process Intelligent Control. SOCO Models in Industrial & Environmental Appl. AISC, Vol. 188, pp. 221-230. Obtenido de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-32922-7_23

Lehrbaum, R. (1993). Using the PC Architecture. Conference Record, Wescon, pp. 610-620.

Lugo-González, E., Ramírez-Gordillo, J., y Veláz, A. T. (2009). Mecanismos articulados analizados con algoritmos. Proceeding of the Somim, pp. 876-884.

Nof S.Y. and Knight J.L., Salvendy G. (1980), Effective utilization of industrial robots - a job and skills analysis approach, AIIE Transactions, Vol. 12(3), pp. 216-225.

Pedrocchi N., Vicentini F., Matteo M. and Molinari Tosatti L. (2013). Safe Human-Robot Cooperation in an Industrial Environment, International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol. 10, pp. 1-13.

Pires, J. N., Ramming, J., Rauch, S., and Araujo, R. (2002). Force/torque sensing applied to industrial robotic deburring. Sensor Review Journal, Vol. 22(3), pp. 232–241.

Wilczynski, V., S. Mittelman, J. and Lim, N. (2009). 2,000 Robotic Applications Using the National Instruments. IEEE Xplore Digital Library, pp.186 - 194.

World Robotics. (09 de 07 de 2014). Disponible en http://www.worldrobotics.org/uploads/media/Executive_Summary_WR_2014_02.pdf

Zabiński, t. (July de 2010). Implementation of programmable automation promising perspective for intelligent manufacturing systems. Management and Production Engineering Review, pp. 56–63.

2 ACCIONAMIENTO DE UN ROBOT MÓVIL POR MEDIO DE UNA INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADORA

Barrera Martínez Alberto¹

¹ Maestría en Ciencias en Ingeniería

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: commc130002@alumnos.upa.edu.mx

Aguilar Justo Marving Omar ¹

¹ Director del Programa Académico de Mecatrónica

¹ Profesor Investigador de Mecatrónica

Resumen

Este trabajo de investigación aborda la implementación de un sistema de control basado en una interfaz cerebro-computadora (brain-computer interface, BCI) mediante la utilización del dispositivo de lectura de ondas cerebrales Emotiv EPOC el cual consta de dieciséis sensores localizados en regiones clave de la corteza cerebral incluyendo puntos propios de cada uno de los lóbulos del cerebro, con el cual se realiza el electroencefalograma (EEG), el cual funciona para la adquisición de los potenciales eléctricos específicos del mismo para así asociarlos a un pensamiento específico, señales que posteriormente se envían y procesan en la plataforma de desarrollo LabVIEW, donde se realizó una identificación de las mismas para luego implementarlas en el accionamiento de un robot móvil. Una de las etapas más importantes en la aplicación de una BCI es la que corresponde a la extracción de características propias de las señales del EEG, las cuales se realizaron en el software LabVIEW de NI mediante la implementación de la herramienta matemática que proporciona la transformada Wavelet.

Palabras Clave: Interfaz cerebro computadora (brain-computer interface, BCI) - potencial eléctrico relacionado a pensamientos - características de las señales de un electroencefalograma - transformada Wavelet.

Abstract

This research addresses the implementation of a control system based on a brain-computer interface (brain-computer interface, BCI) using the device for reading brainwaves Emotiv EPOC which consists of sixteen sensors located in key regions including the cerebral cortex specific to each of the lobes of the brain points, with which the electroencephalogram (EEG), which functions to acquire specific electrical potential thereof to thereby associate a specific thinking is performed, subsequently signals They are sent and processed in the LabVIEW development platform, where an identification of the same was done to then implement them in the operation of a mobile robot. One of the most important steps in implementing a BCI is that which corresponds to the extraction of own EEG signals characteristics, which were made in the NI LabVIEW software by implementing the mathematical tool that provides the transformed Wavelet

Keywords: Brain computer interface (BCI) - related to thoughts electric potential signal - characteristics of an EEG - wavelet transform.

1 INTRODUCCIÓN

Gracias a los avances que se poseen en el desarrollo de elementos sensores, hoy en día se pueden adquirir señales de diversos tipos llegando a adquirir valores de intensidad muy pequeños o simplemente haciendo su adquisición menos compleja. Un caso particular de esto son las señales eléctricas propias del cerebro humano, las cuales se encuentran en el orden de los microvolts, lo cual trae dificultades para su lectura de forma clara en ciertos casos.

Como consecuencia, es esta una de las principales razones por las cuales el estudio del cerebro humano, desde un enfoque de la actividad eléctrica del mismo, se enfoca a zonas de actividad y queda destinado principalmente a tomar decisiones con base en las reacciones que tiene ante diferentes estímulos o situaciones y así determinar si está dentro de parámetros normales o si existe algo que no se encuentre respondiendo de forma adecuada; y añadido a esto el buscar señales particulares para extraerlas y realizar una acción de control al mismo tiempo con ellas implica un reto distinto.

Por tales razones, conforme la tecnología avanza, el desarrollo de interfaces cerebro-computadora ha llamado la atención en la comunidad científica para permitir el accionamiento autónomo de vehículos ya sea para personas que en sus condiciones físicas no les permite, o para personas que requieren realizar actividades distintas al manejo mientras se transportan.

A grandes rasgos, una interfaz cerebro computadora (brain-computer interface, BCI) es un dispositivo que ayuda a personas, que comúnmente tienen deficiencias motoras severas, al permitir la realización de una comunicación externa a partir de la actividad eléctrica del cerebro sin la asistencia de los nervios periféricos o de la actividad muscular (García-Cossio, E., & Gentiletti, G. G., 2014), convirtiéndose así en una nueva modalidad de interacción hombre-máquina que permite a los usuarios utilizar sus pensamientos para controlar diversos dispositivos externos (Kubler, A. and Müller, K.R., 2007).

A pesar del interés existente en la posibilidad de controlar los dispositivos que utilizan directamente las señales del cerebro, ha sido sólo durante los últimos 20 años donde este campo de investigación se ha desarrollado mediante experimentos y publicaciones de interés al respecto a pesar de que las bases de esta exploración se asentaron a principios del siglo XX.

2 PROBLEMÁTICA

Una BCI es un sistema mediante el cual, como ya se mencionó anteriormente, un usuario pueda dar indicaciones a diversos dispositivos auxiliado por hardware que tome lecturas de su actividad cerebral únicamente, para lo cual ya no sería necesario que accionara o proporcionara movimiento a ninguna parte de su cuerpo.

Sin embargo un dispositivo de uso médico que ayude a tomar lecturas directamente del cerebro del usuario, es decir un registro del electroencefalograma (EEG) tiene dos grandes inconvenientes, por un lado la robustez o tamaño de estos los hacen complicados de implementar en entornos externos al laboratorio de pruebas y por el otro, su alto costo complica el desarrollo de aplicaciones apoyadas en ellos.

Lo planteado en el párrafo anterior representa una limitante muy importante, ya que las aplicaciones finales pueden ser muy diversas, pero al estar asentado su diseño e implementación en un dispositivo de obtención de EEG constantemente podría llegar a resultar impropio luego de realizar un análisis de costo contra beneficio.

Por otro lado, las recientes investigaciones al respecto han derivado en el desarrollo de diferentes dispositivos de obtención de electroencefalogramas, que tienen otro mercado objetivo, el cual no es precisamente el uso médico de los mismos sino cubrir necesidades en campos de educación, implementación a dispositivos de uso comercial como videojuegos, entre otros.

Una de las más grandes ventajas que estos dispositivos presentan, y la que probablemente con mayor rapidez salte a la vista, es el costo de los mismos lo que presenta una oportunidad de desarrollo interesante.

No obstante, si se toma como ejemplo uno de estos dispositivos, la diadema Emotiv EPOC, es posible encontrar dificultades propias del mismo como plantea Taylor, G. S., & Schmidt, C., (2012), donde se desarrolla un análisis detallado del rendimiento del equipo, concluyendo que este tipo de hardware dadas las características de construcción tiene un rango limitado de aplicaciones.

Entonces es en este punto donde se debe de considerar, que para no descartar el uso del equipo por este tipo de desventajas físicas o de hardware, se debe de desarrollar un software que facilite la implementación del mismo y pueda constituir una base sólida de una interfaz cerebro-computadora, para la aplicación en específico que se desee desarrollar, siendo el accionamiento de un robot móvil una de las cuales ayudaría a personas con dificultades motrices a controlar su propio medio o auxiliar de transporte.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema mediante el cual, un usuario pueda controlar las acciones de un robot móvil, por medio del uso de un dispositivo de obtención de señales cerebrales Emotiv EPOC.

3.2 Objetivos particulares

- Realizar un estudio detallado de las características de funcionamiento del equipo de adquisición de señales cerebrales que proporciona el equipo de Emotiv, así como un análisis de las características funcionales del cerebro que éste alcanza a registrar y cómo es que todas estas características pueden ser utilizadas.
- Desarrollar un programa en LabVIEW de NI el cual obtenga señales provenientes del equipo Emotiv, de modo que se les dé el procesamiento adecuado mediante el uso de la herramienta matemática de la transformada Wavelet y así, poder implementarlas en el control del robot móvil.
- Implementar las señales de control obtenidas a partir del programa desarrollado en un prototipo de robot móvil, el cual consistirá en un vehículo conformado por cuatro ruedas controladas cada una por motores de corriente directa independientes, de esta manera dar diferentes instrucciones de direccionamiento al mismo, conjuntamente de que el accionamiento de dicho prototipo pueda ser tomado como referencia en trabajos futuros donde se implementen vehículos de mayores dimensiones, una vez que la metodología de adquisición de señales provenientes del cerebro e implementación a control se haya probado.

4 JUSTIFICACIÓN

Las ventajas que una BCI le brinda al usuario final son muy diversas, en aplicaciones como en las que tradicionalmente se piensa como lo son personas con complicaciones motrices, también pasando por el uno para alguien que requiere del control de un robot móvil en ambientes hostiles o peligrosos para ser tripulado pero no dejando de lado el gran campo de oportunidad en usos cotidiano y en la industria.

Por lo tanto, si se comparan las ventajas que el uso de estos sistemas proporcionan con los inconvenientes y desventajas que presenta el tener que diseñarlos establecidos en un dispositivo de obtención de EEG de uso médico, se vuelve lógico ver la necesidad de generar alguna alternativa a estos últimos en función de aprovechar los beneficios que una BCI tiene en los distintos campos de aplicación.

Para tales propósitos, se cuenta con la oportunidad de realizar el diseño e implementación de sistemas, en los cuales se utilicen dispositivos de lectura de ondas cerebrales que no presenten los inconvenientes antes descritos, una de las alternativas es el dispositivo Emotiv EPOC.

El dispositivo de lectura Emotiv EPOC tiene la capacidad de identificar los potenciales eléctricos específicos del cerebro así como su localización, los cuales son resultado de un pensamiento determinado, los que posteriormente se pueden llevar a una plataforma como LabVIEW de NI, donde es posible realizar la identificación de las características más importantes de las señales adquiridas y clasificación de las mismas para implementarlos en el accionamiento de un robot móvil que satisfaga las necesidades básicas de movimiento.

5 MARCO TEÓRICO

Desde los albores de la humanidad, el hombre se ha preguntado acerca del centro corporal que organizaba las actividades mentales, a fin de intentar comprender fenómenos tan llamativos

para las primeras civilizaciones como la epilepsia. Una vez que se identificó el cerebro como órgano necesario para el dominio y control de nuestra conducta, dos corrientes imperaron en gran parte del siglo XIX, equipotencialidad y localizacionismo (Maestú, F., et al., 2003).

Quienes seguían la primer tendencia opinaban que todo el tejido neural estaba implicado en todas las funciones cognitivas, otros intentaron localizar la función cognitiva en compartimentos estancos, lo que alcanzó su auge con la llegada de la frenología (Maestú, F., et al., 2003), desarrollada por Franz Joseph Gall y Johann Spurzheim en Viena a principios de la mencionado siglo. Los seguidores de este método declaraban que las “facultades” mentales residían en diferentes regiones del cerebro, regiones que serían mayores cuanto más acentuados fueran los rasgos correspondientes (Allen, J., Bruss, J., & Damasio, H., 2005).

Posteriormente, se ha demostrado que, si bien existen áreas cerebrales muy específicas en su función, otras participan en diferentes funciones cognitivas, sustentando el concepto de un modelo distribuido o de “redes neurales” (Maestú, F., et al., 2003).

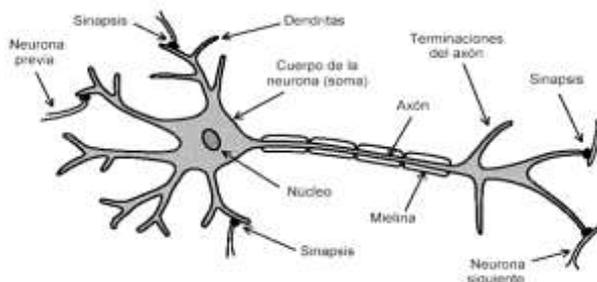
La neuroanatomía ha experimentado una transformación revolucionaria en los últimos 30 años. Ese salto ha sido posible gracias a la introducción de nuevas técnicas de formación de imágenes: tomografía computarizada de rayos X (TC, también llamada tomografía axial computarizada TAC), resonancia magnética (RM) y tomografía de emisión de positrones (TEP). Con estas herramientas, es posible observar la estructura y la actividad del cerebro con un detalle sin precedentes (Allen, J., Bruss, J., & Damasio, H., 2005).

Gracias a estos avances y a los resultados que los estudios realizados mediante ellos han arrojado, es que hoy en día se puede describir al cerebro como un complejo bosque de células y conexiones entre ellas. Este sistema está compuesto por unas 100,000 millones de neuronas, de formas y tamaños distintos (Mora, F., 2014). Un ejemplo de una de las formas se muestra en la figura 1.

Las neuronas están compuestas por un cuerpo celular compacto, dendritas y axones, como se observa en la figura 1. Se encargan de tratar la información y transportar las señales químicas y eléctricas en todas direcciones. La mayoría de los axones sólo se conectan con dendritas porque normalmente, estas no se conectan entre sí. El axón tiene dos funciones esenciales: conducir la información en forma de estimulación eléctrica y transportar sustancias químicas.

Ninguna neurona es un punto final o terminación para la información, sólo sirve para transmitirla. Una sola neurona puede recibir señales de miles de otras células, a veces tan lejanas como a la distancia de un metro, y su axón puede conectarse repetidamente, enviando señales a muchas más. Pero en general, las neuronas se conectan en su mayoría con otras neuronas cercanas. Un mayor número de conexiones hacen las comunicaciones más eficientes (Jensen, E., 2004).

Figura 1: Partes principales que conforman una neurona.



Fuente: Pérez Cano, M., & García Martín, J. (2004).

Lo que sucede entonces cuando una neurona recibe información de otra neurona a través de sus ramificaciones es crear un mensaje que es transcrito a su vez a otras neuronas de la cadena o circuito. La información que corre a través de estas cadenas de ramificaciones o circuitos es eléctrica, aunque al llegar al punto interno de los puntos de contacto se transforma en química (Mora, F., 2014).

Aprovechando entonces la ventaja de la gran cantidad de neuronas presentes en la corteza cerebral y la intensa actividad eléctrica que esto supone debido a todas las conexiones que entre estas se forman es que el registro de la actividad eléctrica del cerebro frecuentemente se toma de esta zona.

El flujo y el procesamiento de la información ocurren en el cerebro de forma eléctrica y química, por lo que es preciso observar como varían estos procesos a lo largo del tiempo para entender su función (Grave-de Peralta et al., 2004).

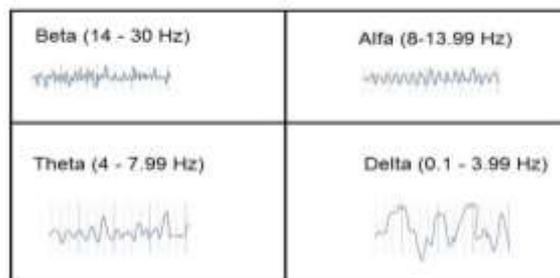
Un electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica de las neuronas del encéfalo. Dicho registro posee formas muy complejas que varían mucho con la localización de los electrodos y entre individuos. Esto es debido al gran número de interconexiones que presentan las neuronas y por la estructura no uniforme del encéfalo.

Las señales de un EEG tienen diferentes ritmos dentro de la banda de frecuencia con las siguientes características (Villar, S. C., Oviedo, W. A. P., & González, A. R., 2013):

- Ritmo Beta: Voltaje bajo (10-15 μV / 1-1.5 mm) con morfología variable. Frecuencia alta (13-25 ó + Hz).
- Ritmo Alfa o Mu: Voltaje bajo (20-60 μV / 3-4mm) con morfología variable. Frecuencia alta (8-13 Hz).
- Ritmo Theta: Voltaje alto (50 μV / 7mm). Frecuencia (4-8 Hz).
- Ritmo Delta: Voltaje alto (70 –100 μV / 9 -14 mm) con morfología variable. Frecuencia baja (4 ó – Hz).

En la figura 2 se muestra la forma que típicamente muestra cada uno de estos ritmos.

Figura 2: Diferencias en frecuencia y forma de onda de los diferentes ritmos cerebrales.



Fuente: *Elaboración propia.*

La aplicación de bioseñales para el control de sistemas, robots, aplicaciones, juegos y otros dispositivos, presenta un enfoque novedoso al abrir las puertas para la interacción entre humanos y computadoras en una nueva dimensión, donde se explotan específicamente biopotenciales eléctricos registrados en el usuario, a través de diferentes técnicas como lo son el electromiograma y el electroencefalograma principalmente, que son bioseñales eléctricas generadas por los patrones de actividad de los músculos y el cerebro del usuario respectivamente (Ierache, J., Pereira, G., Satollo, I., & Iribarren, J. 2013).

Entonces, son estas bioseñales las que conforman el elemento fundamental de una interfaz cerebro-computadora (BCI). Se puede entender un BCI como un sistema de comunicación en el que los mensajes o acciones que una persona desea enviar al mundo exterior no son transmitidos por una vía que podría entenderse como normal, es decir mediante la salida de la señal eléctrica del cerebro del usuario, llegando hasta los nervios y músculos periféricos.

Un ejemplo claro de lo anterior es un BCI implementado en base a un EEG, en donde los mensajes que el usuario quiere dar se llegan a conocer como producto del procesamiento de las señales que se toman de su cerebro, sin que este tenga que accionar algún miembro particular de su cuerpo posterior a la caracterización de estas señales, sino simplemente replicar el pensamiento del mensaje que quiere ejecutar (Wolpaw, J. R., et al., 2002).

Uno de los principales objetivos que ha impulsado el desarrollo de sistemas donde el usuario pueda ejecutar acciones sin la necesidad de realizar un movimiento de alguno de los músculos de sus extremidades es el poder ayudar a sujetos que tengan algún trastorno o problema precisamente con el accionar de los mismos.

En las dos últimas décadas muchas aplicaciones se han desarrollado haciendo uso de la voz y la visión del usuario, además de una combinación de ambas (Khare, V., Santhosh, J., Anand, S., & Bhatia, M. 2011), pero es un poco más recientemente cuando la exploración sobre el uso de bioseñales cerebrales provenientes de un EEG pueden ser utilizadas para el diseño de un BCI.

Como en cualquier sistema de comunicación, un BCI consta de entradas, que son las señales electrofisiológicas que resultan de la monitorización de la actividad cerebral, y de salidas, que vendrán a ser las acciones que realice el dispositivo que fue designado como elemento final del sistema.

Esta etapa final del sistema puede desempeñar muy diversos tipos de tareas, desde el accionamiento de elementos mecánicos, envío de datos para telecomunicación entre otros, elementos que transforman entradas en salidas y un protocolo que determina su funcionamiento (Khare, V., Santhosh, J., Anand, S., & Bhatia, M. 2011).

Gracias a los avances tecnológicos, nuevos dispositivos asequibles han aparecido en el mercado haciendo atractivo el uso de señales bioeléctricas como el caso de las adquiridas con un EEG con el propósito de desarrollar nuevas formas de BCI, como por ejemplo los desarrollados por NeuroSky (ThinkGear AM, MindWare, Mindwave), por Emotiv (EPOC Neuroheadset y EEG Neuroheadset) y por BCINet (por ejemplo, los dispositivos de juego NIA) entre otros (Ferreira, A. L. S. et al., 2014).

La etapa posterior a la adquisición de las señales en una BCI, una vez que estas ya pasaron por el tratamiento adecuado dependiendo del dispositivo que se usara para tomarlas es la extracción de características de las mismas. Una de las múltiples técnicas para este propósito y de las más utilizadas es la aplicación de la transformada Wavelet.

Las Wavelets son funciones oscilantes de espacio o tiempo. Se puede definir como un impulso de pequeña duración con energía finita que integra a cero y permite un análisis simultaneo de tiempo y frecuencia. Usando ondas, los datos se pueden descomponer en diferentes componentes de frecuencia y a continuación, cada frecuencia componente puede ser estudiada con una resolución adaptada a su escala. La transformada Wavelet genera estas Wavelets, que son generadas a partir de la traslación y cambio de escala de una misma función original. La función de base, en el caso de análisis Wavelet, se llama la función Wavelet madre Ψ (Mohammed, O. A., et al., 2012).

La Transformada Wavelet Discreta (DWT) es una transformación que se puede utilizar para analizar las propiedades espectrales y temporales de señales no estacionarias. La DWT está definida por la ecuación 1 (Ramírez-Cortes, et al., 2010).

$$W(j, k) = \sum_j \sum_k f(x) 2^{-j/2} \psi(2^{-j} x - k) \quad (1)$$

Una forma eficiente de implementar la DTW es mediante el uso de filtros, los cuales por ejemplo pueden ser aplicados mediante un algoritmo que pasa la señal original por un filtro pasa altas y otro pasa bajas. La función Wavelet madre determina los coeficientes de los filtros pasa bajas y pasa altas de la DWT. Después de aplicar este algoritmo, se termina con el doble de los datos a con los que originalmente se comenzó. Por ejemplo, si la señal original contiene

1024 muestras de datos, después de la filtración resultarán dos conjuntos, teniendo cada uno 1024 muestras. De esta forma, se puede hacer un análisis más detallado de cada una de las partes que conforman la señal con la finalidad de extraer de ella las características que se están buscando (Mohammed, O. A., et al., 2012).

Una vez que se han obtenido características distintivas de cada una de las señales mediante la transformada Wavelet, se procede a almacenar estos datos en un vector que posteriormente se pasa a una etapa de clasificación, para que en esta se realice una comparativa y se llegue al punto de determinar a qué instrucción está más asociada esta señal con las previamente establecidas. Lógicamente es válido pensar que si no se han tomado las características de forma adecuada la etapa de clasificación arrojará datos igualmente inadecuados, razón por la cual es necesario elegir correctamente el método a implementar, donde en muchos casos el de la DWT ha demostrado dar buenos resultados.

6 METODOLOGÍA

La solución propuesta a la problemática inicialmente planteada se estructura de la siguiente manera:

- Se realizará el diseño de una interfaz cerebro-computadora (BCI), mediante el empleo del dispositivo Emotiv EPOC para adquirir las señales provenientes del usuario del sistema. Las ventajas del empleo de este dispositivo es que comparado con su equivalente de uso médico es de mucho menor costo y tamaño, lo que sin duda contribuye en varios aspectos para la procedencia del trabajo.
- Seleccionar muy cuidadosamente los patrones de señal que serán tomados para la aplicación, sin querer incluir aquellos de similitudes muy marcadas, ya que como se identificó en trabajos previos, el dispositivo EPOC no tiene la fiabilidad de su homólogo de uso médico por ser más un dispositivo portátil y de uso comercial, por lo tanto habrá que adecuar perfectamente la aplicación a estas limitantes, para que no representen un problema al momento de la ejecución.
- Se programará la aplicación sobre la plataforma de LabView, con la finalidad de independizar el sistema del mismo software con el que el dispositivo cuenta de fábrica, esto por dos razones, primeramente este cuenta con opciones más limitadas para trabajar con las señales adquiridas, siendo en gran medida solo un visualizador de las mismas, característica que LabView mejora enormemente, y en segundo lugar, porque LabView cuenta con suficientes opciones de acoplamiento con hardware propio de la misma compañía lo cual el software de EMOTIV no tiene, entonces si se tiene como objetivo final el control de los movimientos de un robot, es sin duda una de las razones de más peso para cambiar de plataforma.
- Se implementará dentro de la aplicación realizada en LabView la herramienta de la transformada Wavelet discreta (DWT), la cual tendrá la utilidad de identificar características particulares en las señales tomadas del EEG, y así poder asociarlas con laguna instrucción en particular.
- Finalmente, se construirá un robot móvil a pequeña escala, el cual consistirá en un vehículo conformado por cuatro ruedas controladas cada una por motores de corriente directa independientes, para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación desarrollada, lo que dará pie a futuras investigaciones ya con el diseño de un vehículo de mucho mayor tamaño capaz de transportar a una persona tomando en cuenta todas las implicaciones que esto sugiere. La operación del prototipo se verificará mediante la conexión del mismo hacia la computadora con la aplicación programada, dicha conexión se llevará a cabo con el uso de una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments.

Figura 3: Diagrama de bloques de la solución propuesta



Fuente: Elaboración propia.

7 CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación, se puede concluir primeramente, que el dispositivo de lectura de ondas cerebrales EPOC presenta más ventajas que desventajas, pero se debe ser analítico en su implementación ya que la desventaja más grande con la que cuenta es necesario tenerla siempre presente, y es que el grado de precisión con el que este cuenta es bueno, siempre y cuando la aplicación final no requiera de la extracción de patrones o características que se presentan en rangos de intensidad muy bajos, como lo pueden ser aplicaciones al área médica, como monitoreo, diagnóstico etc.

Otra de las conclusiones importantes, es la necesidad de analizar posteriormente opciones que brinden la posibilidad de desvincular aún más el software del fabricante del dispositivo con su uso, ya que si bien esto se logró en cierta medida, no es del todo independiente del mismo, lo cual representa una barrera de desarrollo por las múltiples limitantes que este tiene, para así determinar si su uso sigue siendo recomendable sobre otras opciones de herramientas similares, o valdría la pena realizar una revisión detallada de un dispositivo de otro fabricante.

REFERENCIAS

Ferreira, A. L. S., Marciano, J. N., de Miranda, L. C. and de Miranda, E. E. C. (2014). Understanding and Proposing a Design Rationale of Digital Games based on Brain-Computer Interface: Results of the AdmiralMind Battleship Study. *SBC Journal on Interactive Systems*, 5(1), 3-15.

García-Cossio, E. y Gentiletti, G. G. (2014). Interfaz cerebro computadora (ICC) basada en el potencial relacionado con eventos P300: análisis del efecto de la dimensión de la matriz de estimulación sobre su desempeño.

Ierache, J., Pereira, G., Satollo, I. y Iribarren, J. (2013, July). Aplicación de interfases lectoras de bioseñales en el contexto de la domótica. In *XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.

Khare, V., Santhosh, J., Anand, S. and Bhatia, M. (2011). Brain Computer Interface Based Real Time Control of Wheelchair Using Electroencephalogram. *International Journal of Soft Computing*, 1(5), 41-45.

Maestú, F., Quesney, F., Ortiz, T., Fernández, A., Amo, C., Campo, P. and Amo, C. (2003). Cognición y redes neurales: una nueva perspectiva desde la neuroimagen funcional. *Rev Neurol*, 37(10), 962-6.

Mohammed, O. A., Khan, A. A., El-Tallawy, A. M., Nejadpak, A. and Roberts, M. J. (2012). A wavelet filtering scheme for noise and vibration reduction in high-frequency signal injection-based sensorless control of PMSM at low speed. *Energy Conversion, IEEE Transactions on*, 27(2), 250-260.

Mora, F. (2014). *Cómo funciona el cerebro*. Alianza Editorial.

Müller, K. R., Tangermann, M., Dornhege, G., Krauledat, M., Curio, G. and Blankertz, B. (2008). Machine learning for real-time single-trial EEG-analysis: from brain-computer interfacing to mental state monitoring. *Journal of neuroscience methods*, 167(1), 82-90.

Ramírez-Cortes, J. M., Alarcon-Aquino, V., Rosas-Cholula, G., Gomez-Gil, P. and Escamilla-Ambrosio, J. (2010). P-300 rhythm detection using ANFIS algorithm and wavelet feature

extraction in EEG signals. In Proceedings of the World congress on Engineering and Computer Science (Vol. 1, pp. 963-968). San Francisco: International Association of Engineers.

Taylor, G. S. and Schmidt, C. (2012, September). Empirical Evaluation of the Emotiv EPOC BCI Headset for the Detection of Mental Actions. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 56, No. 1, pp. 193-197). SAGE Publications.

Villar, S. C., Oviedo, W. A. P. y González, A. R. (2013). Implementación de métodos de procesamiento de señales EEG para aplicaciones de comunicación y control. ECIPeru: Revista del Encuentro Científico Internacional, 10(1), 24-33.

Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G. and Vaughan, T. M. (2002). Brain-computer interfaces for communication and control. Clinical neurophysiology, 113(6), 767-791.

3 SISTEMA DE NAVEGACIÓN LOCAL PARA VEHÍCULO AUTÓNOMO

Martín Montes Rivera¹
Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: martin.montes@upa.edu.mx

La investigación es financiada por la Universidad Politécnica de Aguascalientes.

Resumen

Este trabajo muestra una nueva metodología implementada en un robot autónomo para diseñar un sistema de navegación local, utilizando una sola cámara para detectar obstáculos. La técnica propuesta tiene una aplicación sencilla; obtiene rápidamente rutas alternativas para evitar los obstáculos y reconoce que los objetos que el robot puede pasar por encima.

Palabras Clave: Robots móviles, vehículo autónomo, detección de obstáculos, visión monocular.

Abstract

This paper shows a new methodology implemented in an autonomous robot to design a local navigation system using a single camera in order to detect obstacles. The proposed technique has a simple implementation; it quickly obtains alternative routes for obstacles avoidance and recognizes which objects the robot can pass over.

Keywords: Mobile robots, autonomous vehicle, obstacle detecting, monocular vision.

¹ Profesor Investigador de Mecatrónica

1 INTRODUCCIÓN.

A través de los años los robots se han perfeccionado y hoy en día se le da especial importancia a los robots móviles, que en ocasiones deben desplazarse en espacios de trabajo interactuando con humanos, además, los avances en la tecnología han permitido incrementar drásticamente la inteligencia y capacidades de éstos robots (Budiharto, y otros, 2011) (Nair, y otros, 1998).

Actualmente los robots móviles utilizados como vehículos se han vuelto populares en tareas de vigilancia y transporte, pero en cualquiera que sea su aplicación, la eficiencia de estos sistemas depende de la habilidad que tengan para lidiar con cambios impredecibles en su ambiente o espacio de trabajo, como la aparición de obstáculos (Llamazares, y otros, 2013) (Nair, y otros, 1998).

Los vehículos autónomos dependen de varios sistemas para desplazarse sin problemas cuando aparecen obstáculos en su trayectoria. Uno de estos sistemas es el que controla su navegación, que consiste en la habilidad de cambiar o seguir una ruta libre de colisiones dentro de su espacio de trabajo (Nakhaeinia, y otros, 2013) (Nair, y otros, 1998).

Las formas en que se resuelve el problema de navegación pueden ser variadas, sin embargo, la solución por la que se opta depende del tipo de espacio de trabajo en el que se desenvuelve el vehículo autónomo. Los espacios de trabajo o ambientes pueden ser conocidos o desconocidos (Nakhaeinia, y otros, 2013) (ŞENCAN, y otros, 2011).

Con base en las dos formas de espacio de trabajo que se pueden encontrar existen dos estrategias distintas de navegación: globales y locales o de reacción (basadas en el comportamiento) (Nakhaeinia, y otros, 2013).

Las estrategias globales de navegación son utilizadas cuando el ambiente en el que se mueve el robot es conocido porque el usuario lo proporciona o es obtenido a través de sensores (Nakhaeinia, y otros, 2013).

Cuando el espacio de trabajo del vehículo es desconocido o existe incertidumbre en su comportamiento dinámico, se utilizan los sistemas de navegación local o de reacción, que toman información a través de sensores y modifican la trayectoria del vehículo (Nakhaeinia, y otros, 2013).

Los sistemas de navegación locales son apropiados para la detección de obstáculos, ya que realizan acciones de control con respuestas rápidas, que dependen únicamente de la información obtenida de los sensores del vehículo autónomo (Nakhaeinia, y otros, 2013).

Uno de los sensores más utilizados en la robótica móvil son las cámaras, que permiten capturar a detalle el espacio de trabajo del vehículo autónomo, estableciendo una analogía entre la respuesta humana a situaciones observadas por el ojo y la respuesta de un robot con la información obtenida mediante una cámara (ŞENCAN, y otros, 2011).

Cuando los espacios de trabajo tienen un gran número de objetos dispuestos para afectar la trayectoria del robot, el utilizar lógica o esquemas complicados puede hacer que un sistema de detección de colisiones tome decisiones lentas e incorrectas, además de requerir de varios sensores. Para evitar problemas al seleccionar una trayectoria adecuada cuando el vehículo está en movimiento, se debe tomar en cuenta únicamente la localización del obstáculo para evitarlo y posteriormente replantear una nueva trayectoria hasta el lugar de destino (Nakhaeinia, y otros, 2013) (Lilly, 2007) (Faisal, y otros, 2012).

En este artículo se presenta un sencillo procedimiento al implementar un sistema de navegación local para un robot móvil, utilizando una sola cámara. Este procedimiento está centrado en detectar obstáculos móviles o estáticos que puedan bloquear la ruta del robot y no se encuentran plasmados en el sistema de navegación global, dando una respuesta inmediata de control.

El contenido de este trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera: la sección 2 detalla el diseño del sistema de navegación separándolo en el algoritmo para detección de obstáculos en el apartado 2.1 y el algoritmo que permite obtener la trayectoria adecuada para evitar obstáculos en la subsección 2.2. Los resultados de las trayectorias calculadas, las imágenes obtenidas de la implementación del algoritmo y los tiempos de procesamiento se muestran en la sección 3. Finalmente las conclusiones y detalles del trabajo a futuro se muestran en la sección 4.

2 DISEÑO DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN.

El sistema de navegación local se divide en dos algoritmos, uno que detecta los objetos que deben evitarse y otro que se enfoca en trazar trayectorias para evitar colisiones con éstos.

2.1 Algoritmo de Detección de Obstáculos.

Un obstáculo es un objeto animado o inanimado que bloquea la trayectoria del robot móvil o vehículo autónomo. Existen muchas formas y tipos de objetos que pueden bloquear el paso del robot cuando se dirige a un destino previamente establecido, sin embargo, hay objetos que deben ser rodeados, mientras que en otras situaciones, no es necesario interpretarlos como obstáculos y el robot puede continuar su camino pasando a través de ellos (Nair, y otros, 1998) (Budiharto, y otros, 2011), como se muestra en la Fig. 1.

Cuando el ser humano se desplaza y encuentra un obstáculo, decide si debe rodearlo o puede continuar por su camino, únicamente tomando en cuenta la altura del objeto que se interpone entre él y su destino. Un ejemplo de esta situación puede observarse en la Fig. 1, donde se muestran dos tipos de obstáculos; hay obstáculos que deben rodearse como las paredes del edificio de salones y hay otros como la manguera, que no deben rodearse y que pueden llegar a confundir al robot móvil.

Figura 1: Imagen del pasillo de la Universidad Politécnica de Aguascalientes con una manguera como obstáculo que puede ignorarse y obstáculos como paredes y edificios que no pueden evitarse.



Fuente: Elaboración propia.

El único medio utilizado para detectar los obstáculos del vehículo autónomo, es una cámara web modelo ATW-800 del fabricante ActekTM, configurada en una resolución de 320 pixeles de largo por 240 de alto. La selección de este dispositivo como único sensor, permite realizar mediciones del medio ambiente sin tener que hacer contacto con éste y reducir costos en la implementación del autómata, ya que es posible utilizar las imágenes que son obtenidas de la cámara para distintos procesos paralelos que debe realizar el robot, tales como el sistema de navegación local para la detección de obstáculos, el sistema de navegación global que permita obtener la localización del robot o el reconocimiento de objetos específicos que sean útiles en alguna tarea pre-programada (Budiharto, y otros, 2011).

Al obtener información de una cámara, debe simplificarse la imagen que se entrega al equipo de cómputo o sistema de procesamiento, ya que si se proporcionan detalles innecesarios, se aumenta el tiempo de respuesta requerido para identificar los obstáculos y generar la respuesta apropiada de control.

En la metodología propuesta, para detectar los objetos de posible colisión se utiliza un filtro Sobel y se reducen los detalles de tal forma que la imagen que el sistema deba procesar sea más pequeña y esté binarizada, dejando pasar únicamente los datos importantes para el algoritmo.

El filtro Sobel opera calculando la magnitud del gradiente de la imagen, representado por la función mostrada en la ecuación (1), donde es el par ordenado que localiza el pixel de la imagen que está siendo evaluado y las derivadas parciales respecto al eje "x" y al eje "y", necesarias para el cálculo del gradiente se representan por $\frac{\partial f}{\partial x}$ y $\frac{\partial f}{\partial y}$ (Ionescu, 2011) (MathWorks, 2014).

$$S(x, y) = \sqrt{\left[\frac{\partial f}{\partial x}\right]^2 + \left[\frac{\partial f}{\partial y}\right]^2} \approx \left|\frac{\partial f}{\partial x}\right| + \left|\frac{\partial f}{\partial y}\right| \quad (1)$$

Una alternativa para el cálculo de las derivadas parciales en una imagen es utilizar una máscara de convolución que permita obtener la derivada, si la máscara es de 3 renglones por 3 columnas, las derivadas parciales se obtienen como se muestra en las ecuaciones (2) y (3) (Ionescu, 2011).

$$\left|\frac{\partial f}{\partial x}\right| = \frac{1}{k+2} \left[(w_{1,3} + k \cdot w_{2,3} + w_{3,3}) - (w_{1,1} + k \cdot w_{2,1} + w_{3,1}) \right] \quad (2)$$

$$\left|\frac{\partial f}{\partial y}\right| = \frac{1}{k+2} \left[(w_{1,1} + k \cdot w_{1,2} + w_{1,3}) - (w_{3,1} + k \cdot w_{3,2} + w_{3,3}) \right] \quad (3)$$

donde $k=2$ para el filtro Sobel y los pesos $w_{i,j}$ son los elementos de la matriz máscara de convolución (Ionescu, 2011).

Las matrices máscara más utilizadas de un tamaño 3×3 en un filtro Sobel se muestran en la ecuación (4) (Ionescu, 2011).

$$\begin{aligned} \left|\frac{\partial f}{\partial x}\right| &\rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\ \left|\frac{\partial f}{\partial y}\right| &\rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

La reducción de detalles y aplicación del filtro Sobel en el algoritmo propuesto se realizó cambiando la imagen de colores a escalas grises y luego utilizando el filtro para la detección de bordes. Después de pasar por este filtro, se debe reducir la imagen de tamaño, lo que permite procesar la información requerida en un tiempo menor.

Para implementar el filtro, la reducción de la imagen y el programa completo para la detección de obstáculos se empleó el programa MATLABM 2013, ya que en éste se encontraban las funciones requeridas para el procesamiento de imágenes.

Al emplear un filtro de tipo Sobel para la detección de bordes, es posible indicar que solo se regresen los bordes que tengan una inclinación vertical y descartar los horizontales, lo que hace posible eliminar los obstáculos que deben ser descartados, en este caso, las líneas que se encuentran en el pavimento, la manguera que está atravesada en suelo o cualquier otro objeto que no tenga la altura adecuada para interponerse en el camino del robot.

Para realizar la reducción del tamaño de la imagen sin perder la información importante, se dilatan las líneas de la imagen obtenida con el filtro Sobel y se hace una reducción haciendo una interpolación de los píxeles alrededor del píxel dibujado, este proceso se repite tres veces para reducir la imagen sin perder información, el tamaño de la imagen se cambia desde su tamaño original de 320x240 píxeles hasta 32x24 píxeles, que es el tamaño final en el que se procesa la información para determinar si hay obstáculos y la trayectoria adecuada para evitarlos.

El proceso de detección de lados se realiza utilizando la función “edge” con el filtro Sobel, la dilatación empleando la función “imdilate” y la reducción de la imagen utilizando la función “imresize”, todas contenidas dentro de la utilería de procesamiento de imágenes de MATLABM.

El diagrama de flujo en la Fig. 2 Muestra el proceso propuesto para simplificar la imagen adquirida, en el que inicialmente se eliminan las matrices de colores rojo, verde y azul (Red Green Blue, RGB) innecesarias para la detección de obstáculos verticales, posteriormente se realiza el proceso de detección de elementos verticales mediante el filtro Sobel, luego se realizan las reducciones y dilataciones necesarias para cambiar el tamaño de la imagen (sin perder la información que muestra a los obstáculos) y así reducir el tiempo necesario para detectar la presencia de los obstáculos.

Figura 2: Diagrama de flujo que indica el proceso de simplificación de la imagen adquirida para la posterior detección de obstáculos.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez que la imagen es procesada de acuerdo al diagrama de flujo en la Fig. 2, los obstáculos importantes que el robot debe rodear se muestran en color negro, mientras que las zonas libres de colisiones aparecen en color blanco.

2.2 Algoritmo de Selección de Trayectoria

La selección de la trayectoria adecuada para evitar el obstáculo que bloquea el paso del robot móvil, debe contemplar el origen del robot y la localización de los obstáculos para poder dirigirse en una dirección libre de colisiones.

Si la cámara es posicionada correctamente en el centro del robot móvil, la mitad inferior de las imágenes obtenidas del autómata es el origen del robot, lo que permite trazar trayectorias desde este punto para definir en qué sentido se va a mover el vehículo autónomo, tal y como se muestra en la Fig. 3.

Figura 3: Autómata detectando su entorno a través de una sola cámara.



Fuente: Elaboración propia.

Si el autómata inicia en una trayectoria libre de colisiones, se observará un área alrededor de la que el robot puede desplazarse, ésta puede ser un camino que está libre o terminar en una colisión, como se muestra en la Fig. 4. Sin embargo, al detectar los obstáculos en color negro una vez que se realiza el algoritmo de detección de la sección 2.1, también aparece un camino de píxeles en blanco, que señala la trayectoria adecuada a seguir para evitar el obstáculo.

Figura 4: Trayectorias posibles si el robot inicia en un área libre.



Fuente: Elaboración propia.

La solución implementada para evitar los obstáculos, debe hacer que el robot se oriente hacia la dirección de los píxeles en blanco, por tal motivo, la mejor opción es dirigirse al centro de los píxeles en blanco, ya que así, el robot se dirigirá a una zona donde pueden evaluarse nuevamente los riesgos de colisión y buscarse nuevas rutas para continuar con el trayecto del autómata.

En este algoritmo la trayectoria para evitar obstáculos, se define mediante el trazado de una línea recta de la que puede extraerse su ángulo de dirección θ con la ecuación (5) a partir de su pendiente M en la ecuación (6) y la magnitud de la recta con la ecuación (7). La recta parte del origen del autómata con coordenadas (x_0, y_0) en la mitad inferior de la imagen obtenida con la cámara (como se muestra el origen en la Fig. 3) y el final de la recta termina en el centro de los píxeles en blanco con coordenadas (x_c, y_c) .

$$\theta = \arctan(M) \quad (5)$$

$$M = \frac{y_c - y_0}{x_c - x_0} \quad (6)$$

$$r = \sqrt{(x_c - x_0)^2 + (y_c - y_0)^2} \quad (7)$$

Para determinar el centro de los píxeles en blanco se utiliza el algoritmo de detección de centroides de MATLABM.

Un centroide en una imagen es el píxel con coordenadas (x_c, y_c) en el que hay la misma masa arriba, abajo, a la izquierda y a la derecha (Pertursa Grau, 2010).

La detección de centroides se realiza haciendo que los píxeles de una imagen sean binarizados y a lo mucho tengan un peso unitario, que será la masa particular de cada píxel, una vez hecho esto el centro de masas se encuentra calculando x_c con la ecuación (8) y y_c con la ecuación (9) (Pertursa Grau, 2010).

$$x_c = \frac{\sum_{i=0}^N x_i}{N} \quad (8)$$

$$y_c = \frac{\sum_{i=0}^P x_i}{P} \quad (9)$$

Donde N es el número de píxeles horizontales y P es el número de píxeles verticales en la imagen, es decir, la imagen tiene una resolución $N \times P$ (Pertursa Grau, 2010).

El cálculo del centroide debe realizarse en la imagen reducida resultante del algoritmo en la sección 2.1, ya que al ser menor el número de píxeles, el procesamiento del centroide toma menos tiempo y además, con las la dirección θ y la magnitud r es posible plasmar la trayectoria en la imagen original capturada por el robot.

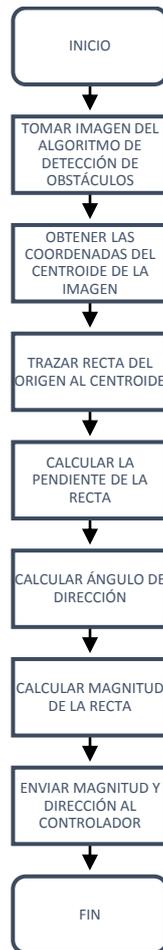
Para obtener las coordenadas del centroide de la recta que debe graficarse en la imagen de 320x240 píxeles (X_c, Y_c) , se multiplican las coordenadas del centroide al que apunta la línea recta por un valor a que representa el número de veces que se redujo la imagen del tamaño original, en este caso 10 veces.

$$(X_c, Y_c) = (ax_c, ay_c) \quad (10)$$

Finalmente el valor numérico de la magnitud r debe ser enviado al control de velocidad en los motores del vehículo autónomo y el parámetro de dirección θ debe ser enviado al control para ajustar la dirección que el robot debe seguir.

El diagrama de flujo que describe el algoritmo para el trazado de la trayectoria para evadir obstáculos y el envío de datos al controlador se muestra en la Fig. 5. Inicialmente se pasa la imagen con obstáculos en negro y zonas libres en blanco (obtenida con el diagrama de flujo en Fig. 2), luego se determinan las coordenadas del centroide de masa en color blanco, se traza la recta del origen al centroide, se calcula la magnitud de la recta y finalmente se envía la magnitud y ángulo de dirección al sistema controlador.

Figura 5: Diagrama de flujo del algoritmo para la selección de trayectoria libre de obstáculos.



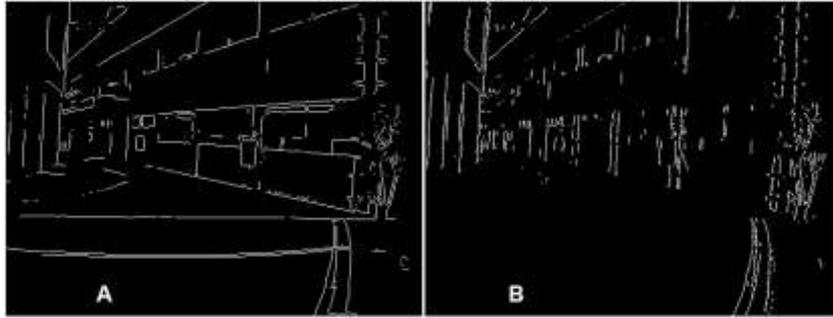
Fuente: Elaboración propia.

3 RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del funcionamiento del sistema de navegación, al extraer una imagen de las se tomaron con la cámara del robot móvil durante su recorrido.

Los resultados obtenidos tras procesar la imagen con el filtro Sobel tomando en cuenta cualquier borde se muestran en la Fig. 6 en el lado “A”, mientras que en el lado “B” se muestra la respuesta de la cámara al quitar los bordes horizontales, habiendo aplicado el algoritmo descrito en sección 2.1.

Figura 6: Imagen pasillo de la Universidad Politécnica de Aguascalientes, Empleando un filtro Sobel para ambos bordes (A) y solo bordes verticales (B).



Fuente: *Elaboración propia.*

En la imagen “A” de la Fig. 6 se muestra que no es posible encontrar una ruta libre de obstáculos para el robot, ya que el resultado no le permitiría seguir derecho, puesto que las líneas de la sombra en el suelo y la manguera atravesada serían percibidas como obstáculos. Al aplicar el filtro Sobel vertical (Fig. 6 lado B), se obtienen únicamente los obstáculos que el robot debe rodear y es posible seguir una ruta libre a medida que el robot vaya avanzando.

La imagen resultante después de dilatar y reducir los resultados obtenidos con el filtro Sobel vertical, buscando que no se pierdan los detalles de los obstáculos (mediante el algoritmo de la sección 2.1), se muestra en la Fig. 7.

Figura 7: Imagen pasillo de la Universidad Politécnica, después de pasar filtro Sobel vertical y proceso de reducción y dilatación, dejando marcados los obstáculos en color negro y camino libre en color blanco.



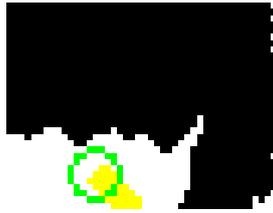
Fuente: *Elaboración propia.*

Los píxeles en color negro mostrados en la Fig. 7 indican dónde se encuentran los obstáculos, mientras que los que están en color blanco muestran un camino libre de éstos, además, en esta imagen ya se han eliminado los obstáculos despreciables que no requieren ser rodeados, gracias a la implementación del filtro Sobel vertical y la imagen tiene un tamaño de 32x24 píxeles.

El trazado de la trayectoria que va desde el origen del robot en la parte inferior de la cámara, hasta el centroide detectado.

Siguiendo el algoritmo de la sección 2.2, se obtiene la Fig. 8.

Figura 8: Detección del centroide y trazo de trayectoria de la imagen pasillo de la Universidad Politécnica de Aguascalientes



Fuente: Elaboración propia.

La Fig. 9 muestra el resultado de empalmar la imagen del pasillo de la upa, con la línea de trayectoria utilizando el mismo ángulo de dirección y un aumento de 10 veces a su magnitud, que es equivalente a la reducción que se hizo en la imagen original.

Figura 9: Trazo de trayectoria a seguir en la imagen pasillo de la Universidad Politécnica de Aguascalientes.



Fuente: Elaboración propia.

El resultado de seguir el algoritmo completo del sistema de navegación es que el robot logra planear una trayectoria adecuada para evadir los obstáculos que se encuentran en su alrededor, esta trayectoria se dibuja mediante una línea amarilla, además, es posible ignorar los obstáculos que no representan un peligro para el robot como la manguera (Fig. 9).

Los resultados obtenidos cuando el sistema se somete a obstáculos dinámicos, como cuando repentinamente una persona bloquea el camino del robot se muestran en la Fig. 10. En la parte superior derecha de la Fig. 10 se muestra el diagrama donde se hace el procesamiento para posteriormente trazar la trayectoria en la imagen obtenida por el robot. La línea recta amarilla trazada, evade a la persona dirigiendo momentáneamente al autómata a un punto alejado del obstáculo dinámico.

Figura 10: Trazo de trayectoria a seguir cuando se detectan

una persona y un árbol en la ruta inmediata al vehículo.



Fuente: Elaboración propia.

El tiempo necesario para detectar los obstáculos, elegir la trayectoria, calcular su magnitud y dirección se muestra en la tabla 1. Los datos de tiempo se midieron cuando se grafica la trayectoria en la imagen obtenida por el robot y cuando no se grafica y solo se obtienen la magnitud r y dirección θ , datos necesarios para el controlador.

Tabla 1: Tiempos de procesamiento por imagen analizada al graficarla y sin graficarla

Procesamiento	Tiempo (s)
Cálculo sin graficar	0.037482
Cálculo graficando resultado final	0.372685

Fuente: Elaboración propia.

4 CONCLUSIONES

En este artículo se presentó un sencillo algoritmo para implementar un sistema de navegación local con una sola cámara, que proporciona rápidamente trayectorias libres de colisiones, cuando se presentan obstáculos estáticos o dinámicos en un vehículo autónomo o robot móvil. Posteriormente se implementó el algoritmo en un vehículo autónomo que recibe las trayectorias del algoritmo, se mostraron los resultados obtenidos de manera gráfica y el cálculo de la pendiente y magnitud de la trayectoria en línea recta, que son señales importantes para transmitir al controlador de velocidad y dirección del vehículo autónomo.

5 TRABAJO A FUTURO

Paralelizar algunos procesos utilizando un procesador de varios núcleos o un procesador gráfico para disminuir el tiempo de procesamiento, ya que los resultados mostrados en este trabajo implementan el algoritmo del sistema de navegación completamente en serie.

Implementar un sistema de navegación global basado en GPS que permita dirigir al vehículo autónomo a distintas áreas y utilizar este sistema para evitar los obstáculos estáticos como paredes, edificios y árboles, utilizando el sistema de navegación local aquí presentado, para evitar los obstáculos dinámicos desconocidos que puedan interferir con el trayecto planeado que tenga el robot.

REFERENCIAS

Budiharto, W., Santoso, A., Purwanto, D. and Jazidie, A. (2011). Multiple Moving Obstacles Avoidance of Service Robot using Stereo Vision. TELKOMNIKA, 9(3), 433-444.

Faisal, M., Hedjar, R., Sulaiman, M. and Al-Mutib, K. (2012). Fuzzy Logic Navigation and Obstacle Avoidance by a Mobile Robot in an Unknown Dynamic Environment. International Journal of Advanced Robotic Systems, 10(37), 1-7.

Lonescu, C. (2011). Image Processing for Optical Metrology. En M. Mora González, J. Muñoz Mazcel, F. J. Casillas, F. G. Peña Lecona, R. Chiu Zarat. And H. Pérez Ladrón de Guevara, A Ubiquitous Tool for the Practical Engineer (págs. 524-546). Intech.

Lilly, J. (2007). Evolution of a negative-rule fuzzy obstacle avoidance controller for an autonomous vehicle. IEEE Trans Fuzzy Systems(15), 718-728.

Llamazares, A., Vladimir Ivan, Molinos, E., Ocaña, M. and Vijayakumar, S. (2013). Dynamic Obstacle Avoidance Using Bayesian Occupancy Filter and Approximate Inference. Sensors(13), 2929-2944.

MathWorks. (2014). Image Processing Toolbox User Guide. Massachusetts USA: The MathWorks, Inc.

Nair, D. and Aggarwal, J. (1998). Moving Obstacle Detection From a Navigating Robot. IEEE transactions on robotics and automation, XIV(3), 404-416.

Nakhaeina, D. and Karasfi, B. (2013). A behavior-based approach for collision avoidance of mobile robots in unknown and dynamic environments. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems(24), 299-311.

Pertursa Grau, J. (2010). Técnicas de análisis de imagen. Valencia: PUV.

4 PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CRÍTICO.

Hernández Gutiérrez Nancy S.¹
Escuela de Enfermería y Obstetricia del Centro Médico Quirúrgico
Email: nselene_73@hotmail.com

Santos-Escobar Fernando²
Universidad de Guanajuato.
Email: macro_15@hotmail.com

Resumen

Durante la formación académica de los estudiantes del bachillerato bivalente en enfermería, es indispensable que además de brindar el acceso a los conocimientos, se les prepare para el uso del pensamiento crítico, con el fin de fortalecer el desarrollo de habilidades cognitivas que auxilien en el logro del aprendizaje profundo. Tan necesario en formaciones profesionales donde los conceptos teóricos deben ser interpretados en relación a situaciones de carácter crítico; que además requiere que se vaya más allá del conocimiento técnico, es preciso entonces que el personal de enfermería tenga la habilidad para resolver problemas prácticos, pero con un fundamentos teórico en el contexto hospitalario. Por lo que deben de manera inteligente y creativa vincular la teoría con la práctica en la resolución de los mismos. Esta es la razón por la cual se presenta una propuesta educativa, en la cual se propone el uso de una serie de herramientas didácticas aplicadas en las materias del área Biología, en estudiantes del bachillerato bivalente en enfermería.

Palabras clave: Habilidades del pensamiento crítico, herramientas didácticas y resolución de problemas.

Abstract

During the academic training of students bivalent baccalaureate in nursing, it is essential that in addition to providing access to knowledge, are prepared for the use of critical thinking, in order to strengthen the development of cognitive skills that aid in achieving deep learning. So necessary in professional training where theoretical concepts should be interpreted in relation to situations of criticality; it also requires that goes beyond technical knowledge, it is then necessary that nurses have the ability to solve practical problems, but with a theoretical foundation in the hospital setting. So they are smart and creative linking theory with practice in solving the same way. This is the reason why an educational proposal in which the use of a series of educational tools applied in the subject area of biology in high school students in nursing bivalent intends occurs.

Keywords: Critical thinking skills, teaching tools and troubleshooting.

¹ Investigadora de la Escuela de Enfermería y Obstetricia del Centro Médico Quirúrgico

² Investigadora del Departamento de Biología División de ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato

1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación pretende analizar y detectar el grado de desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico presentes en alumnos de bachillerato bivalente de la carrera de enfermería general. Posteriormente, al implementar una propuesta didáctica en la resolución de problemas en las asignaturas del área de biología se fortalecerá el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico.

El proceso de enseñanza – aprendizaje y el trabajo cotidiano en disciplinas como la biología, es evidente que los estudiantes no desarrollan totalmente sus habilidades cognitivas, y por tal motivo, sus procesos de aprendizaje y de solución a situaciones problema se han visto afectados. Por ello, es esencial que el proceso de aprendizaje significativo en esta área sea abordado con herramientas didácticas que fortalezcan en los estudiantes el desarrollo de habilidades cognitivas debidamente consolidadas. La implementación de este tipo de habilidades en el sector educativo ha sido de interés en disciplinas como la química, física e historia, debido a que se ha observado que facilitan la adquisición de conocimientos y aumentan significativamente un desempeño académico en los alumnos (Solano, Tobaja, & Monfrot, 2013; Díaz Barriga, 2001; Torres Merchán & Beltrán Castillo, 2011) Al respecto, un estudio enfocado para fortalecer el aprendizaje educativo en estudiantes universitarios mediante el desarrollo de habilidades del pensamiento, se investigó un grupo de 27 habilidades entre las que destacan; la aptitud numérica, comprensión lectora, velocidad perceptual, razonamiento, inductivo, razonamiento deductivo, visualización espacial, la memoria, la comprensión la toma de decisiones, la solución de problemas y la creatividad; todas estas habilidades conforma al llamado pensamientos crítico. Además, en este estudio, propone que este tipo de estrategias académicas, permitirán conocer las debilidades y fortalezas del estudiante de manera individual o grupal, y de esta manera, conformar un programa para optimizar los procesos de formación profesional (Cervantes Ortiz, S/A).

Por lo tanto, el pensamiento crítico, en el campo educativo, es considerado un fin fundamental para la educación a través del ejercicio académico-didáctico, donde el estudiante aprende a desarrollar sus habilidades del pensamiento: de comprensión, de reflexión, solución de problemas, de manera eficiente y eficaz; dándole la oportunidad de centrarse en el pensamiento más que en el aprendizaje de conocimientos (Paul & Elder, 2005). De ahí la importancia de implementar el desarrollo de habilidades cognitivas de este tipo; ya que por este medio se fomentan los procesos de aprendizaje profundo (Facione, 2007).

Otro aspecto importante para el desarrollo del aprendizaje significativo es correlacionar la parte teórica con la práctica. Sin embargo, en el área de Biología algunos contenidos teóricos-prácticos son abordados con poco interés, debido resultan complejos, sobretodo porque no se cuentan con los recursos para hacer aplicaciones o representaciones de algunos fenómenos. Por ello, la implementación de simuladores virtuales como una herramienta que complementa el desarrollo de pensamiento crítico, podría aumentar el interés en esta materia, así como representar de manera interactiva el reconocimiento, explicación y ejemplificación de fenómenos biológicos.

Fernández (2006) afirma que para que esto se cumpla es necesario que el observador, fenómeno observado y procesado de observaciones formen la totalidad, con lo que el individuo, constituyente de la realidad en el lenguaje. Lo que permite que los fenómenos naturales en entendidos de manera más clara y en consecuencia, se propicie la construcción de conocimientos, es por ello que la presentación de fenómenos explicar el funcionamiento de los sistemas biológico resulta de gran importancia. Además, varios estudios enfocados en las áreas de la biología, Química, física y medicina han sugerido que la incorporación de simuladores virtuales en la educación, podrían ayudar a mejorar el aprendizaje significativo (Cervantes Ortiz, S/A; Facione, 2007 y Díaz Barriga, 2001).

Lo anterior nos lleva a hacer una reflexión sobre la formación académica de los alumnos de la Escuela de Enfermería Y Obstetricia del Centro Médico Quirúrgico y la forma en cómo estos se desempeñan en la práctica hospitalaria. Así pues es necesario el trabajo de investigación en esta área para identificar los elementos que favorecen el desarrollo de habilidades cognitivas y que repercuten en el desempeño de los estudiantes. Más aún si se trata de aprendizajes que estén íntimamente relacionados con el desempeño en la práctica laboral. Entorno lo descrito surge la pregunta ¿Cuáles son las habilidades de pensamiento crítico presentes en estudiantes de un Bachillerato Bivalente en enfermería General?

Para resolver la inquietud se propone, desarrollar e implementar una propuesta didáctica basada en la resolución de problemas para la materia de Biología que favorezca el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico. La cual se logrará al llevar a cabo tres acciones: a) Identificar cuáles son las habilidades de pensamiento crítico presentes en estudiantes bachillerato en enfermería y determinar cuáles de ellas se tienen que desarrollar en mayor porción; b) Determinar las estrategias didácticas que favorezcan el desarrollo de las habilidades del pensamiento previamente seleccionadas. Y por último Desarrollar la propuesta didáctica para su aplicación y valoración en el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico.

Con el resultado de las acciones del párrafo anterior se espera que una estrategia educativa basada en la implementación de una propuesta didáctica con herramientas que favorecen el desarrollo de habilidades del pensamiento como elaboración de argumentación, formulación de hipótesis, análisis de argumentos y resolución de problemas en la materia de Biología, mejoren el desempeño académico en estudiantes de bachillerato.

Y es que se ha demostrado que la implementación de estrategias cognitivas en la formación de alumnos a nivel medio superior mejora el nivel de aprendizaje en comparación a los métodos educativos tradicionales (Cervantes Ortiz, S/A; Paul & Elder, 2005; Facione, 2007). Estas estrategias tratan de fomentar el aprendizaje de conocimientos y el desarrollo de destrezas que permitan avanzar desde la identificación y formulación de un problema técnico hasta su solución constructiva y todo ello a través de un proceso planificado. Además, actualmente se ha observado que la implementación de herramientas virtuales de simulación en conjunto con las herramientas cognitivas han mejorado significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje (Cervantes Ortiz, S/A).

Pocos estudios han sido encaminados en identificar, evaluar y mejorar aprendizaje significativo en el área de la biología, algunos trabajos se han realizado en el área de la enseñanza de la historia, de las matemáticas y en programas académicos del nivel superior (Cervantes Ortiz, S/A; Paul & Elder, 2005; Facione, 2007). Por lo que la implementación de herramientas cognitivas en esta área del conocimiento ofrece una excelente oportunidad para el estudio detallado de habilidades del pensamiento crítico, las cuales, ayudarán a facilitar la adquisición de conocimientos y aumentarán, significativamente, un desempeño académico en los alumnos.

2 MÉTODO

Esta propuesta es una investigación cuantitativa, cuasi-experimental con pre-prueba- post-prueba y con grupo control que pretende identificar las características del pensamiento crítico, presente en los estudiantes del bachillerato bivalente en enfermería. Además, el estudio es descriptivo, pues se hará el seguimiento a los alumnos a lo largo del tercer semestre, en la materia de Microbiología y Parasitología, con la respectiva identificación de las habilidades cognitivas de ese grupo. Para decidir qué tipo de herramientas cognitivas serán de utilidad para desarrollar el pensamiento crítico en los estudiantes, se realizó la aplicación del inventario de estilos de aprendizaje denominado modelo de Felder y Silverman, además de una serie de ejercicios de habilidades del pensamiento y se procedió a identificar los estilos dominantes en los tres grupos. Con un instrumento de elaboración propia con ítems parecidos a los propuestos en el test HCTAES, que es el "Test de Halpern para la Evaluación del Pensamiento Crítico mediante Situaciones Cotidianas", con varias preguntas que miden diferentes habilidades del pensamiento crítico, en función de las respuestas presentadas en la gráfica 1. A partir de este diagnóstico se plantearon las estrategias y actividades didácticas a realizar durante el transcurso del semestre Agosto-Diciembre 2014 en la asignatura de Microbiología y parasitología. También se pretende hacer una entrevista para hacer la evaluación de las habilidades con mayor descripción. Con los resultados obtenidos en la primera evaluación, se diseñó otro formato con preguntas muy parecidas a las contenidas en el primero y también se incluyeron algunas del primer instrumento (para identificar cambios). El cual se aplicará al final del semestre con el objetivo de identificar algún cambio en las habilidades descritas en la primera evaluación. El instrumento constará de una serie de enunciados que responderán los estudiantes en base a lo abordado en las materias de Materno infantil, Enfermería comunitaria, Microbiología y conceptos generales de fundamentos de enfermería y las respuestas presentadas serán evaluadas en relación a la profundidad de los argumentos, formulación de hipótesis y la posibilidad de elaborar inferencias a partir de un texto y relación que hace de este

con sus conocimientos del área. Es importante mencionar que el instrumento se aplicó a 48 de los 70 estudiantes que terminaron el segundo semestre del bachillerato bivalente en la escuela de Enfermería del Centro Médico Quirúrgico, ya que algunos estudiantes no acudieron el día de la aplicación.

El primer instrumento Modelo 1 está integrado por tres apartados: a) con datos generales como escuela de procedencia, sexo, edad y si trabaja actualmente o si lo hacía antes de entrar a estudiar. b) consta de una serie de 10 preguntas encaminadas a identificar la habilidad verbal y de análisis, las cuales se correlacionaran con el tipo de aprendizaje adquirido, ya sea superficial o profundo. c) es un apartado donde los enunciados están redactados para evaluar el pensamiento crítico, por lo que en un solo enunciado es posible identificar varias habilidades del pensamiento crítico, ya enunciadas en párrafos posteriores.

3 RESULTADOS

Los instrumentos aplicados se diseñaron el doble formato propuesto por Halpern la literatura refiere que los reactivos de este tipo permiten identificar habilidades de pensamiento crítico con mayor seguridad. Ya que se plantea una situación problema de la vida cotidiana, a la cual se responde tanto de manera abierta como cerrada (8). Por lo tanto, en el presente trabajo se implementó, en primera instancia el test con datos generales y una serie de ítems con el formato de Halpern, para decidir el tipo de herramientas cognitivas serían de utilidad para el desarrollo de pensamiento crítico en los estudiantes. Como se muestra en la Tabla 1 y figura 1 la mayoría de los estudiantes contestan a las preguntas sobre la lectura en instrucciones y ejercicios al momento de hacer tareas y exámenes que es un ejercicio cotidiano, tal como muestran la gráfica y tabla. , sin embargo en el resto de los ítems marcan poca atención al hacerlo, lo que puede explicar el tipo de estrategia al estudio. Con esto se puede deducir que los jóvenes estudian sólo para presentar un examen, dando origen a un aprendizaje de tipo superficial (en la tabla y gráfica se marca como bajo) y esto lleva a que se presente un alto índice de reprobación debido a que existe un déficit en el desarrollo de sus habilidades verbales y de evaluación de argumentos, sugiriendo que no pudieron hacer la deducción a partir de la información previa vista en clase al momento de contestar. Por lo tanto, se decidió indagar si los estudiantes presentan el desarrollo o no, de habilidades cognitivas. Para abordar esta idea, se aplicó el instrumento Modelo 1 descrito en la metodología, en la sección 2 (tabla 2) permite identificar cuales habilidades cognitivas están presentes en los estudiantes. Los gráficos 2, 3, 4 y 5 que surgen a partir de la tabla 2 muestra un limitado desarrollo de habilidades como argumentación, formulación de hipótesis o de justificación de respuesta que son elementos importantes para el desarrollo de las habilidades del pensamiento crítico.

En el planteamiento tres donde hay que justificar si las presiones marcadas son normales y se pide expliquen su respuesta (grafico 5), se observa que la selección de la respuesta fue de manera azarosa, pues la mitad de la respuesta indica “lo sé ” o “porque no son normales ”; sin embargo al momento de elaborar el argumento lógico que explique la respuesta emitida se puede evidenciar que aproximadamente el cuarenta por ciento de ello no responden a la pregunta, después de haber hecho la elección en las respuestas que son cerradas. Esto hace notar que no se existe una respuesta lógica que relacione los contenidos vistos en clase. Si consideramos que son jóvenes que pertenecen al segundo semestre del bachillerato, que ya cursaron las materias de Fundamentos de enfermería I y II, y que además se van a la práctica clínica en este periodo, entonces sus razonamientos elementales como los parámetros para valorar normalidad en los signos vitales deberían estar claros (aprendizaje profundo).

4 DISCUSIÓN

Los resultados reflejan que el alto índice de reprobación entre los alumnos de segundo semestre se puede deber al poco desarrollo de habilidades del pensamiento básico. Pues las habilidades cognitivas pueden ser usadas por el estudiante para adquirir, retener y recuperar diferentes tipos de conocimientos y ejecución. Con ellas el alumno podrá hacer e interpretar representaciones como la lectura, interpretación de imágenes, habla, escritura y dibujo (Fernández, 2006). Además Báez Hurtado, Ortiz Flores, Garduño Salas (2009) y González; Castro Solano y González (2008) mencionan que existe una asociación importante entre el rendimiento académico y las habilidades cognitivas, de manera que la falta de desarrollo de las mismas pudiera ser un indicador del índice de reprobación. Ya que cuando los jóvenes tienen

entre dos y tres asignaturas reprobadas pueden presentar dificultades cognitivas e intelectuales (Herrera San Martín, 2012)

Tras la revisión de cada uno de los cuestionarios y la posterior tabulación de los mismos. Se evidencia que pese a que aproximadamente el 80% de los estudiantes afirman leer las instrucciones antes de iniciar una tarea, la forma en cómo responden a los planteamientos evidencia lo contrario. Otro punto importante en la segunda pregunta de este apartado del instrumento, hace referencia a la lectura de los contenidos previo al examen y el 60% de ellos hacen referencia a que es una actividad favorable, con lo que se da mayor importancia al aprendizaje superficial, lo que puede estar repercutiendo en su desempeño académico.

Así pues, los resultados muestran que el tipo de aprendizaje logrado tras seguir las actividades señaladas es superficial. Ya que como se hace mención líneas atrás el tipo de aprendizaje en cada persona marca procesos mentales diferentes lo que implica el desarrollo de ciertas habilidades cognitivas. Las habilidades cognitivas de pensamiento crítico están encaminadas a favorecer el aprendizaje profundo. Sin embargo, lo único se puede lograr con habilidades de orden básico como la memoria, la lectura y sobre todo aquellos contenidos manejados de manera mecánica, es decir sin ningún análisis, será el aprendizaje superficial, repercutiendo en el alto índice de reprobación. Este problema es debido a que sólo se estudia para momentos y si la pregunta es un enunciado que busque una respuesta elaborada por deducción, difícilmente se contestara y por lo tanto, la justificación será que no se vio en clase o se dejara en blanco ya que no se puede elaborar una respuesta.

De manera que es necesario trabajar con elementos que favorezcan el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico, por lo que se plantea la propuesta con la práctica de actividades con mapas mentales, preguntas generadoras, V de Gowin y Mentefactos. Ya que de acuerdo con diversos autores son herramientas que con una planeación didáctica adecuada lograran en incremento de estas habilidades (Solano, Tobaja, & Monfrot, 2013; Díaz Barriga, 2001; Cervantes Ortiz, S/A; Delgado Rodríguez, y otros, 2010).

Es posible evidenciar en los diferentes gráficos de la tabla 2 de condensado de datos, que las habilidades de pensamientos crítico están muy limitadas. La segunda parte del proyecto es la aplicación de herramientas didáctica en la materia de microbiología y parasitología donde se implementará en la secuencia didáctica de actividades para el logro de estas habilidades de pensamiento crítico. Ya que como es posible apreciar en los gráficos de la tabla dos. El porcentaje de respuestas que no tiene un argumento lógico son muy altas y aquellas que se quedan sin responder también. Sobre todo en los ítems 9 y 10 en los cuáles los jóvenes deben resolver analogías con la información vista en las diferentes sesiones, se evidencia el manejo escaso de la información y por consiguiente repercutirá en su desempeño en las prácticas clínicas.

Así pues el diagnóstico preliminar permite evidenciar que los estudiantes tienen presentes habilidades de pensamiento básico, más no aquellas que favorezcan el pensamiento profundo.

REFERENCIAS

Aguilera Serrano, Y. y Zubizarreta Estévez, M. (2005). Estrategia para fomentar el pensamiento crítico en estudiantes de licenciatura en Enfermería. *Educación Media superior*, 19(4), 0-0.

Báez Hurtado, Y., Ortiz Flores, E. G. y Garduño Salas, P. (2009). Desarrollo de habilidades a través de un programa de intervención. 9 ° Congreso Internacional de la Universidad Retos y expectativas. México.

Beltrán Catillo, M. J. (Enero-Junio de 2010). Una cuestión socio científica motivante para pensamiento crítico. *Zona Próxima: Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte.*, 12, 144-157.

Cervantes Ortiz, A. d. (S/A). Diagnóstico de 27 habilidades intelectuales de los alumnos de primer y Tercer semestre de la Escuela Normal superior Veracruzano Dr. Manuel Suárez Trujillo. X congreso nacional de investigación educativa., 1-17.

Coordinación de Evaluación y Desarrollo Docente. (2013). Universidad de la frontera Dirección Académica de Pregrado. Obtenido de Universidad de la frontera Dirección Académica de Pregrado:
http://pregrado.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=626&Itemid=.

Delgado Rodríguez, X., Andrade Escobar, A., Juárez Romero, M. I., García Sedano, F., Padilla Ramos, L. M. y Vargas Vázquez, L. (2010). Manual de instrumentos para facilitar la planeación del aprendizaje. Centro de enseñanza técnica superior.

Díaz Barriga, F. (2005). Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida. México: McGraw Hill.

Díaz Barriga, F. (2001). Habilidades del pensamiento crítico sobre contenidos históricos en alumnos de Bachillerato. *Revista mexicana de investigación educativa*, 6(113), 525-554.

Domingo Roget, À. (s.f.).

Facione, P. A. (2007). Pensamiento Crítico ¿Qué es y porqué es importante? Recuperado el 19 de Febrero de 2013, de Eduteka: <http://www.eduteka.org/pdfdir/PensamientoCriticoFacione.pdf>

Fernández, O. (2006). Teoría compleja del pensamiento biológico aproximación desde el nicho biosemiótico. *Episteme* (8-9), 1-28. Obtenido de <http://www.uvmnet.edu/investigacion/episteme/numero8y9-06/>

Gilar Corbi, R. (2003). Adquisición de habilidades cognitivas. Factores en el desarrollo inicial de la competencia experta. Tesis Doctoral, 577. Alicante, España: Universidad de Alicante. Obtenido de <http://www.cervantesvirtual.com/obra/adquisicion-de-habilidades-cognitivas-factores-en-el-desarrollo-inicial-de-la-competencia-experta--0/>

González, G., & Castro Solano, A. y. (2008). Perfiles aptitudinales, estilos de pensamiento y rendimiento académico. *Anuies Investigación.*, 15, 00.

Gutiérrez, R. (1987). Psicología y aprendizaje de las ciencias el modelo de Ausubel. *Enseñanza de las ciencias*, 5(2), 118-128.

Herrera Clavero, F. (S/A). Habilidades cognitivas. Obtenido de CEUTA: <http://www.cprceuta.es/Asesorias/FP/Archivos/FP%20Didactica/HABILIDADES%20COGNITIVA S.pdf>.

Herrera San Martín, E. S. (2012). La uve de Gowin como instrumento de aprendizaje y evaluación de habilidades de indagación en la unidad de fuerza y movimiento. *Paradigma*, XXXIII (2), 101-125.

Nieto, A. M. y Sauz, C. y. (2009). Análisis de la propiedad psicométrica de la versión en español del HCTAES-Test de Halpern para la evaluación del pensamiento crítico mediante situaciones cotidianas. *Revista electrónica de Metodología Aplicada*, 14(1).

Parra Chacon, E., & D., L. d. (2003). Didáctica para el desarrollo del pensamiento en estudiantes Universitarios,. Educación Media Superior., 17(2), 00.

Pasmanik V., D. y Cerón F., R. (2005). Las Prácticas Pedagógicas En El Aula Como Punto DE Partida Para El Análisis Del Proceso Enseñanza-Aprendizaje: Un Estudio De Caso En La Asignatura De Química. Estudios Pedagógicos., 31(2), 71-87.

Paul, R. y Elder, L. (2005). Una guía para los educadores en los estándares de competencia para el pensamiento crítico. Fundación para el pensamiento crítico. Obtenido de http://www.criticalthinking.org/resources/PDF/SP-Comp_Standards.pdf

Ramos Bañobre, J. y Rodríguez Legrá, D. ((S/A)). Formación y desarrollo de habilidades intelectuales en la asimilación de los conceptos de los alumnos en la Escuela Media: un ejemplo para comparar las magnitudes físicas. Revista electrónica Educación y Sociedad., 1-13.

Solano, F., Tobaja, L. y Monfrot, P. (2013). Propuesta de una herramienta didáctica basada en la Uve de Gowin para la resolución de problemas de física. Revista Brasileira de Ensino de Física., 35(2).

Torres Merchán, N. Y. y Beltrán Castillo, M. J. (2011). Desarrollo de habilidades cognitivas a través de un programa de intervención en Química. Curriculum (24), 117-140. Obtenido de <http://revistaq.webs.ull.es/ANTERIORES/numero24/torres.pdf>

Anexos

Tabla 1. Tabulación de la primer parte del instrumento piloto (Evaluación de las habilidades verbales y de argumentos en base en el modelo de la escala de Likert que posteriormente se reajusto)

No.	Ítem	Alto	Bajo	Sin respuesta
1	Normalmente leo las instrucciones dos veces antes de iniciar una tarea.	40	8	0
2	Leer los materiales antes del examen es una actividad que confunde y limita la comprensión.	16	31	1
3	El uso de mapas mentales, diagramas y síntesis suelen ser recursos útiles para estudiar.	35	12	1
4	El hecho de que las moscas de la fruta posean el 61% de sus genes de enfermedades idéntico al de los humanos, habla de un ancestro común en la escala evolutiva.	18	30	0
5	Los cambios que favorecen las alteraciones en la forma de trabajar de ciertos órganos hablan de adaptaciones tipo fisiológica.	23	24	1
6	Las mutaciones son alteraciones que llevan a las especies sobrevivir, debido a que son heredables.	19	29	0
7	El que una célula, al igual que una computadora pierda la información de su disco duro genera caos en ella.	33	15	0
8	El sexo de un bebé humano es determinado por el cromosoma 23 contenido en el espermatozoide.	31	15	2
9	Para que sea considerada la reproducción como sexual, debe forzosamente existir combinación de material genético, más no siempre copula entre el macho y hembra	24	24	0
10	Es probable que Síndrome de Down se presente como una alteración de Profase I de Meiosis I	23	25	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico 1. Identificación de habilidad lectora y de inferencia. Las preguntas uno a la tres son para identificar si existen hábitos de comprensión lectora, en apariencia todos la realizan. Los otros siete enunciados restantes permiten ver las preferencias por estrategias de aprendizaje superficial (bajo) o profundo (alto), las cuales se combinan con la habilidad verbal y están muy relacionadas con la comprensión lectora.



Fuente: Elaboración propia.

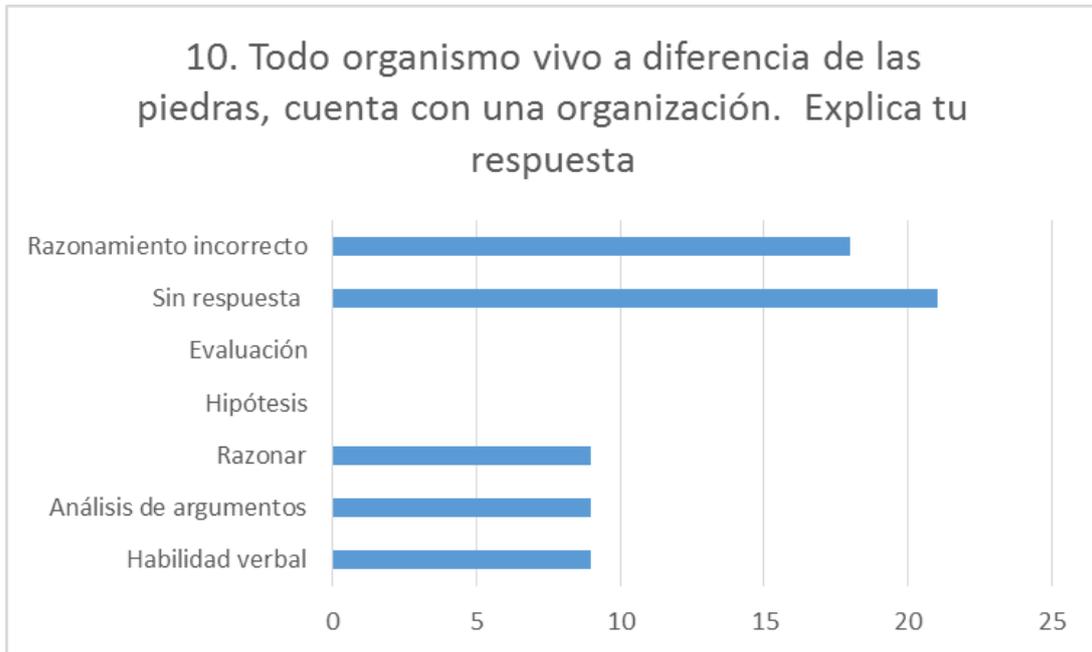
Tabla 2. A partir de la segunda parte del instrumento se hicieron observaciones en relación al tipo de pregunta que respondió el joven. Además de identificar el tipo de habilidad que utilizó para resolverla.

	Habilidad verbal	Análisis de argumentos	Razonar	Hipótesis	Evaluación	Sin respuesta	Razonamiento incorrecto
1. La Salmonela engaña al sistema inmune del organismo parasitado al cambiar la estructura de su flagelo después de algunas generaciones. Esta característica permite a la bacteria reproducirse sin ser detectada por el sistema inmunológico, proporcionando una ventaja. ¿Cómo pudo desarrollarse esta característica?	5	3	5	4		29	
2. Los amantes del peligro se vuelven adictos a este, debido a que disfrutan la sensación de riesgo. Como interviene el sistema endocrino en este fenómeno	21	7	15	5		27	
3. Las mediciones siguientes 120/80; 139/70; 110/80, 100/90; 109/70, son presiones arteriales ¿Cómo consideras estos valores? 4. ¿Cuál es la razón de tu respuesta anterior?	13	10	10		17	31	

	Habilidad verbal	Análisis de argumentos	Razonar	Hipótesis	Evaluación	Sin respuesta	Razonamiento incorrecto
5. El corazón de un colibrí late a una velocidad de 500 latidos/min en estado de reposo. ¿Comparado con un humano cómo debe ser el gasto energético? Explica tu respuesta	13	16	15	2		30	3
6. El balance hídrico también está condicionado por el agua y el lugar donde se desarrolle el individuo. Explica tu respuesta	7	7	7		13	4	37
7. ¿Existe una relación directa entre consumo de energía y temperatura corporal en los seres vivos? Explica tu respuesta	7	7	7		19	8	33
8. Mientras más energía extra se acumule en un organismo, mayor será el grado de actividad de este. Explica tu respuesta			16			5	27
9. La gasolina es a los vehículos de motor como lo son para los humanos_____:			17			3	28
10. Todo organismo vivo a diferencia de las piedras, cuenta con una organización. Explica tu respuesta	9	9	9			21	18

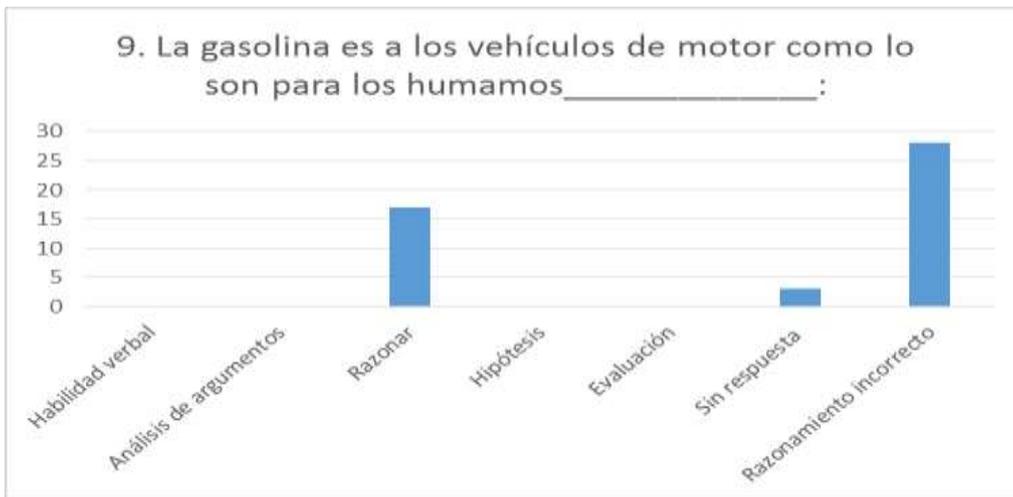
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Desarrollo de habilidades del pensamiento, la falta de argumento evidencia el poco sentido para hacer inferencias.



Fuente: Elaboración propia.

Grafico 3. Demuestra que el razonamiento incorrecto es muy alto y tampoco hay acciones de deducción.



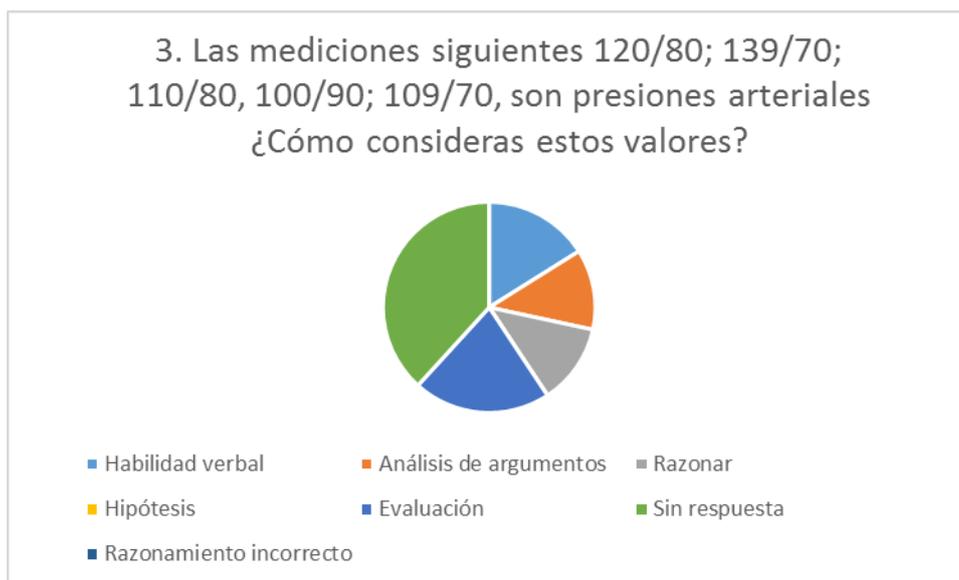
Fuente: Elaboración propia.

Grafico 4. es una pregunta en la cual se evalúa la habilidad de hacer correlaciones y construir argumentos sólidos, pero se puede apreciar que solo algunos de los jóvenes presentan estas habilidades.



Fuente: Elaboración propia.

Grafico 5. Aplicación de conceptos para la deducción, evaluación de contenido y elaboración de argumentos son muy pobres.



Fuente: Elaboración propia.

5 PANORAMA GENERAL DEL CONTROL DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

Jiménez-Ochoa A. J.¹

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: mc140017@alumnos.upa.edu.mx

Aguilar Justo Marving Omar²

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: marving.aguilar@upa.edu.mx

Ramírez del Real Tania Aglaé³

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: tania.ramirez@upa.edu.mx

Resumen

En este trabajo se presenta un panorama general del control de los vehículos autónomos, como la primera parte de la investigación que se relaciona a la tesis de maestría: Modelado y control remoto de un vehículo autónomo guiado mediante un dispositivo móvil.

Palabras Clave: Autónomo, vehículo, modelo, control remoto, vehículo autónomo guiado, dispositivo móvil.

Abstract

In this work it is presented a general panorama of autonomous vehicles control, being the first approach of the research involved in the master's thesis: Model and Remote Control of an Autonomous Guided Vehicle throw and mobile device.

Keywords: autonomous, vehicle, model, remote control, autonomous guided vehicle, mobile device.

¹ Maestría en Ingeniería de las Ciencias

² Dirección de Mecatrónica

³ Profesora Investigador

1 INTRODUCCIÓN

En la Universidad Politécnica de Aguascalientes se tiene como proyecto el desarrollo de un vehículo autónomo móvil, el cual necesitará tener un control y supervisión remota para poder hacer uso del mismo. Es entonces que se da esta oportunidad de dar una primera aproximación al conocimiento de las variables involucradas en el desarrollo de este vehículo, en términos de su control y supervisión remota, siendo el objetivo principal del estudio el modelar y controlar un vehículo autónomo terrestre mediante un dispositivo móvil inteligente, que aquí es introducido.

El cumplimiento de dicho objetivo se dará en base al cumplimiento de varias etapas, las cuales se pueden presentar como puntos u objetivos particulares a cumplir, los cuales son:

- Comprender el funcionamiento de un dispositivo móvil inteligente para monitoreo y control de variables.
- Desarrollar un programa en LabVIEW que logre comunicación vía red con dispositivo móvil inteligente.
- Modelar el vehículo autónomo o en su defecto el motor con carga.
- Analizar y decidir qué variable se controlará.
- Analizar y decidir qué técnica de control utilizar de acuerdo al sistema.

Entonces como justificación para la realización de este trabajo, se establece que es posible modelar y crear un controlador adecuado para operar el vehículo autónomo móvil, diseñado y fabricado en la Universidad Politécnica de Aguascalientes, donde la referencia de la posición deseada así como su velocidad y el monitoreo de variables será posible gracias al uso de un dispositivo móvil inteligente.

El resto del documento se estructura de la siguiente manera; en la sección 2 se da el planteamiento del problema a estudiar, se presenta el contexto y los temas que se ven envueltos en el mismo. En la sección 3 se presenta la fundamentación teórica que se ha buscado dentro de la información hasta ahora revisada. En la sección 4 se presentan los resultados obtenidos hasta el momento. En la sección 5 se presentan algunas conclusiones generales y al final se muestran las referencias utilizadas.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A ESTUDIAR

2.1 Vehículos autónomos

Los vehículos autónomos han tenido una amplia difusión en su uso en ambientes donde el humano tiene dificultades para operarlos. Un claro ejemplo de estas dificultades se presenta a partir de marzo de 2011, cuando una serie de explosiones convirtieron a la planta de energía nuclear de Fukushima en una ruina radioactiva. Siendo aquí donde los vehículos autónomos han tomado las riendas de trabajos de exploración y limpieza. Ejemplo de estas aplicaciones se presentan en las figuras 1-5.

Figura 1. En zona de riesgo.

Figura 2. Una pieza a la vez.



Fuente: Strickland E. (2014).

Figura 3. Para limpiar el piso.



Fuente: Strickland E. (2014).

Figura 4. Equipos con brazos.



Fuente: Strickland E. (2014).

Figura 5. Equipados para todo.



Fuente: Strickland E. (2014).

Figura 6. Grandes y resistentes.



Fuente: Strickland E. (2014).



Fuente: Strickland E. (2014).

2.2 Control Lateral y Longitudinal

Para el manejo de un vehículo móvil, los principales problemas a resolver son el control lateral y el control longitudinal, y para hacer posible el control es necesario modelar la dinámica del sistema.

El control lateral hace referencia al manejo de un vehículo automático para que siga una referencia (Ho, 2012). Ejemplos de dispositivos en los que se aplica este tipo de control son:

- Seguidores de línea (figuras 7 y 8)
- AGV (Vehículos Guiados Automáticamente) seguidores de línea magnética
- Detección de marcas o distancias.

Figura 7. Prueba experimental en seguimiento de una curva



Fuente: Ho (2012)

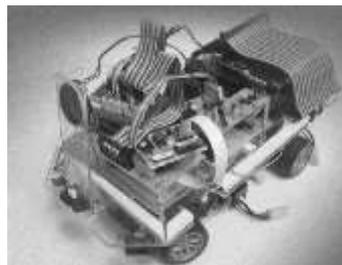


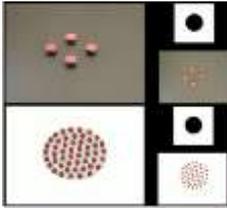
Figura 8. Prototipo del vehículo autónomo

Fuente: Ho (2012)

El control longitudinal hace referencia a la regulación de la velocidad de un vehículo para mantener un espaciado adecuado entre vehículos (Ho, 2012). Ejemplos de dispositivos en los que se aplica este tipo de control son:

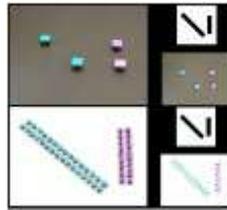
- Control de múltiples vehículos (figuras 9-12)
- Búsqueda y rescate
- Organización y recreación

Figura 9. Formación circular con 4 y 50 dispositivos



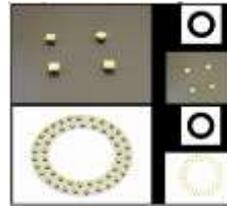
Fuente: Mora (2014)

Figura 10. Formación a 2 líneas con 4 y 50 dispositivos



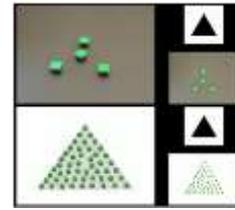
Fuente: Mora (2014)

Figura 11. Formación de anillo con 4 y 50 dispositivos



Fuente: Mora (2014)

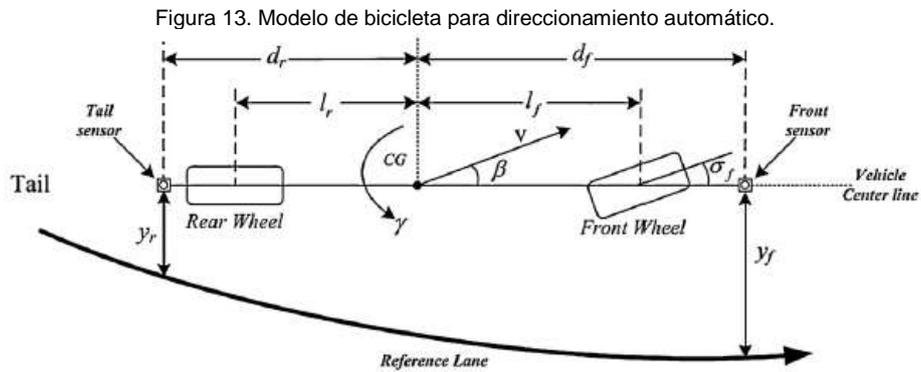
Figura 12. Formación triangular con 4 y 50 dispositivos



Fuente: Mora (2014)

2.3 Modelo de la dinámica del Sistema

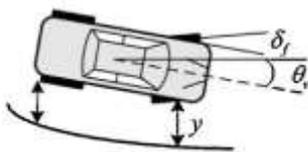
Un modelo representa la dinámica del desplazamiento con respecto a una referencia, muestra su espacio de estados y como son definidos cada uno de sus parámetros (Ho, 2012). Un ejemplo de modelo es el modelo de bicicleta (figura 13).



Fuente: Ho (2012)

Más ejemplos del modelado de la dinámica de un sistema, se presentan en las figuras 14, 15, 16 y 17.

Figura 14. Dinámica lateral del vehículo



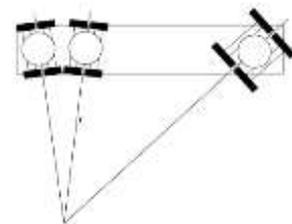
Fuente: Ho (2012)

Figura 15. El AGV (Vehículo Guiado Autónomo)



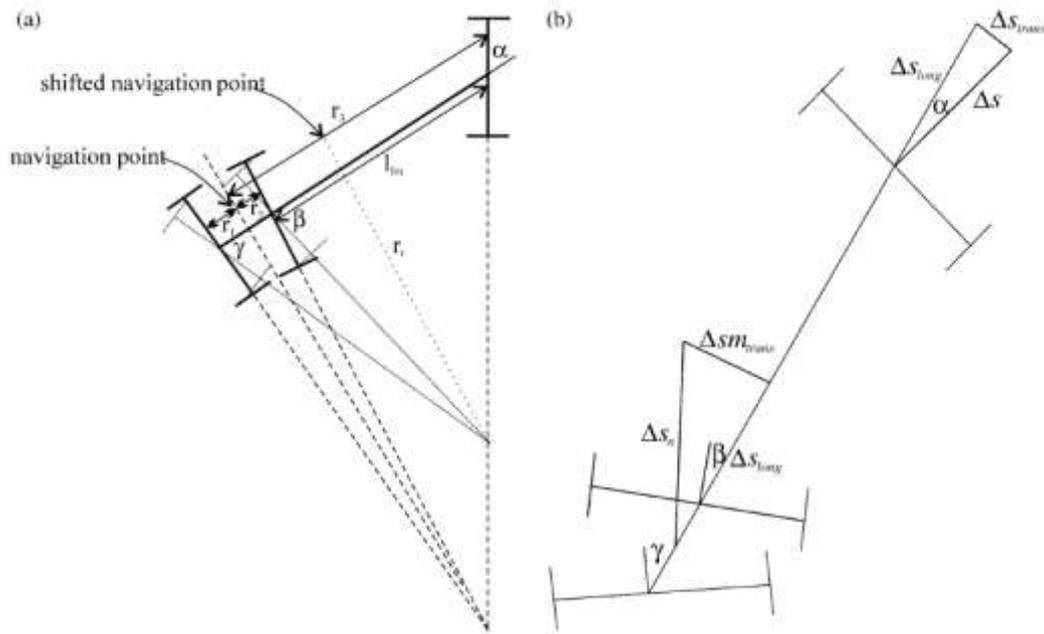
Fuente: Makela (2001)

Figura 16. Vista superior de la estructura del AGV



Fuente: Makela (2001)

Figura 17. a) Simplificación Cinemática, b) cálculo del movimiento lateral del AGV



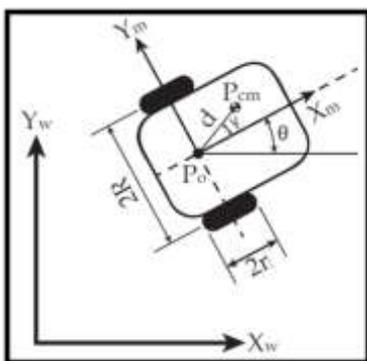
Fuente: Makela (2001)

2.4 Vehículo autónomo (robot móvil), control y supervisión remota con dispositivo móvil inteligente.

En esta propuesta de tesis se persigue el accionamiento de un vehículo autónomo (robot móvil), haciendo uso de un control y supervisión remota mediante un dispositivo móvil inteligente.

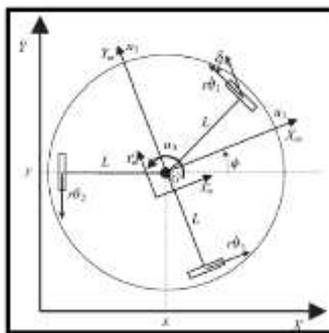
Vehículo autónomo (robot móvil) (figuras 18, 19 y 20)

Figura 18. Robot móvil diferencial



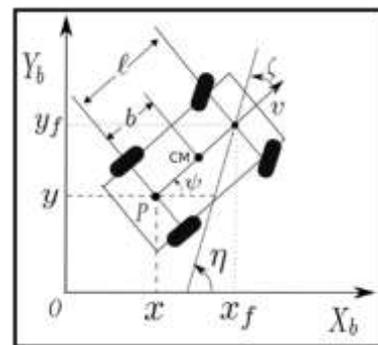
Fuente: Álvarez-Gallegos (2014)

Figura 19. Robot móvil omnidireccional



Fuente: Delgado-Báez (2014) y Velasco-Villa (2014)

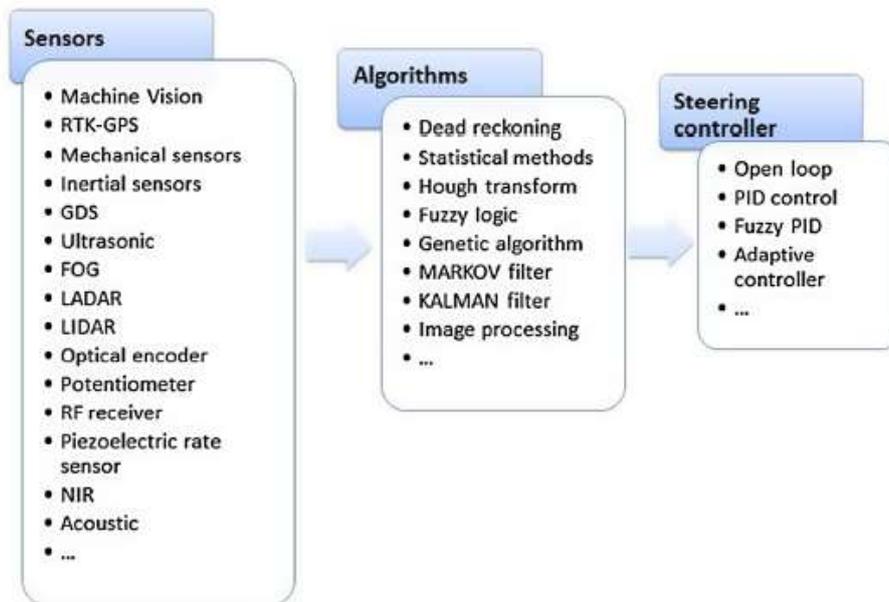
Figura 20. Robot móvil tipo coche



Fuente: Reyes-Báez (2014)

Control. Un diagrama básico de diferentes sensores, algoritmos y controles de dirección comúnmente aplicados a vehículos autónomos, se presente en la figura 21.

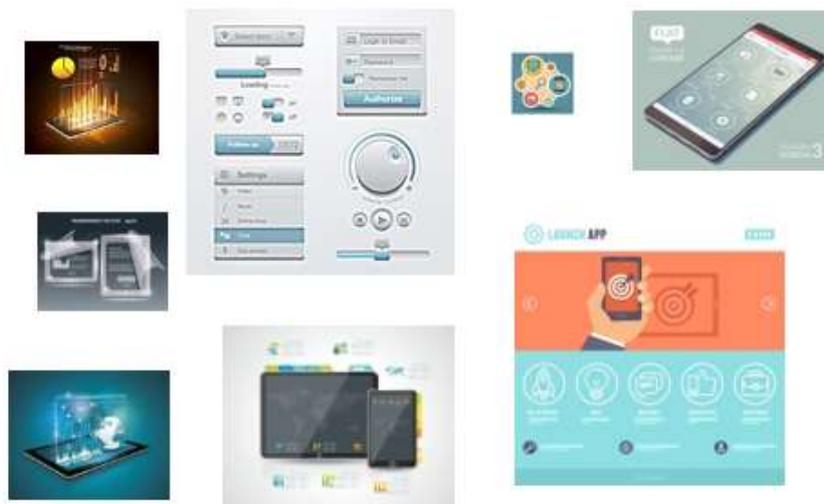
Figura 21. Diagrama de control básico de vehículos autónomos



Fuente: Mousazadeh (2013)

En la figura 22, se presentan algunos ejemplos de dispositivos móviles inteligentes los cuales permitirán la supervisión de una manera remota.

Figura 22. Ejemplos de supervisión remota mediante dispositivos móviles inteligentes



Fuente: <http://www.ingimage.com/> (2014)

Supervisión remota mediante un dispositivo móvil inteligente

- Smartphone (teléfono inteligente)
- Tablet
- Laptop
- Notebook

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Siguiendo los dos primeros objetivos particulares establecidos, es necesario el comprender el funcionamiento de un dispositivo móvil inteligente para monitoreo y control de variables, así como desarrollar un programa en LabVIEW que logre comunicación vía red con dispositivo móvil inteligente.

Tal y como se establece en el objetivo, se va a utilizar el software NI LabVIEW (figura 23) el cual es el entorno de desarrollo gráfico para resolver problemas de medidas y de control. A la par de LabVIEW se utilizan las librerías de LabVIEW que son RCF (Remote Control Framework) y SCCT (Smartphone & Cross-platform communication Toolkit) desarrolladas por la compañía T4SM (Tools For Smart Minds) (figura 24).

Figura 23. Software LabVIEW.



Fuente: LabView (2014)

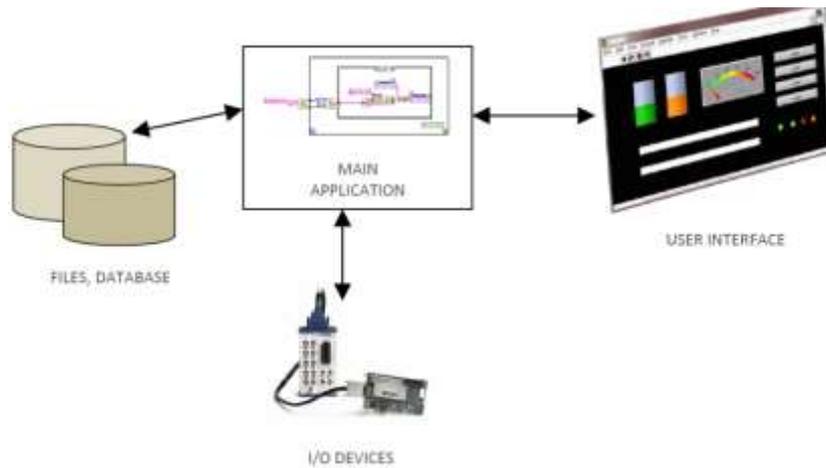
Figura 24. Software RCF y SCCT de la compañía T4SM



Fuente: T4SM (2014)

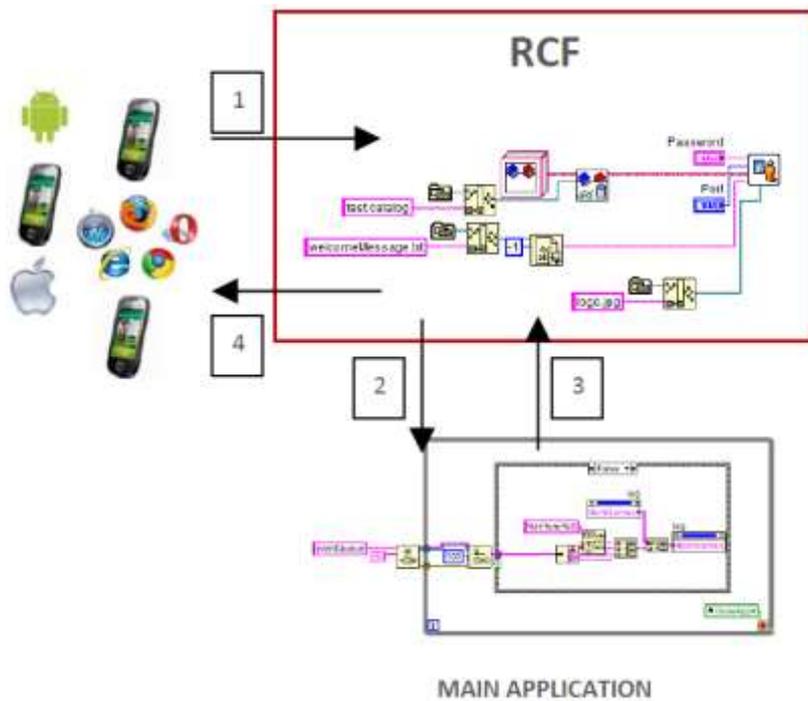
El uso de este software permite la intercomunicación de las capas de control, los dispositivos físicos de adquisición de señales (DAQ o sensores), así como la interface del usuario, ya que realiza la gestión total de la comunicación entre las diferentes partes del sistema (figuras 25 y 26).

Figura 25. Aplicación genérica de LabVIEW



Fuente: T4SM (2014)

Figura 26. Interacción con usuarios y la aplicación genérica de LabVIEW



Fuente: T4SM (2014)

Dentro de la parte de modelado de sistemas, hasta este periodo se estuvieron realizando ejercicios, ya que no es una materia que se impartiera de manera normal en la carga de Ingeniería en Electrónica. Dentro de los diferentes modelos revisados, se encuentran los siguientes:

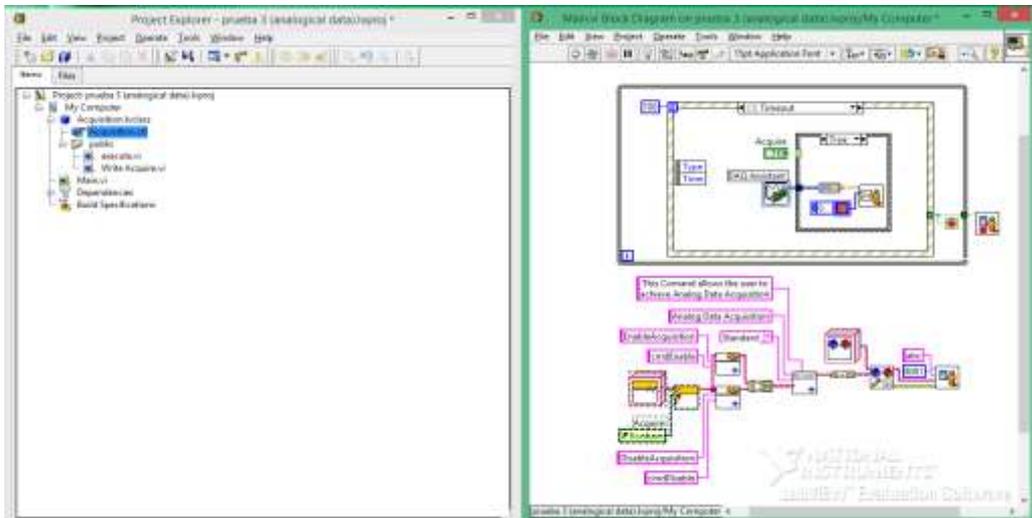
- Circuitos eléctricos.
- Sistemas mecánicos y mecánicos transnacionales.
- Sistemas mecánicos rotacionales y rotacionales con carga.

4 RESULTADOS

Dentro de los resultados que se han logrado hasta el momento basado en los objetivos establecidos, se encuentra:

Interface básica de comunicación entre LabVIEW y el Smartphone para el envío de una señal analógica y una serie de parámetros digitales y creación de manuales (figuras 27 y 28). Sin tratarse de resultados personales, pero sí de gran relevancia, alumnos del 9no cuatrimestre de Ingeniería en Mecatrónica ya lograron esta comunicación y su implementación exitosa en la configuración de los parámetros necesarios para el control difuso de un sistema de flujo mediante.

Figura 27. a) Archivos de proyecto (izquierda), b) diagrama de bloques de programa para transmitir señales analógicas al Smartphone (derecha).



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Panel frontal de LabVIEW de programa para transmitir señales analógicas al Smartphone



Fuente: Elaboración propia

5 TRABAJOS FUTUROS

Además de formalizar aún más esta base del estado del arte de vehículos autónomos y reforzar el conocimiento de las interfaces entre el dispositivo físico (figura 34), el control y la configuración de variables remotas, se tiene aún que cumplir con varios de los puntos faltantes establecidos dentro de los objetivos particulares.

- Modelar el vehículo autónomo o en su defecto el motor con carga.
- Analizar y decidir qué variable se controlará.
- Analizar y decidir qué técnica de control utilizar de acuerdo al sistema.

6 CONCLUSIONES

- Dentro de lo que se ha conseguido hasta el momento se puede resumir de manera muy concreta en los siguientes puntos.
- Monitoreo y control de variables. Aun se tiene mucho campo de exploración y de trabajo.
- Comunicación con dispositivo móvil. Se han tenido problemas con el software de prueba pero ya se está cotizando el software para su compra.
- Modelo de vehículo autónomo o motor con carga. Aun no se tiene bien definido qué tipo de vehículo se va a analizar o que motor se piensa implementar, así que continúa como proyecto futuro.
- Técnica de control a utilizar. Se han estudiado en pregrado control mediante redes neuronales, control inteligente, lógica difusa, control digital y control análogo, pero es aún un poco prematuro el delimitar la aplicación de uno, sin que se tenga el modelo del vehículo.

REFERENCIAS

Alonso Mora, J. B. (s.f.). Multi-robot System for Artistic Pattern Formation. Obtenido de Autonomous systems Laboratory, ETH Zurich Disney Research Zurich: www.asl.ethz.ch

Álvarez-Gallegos, J. C.-L.-S. (2014). Modelado Dinámico y Control de un Robot Móvil con Distribución de Masa No Uniforme. Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático, CLCA 2014, (págs. 457-462). Cancún, Quintana Roo, México.

Delgado-Báez, J. A.-L.-V. (2014). Formación de Robots Móviles Omnidireccionales Considerando su Modelo Dinámico. Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático, CLCA 2014, (págs. 600-605). Cancún, Quintana Roo, México.

Ho, M. C. (2012). A novel fused neural network controller for lateral control of autonomous vehicles. *Applied Soft Computing*, 3514-3525.

Makela, H. V. (2001). Development of a navigation and control system for an autonomous outdoor vehicle in a steel plant. *Control Engineering Practice*, 573-583.

Mousazadeh, H. (2013). A technical review on navigation systems of agricultural autonomous off-road vehicles. *Journal of terramechanics*, 211-232.

Ogata, K. (1998). Análisis de la respuesta transitoria. En K. Ogata, *Ingeniería de Control Moderna* (pág. 143). Minnesota: Prentice Hall, Pearson.

Reyes-Báez, R. E.-S.-V.-M.-C. (2014). Robust Linear Velocity Control of a Car-Like Mobile Robot for Outdoor Applications. Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático, CLCA 2014, (págs. 624-629). Cancún, Quintana Roo, México.

Strickland, E. (28 de Febrero de 2014). Meet the Robots of Fukushima Daiichi. Obtenido de IEEE Spectrum: <http://spectrum.ieee.org/slideshow/robotics/industrial-robots/meet-the-robots-of-fukushima-daiichi>

T4SM. (2014). T4SM. Obtenido de RCF User Manual: http://www.toolsforsmartminds.com/products/remote_control_for_labview.php

Velasco-Villa, M. M.-G.-S.-C.-R. (2014). Esquema Predictor-Observador para el Control de un Robot Móvil Omnidireccional con Retardos de Tiempo. Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático, CLCA 2014, (págs. 78-83). Cancún, Quintana Roo, México.

6 PROPUESTA DE METODOLOGÍA HÍBRIDA PARA EL DESARROLLO DE SITIOS DE COMERCIO ELECTRÓNICO: CASO “VENTA DE AUTOS USADOS”

Jiménez Sandra¹

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: mc140003@alumnos.upa.edu.mx

Padilla Teresa²

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: mc140007@alumnos.upa.edu.mx

Mendoza Ricardo³

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: ricardo.mendoza@upa.edu.mx

Noriega Daniel⁴

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: mc140006@alumnos.upa.edu.mx

Resumen

El proceso de desarrollo de software es una tarea que requiere esfuerzo, dedicación, organización y disciplina. Hoy en día, los desarrolladores cuentan con numerosas opciones de metodologías, cuya elección depende de variables como recursos disponibles, tipo, magnitud de proyecto y principalmente el si se ajusta a los objetivos generales de desarrollo. Una de las áreas con mayor crecimiento en los últimos años ha sido la del desarrollo de Sitios de comercio electrónico, ya que los beneficios reales tanto para empresas como para los clientes se producen cuando las primeras son capaces de integrar por completo sus procesos de negocios a Internet como un nuevo canal a través del cual se pueda obtener y compartir información sobre el cliente. En el presente documento se propone una metodología híbrida para el desarrollo de Sitios de comercio electrónico que surge como resultado del análisis y fusión de las metodologías actuales y que se implementa para el desarrollo de un Sitio de venta de autos usados.

Palabras Clave: Metodología de desarrollo de software, Metodología híbrida, Comercio electrónico, Procesos de software, Bases de datos.

Abstract

The software development process is a task that requires effort, dedication, organization and discipline. Today, developers have many choices of methodologies, the choice depends on variables such as available resources, type, size of project and mainly if it fits the overall development objectives. One of the fastest growing areas in recent years has been the development of e-commerce sites, as actual benefits for both companies and customers occur when the former are able to fully integrate their business processes Internet as a new channel through which you can access and share customer information. In this paper a hybrid methodology for the development of e-commerce sites is the result of the analysis and merging existing methodologies and implemented for the development of a site selling used cars is proposed.

Keywords: Software development methodology, Hybrid methodology, E-commerce, Software processes, Databases.

¹ Maestría en Ingeniería de las Ciencias

² Maestría en Ingeniería de las Ciencias

³ Profesor Investigador

⁴ Maestría en Ingeniería de las Ciencias

1 INTRODUCCIÓN

Una metodología es un marco que se utiliza para estructurar, planificar y controlar el proceso de desarrollo de un sistema de información que involucra herramientas, modelos y métodos para asistir al proceso de desarrollo de software (Pressman, 1997). La presente investigación propone una metodología híbrida que se ajuste a los requerimientos generales de desarrollo de Sitios de comercio electrónico, ya que a pesar de que existen propuestas tradicionales que se centran especialmente en el control del proceso (estableciendo rigurosamente las actividades involucradas, los artefactos que se deben producir y las notaciones que se usarán) y que se ajustan bien a un gran número de proyectos, también han presentado problemas en otros. Por otro lado están las metodologías ágiles que llegaron para revolucionar la manera de producir software ya que dan mayor valor al individuo, a la colaboración con el cliente y al desarrollo incremental del software con iteraciones muy cortas, ideal para proyectos con requisitos muy cambiantes en un corto periodo de tiempo y manteniendo una alta calidad (Leterier & Penadés, 2006). Es así como el tema de modelos para el mejoramiento de los procesos de desarrollo ocupa un lugar importante en la búsqueda de la metodología adecuada para producir software de calidad en cualquier contexto de desarrollo. Sin embargo, lo anterior pretende algo utópico tomando en cuenta la amplia variedad de necesidades de los clientes.

El comercio electrónico es un área en constante crecimiento que se divide en dos grandes líneas, el comercio empresa a consumidor final (E-a-C) denominado comercio minorista o Business-to-Consumer (B-to-C o B2C), y el comercio inter-empresas (E-A-E), denominado comercio empresa a empresa o Business-to-Business (B-to-B o B2B), aunque también se puede distinguir el B2E (comercio de empresa a empleados). La metodología propuesta se enfoca en la primera línea mencionada (B2C) y se inspira en los modelos de desarrollo en cascada, incremental, espiral, prototipos y programación extrema tomando en cuenta las etapas básicas en todo desarrollo y la discriminación de las etapas que no agregan valor a un proyecto de esa naturaleza. A fin de evaluar la viabilidad en la implementación, se desarrolló un proyecto para una agencia de venta de autos usados siguiendo la metodología propuesta y se documentaron las ventajas, desventajas y la evaluación de los resultados esperados contra los resultados reales.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de la literatura no se marca una metodología de desarrollo de software genérica y exclusiva para proyectos de comercio electrónico minorista, mismos que van a la alza debido a

la necesidad actual de un seguimiento de 360° con el cliente. Por esa razón, los equipos de desarrollo de software tienen que evaluar constantemente qué metodología se ajusta a sus necesidades o utilizar la misma para todos los tipos de proyectos, lo cual desencadena problemas respecto a tiempo, organización y calidad de desarrollo.

2.1 Antecedentes

El objetivo de utilizar una metodología para desarrollo de software es que ésta pueda proveer un conjunto de prácticas y herramientas que faciliten el proceso de desarrollo, ofreciendo un producto de alta calidad, seguro y que satisfaga las expectativas del cliente. Actualmente existen muchas metodologías, las cuales se pueden dividir en dos tipos principales: Ágiles y Tradicionales. Sin embargo las Metodologías Híbridas están marcando la nueva tendencia en el área de Ingeniería de Software, al considerar algunas de las mejores características de ambas metodologías. Esta propuesta es atribuida a Ivar Jacobson, uno de los tres creadores de UML (Unified Modeling Language), UP (Unified Process, Proceso Unificado), y ahora creador de EssUP (Essential Unified Process), metodología híbrida que combina RUP con Scrum (Jiménez & Orantes, 2012).

2.2 Justificación

En México, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), existen alrededor de 4.5 millones de unidades empresariales en todo el país, de las cuales el 99.8% son Pymes, las cuales generan el 52% del Producto Interno Bruto (PIB) del país y alrededor del 72% del empleo nacional (Gutiérrez, 2012). Por tanto, los clientes potenciales en materia de comercio electrónico son los suficientes para considerar como necesidad el diseño de una metodología híbrida para que las empresas de desarrollo de software en México la puedan utilizar a fin de incrementar su productividad. De acuerdo con el estudio en (Jiménez & Orantes, 2012), el 50% o más de las empresas desarrolladoras de software tiene una inclinación hacia el uso de metodologías híbridas, lo cual indica que en términos generales, las metodologías tradicionales por sí solas están mostrando deficiencias en su uso.

2.3 Objetivos

Diseñar una metodología de desarrollo de software híbrida para Sitios de comercio electrónico que ayude a resolver los Problemas respecto a tiempo, organización y calidad de desarrollo.

- Analizar las etapas en común de las metodologías de desarrollo tradicionales y metodologías de desarrollo ágiles.
- Definir ventajas y desventajas de las etapas no comunes de las metodologías de desarrollo analizadas.
- Construir el modelo de desarrollo de acuerdo a etapas con impacto en los proyectos de comercio electrónico.

2.4 Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las etapas en común de las metodologías de desarrollo de software existentes?
- ¿Cuáles son las etapas mínimas necesarias para construir una metodología de desarrollo de software híbrida para Sitios de comercio electrónico?

2.5 Hipótesis

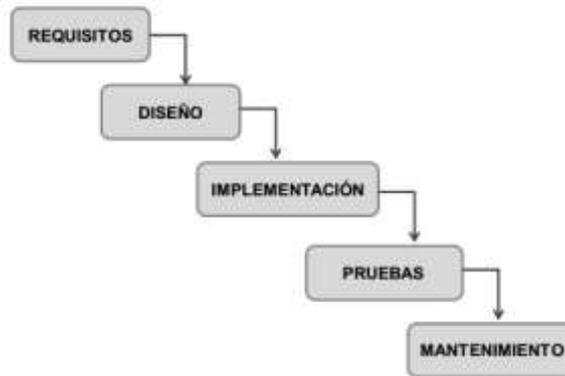
- ¿La metodología de desarrollo de software híbrida propuesta facilita el proceso de desarrollo de un Sitio de comercio electrónico?
- ¿El escenario utilizado como caso de estudios produce hallazgos para sustentar la metodología?

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Modelo en cascada.

Es el enfoque metodológico que ordena rigurosamente las etapas del ciclo de vida del software, de forma que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la inmediatamente anterior. Sigue un orden secuencial, en el que el desarrollo se ve fluyendo hacia abajo (como una cascada) sobre las fases que componen el ciclo de vida. La primera descripción formal del modelo en cascada se cree que fue en un artículo publicado en 1970 por Winston W. Royce (INTECO, 2009).

Figura 1. Modelo de ciclo de vida en cascada.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Ventajas y desventajas de modelo en cascada.

Ventaja	Desventaja
Buena organización.	Se tarda mucho tiempo en pasar por todo el ciclo.
La calidad del producto resultante es alta.	Las iteraciones son costosas.
Sencilla planificación.	Es difícil incorporar nuevas cosas si se quiere actualizar.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Modelo de prototipos.

Surge cuando no se tienen detallados los requisitos, cómo se llevará a cabo el procesamiento, ni lo que se tendrá al finalizar del mismo. Inicia con la actividad de comunicación, continúa con la realización de un plan rápido y un modelado o diseño rápido, para luego construir el prototipo y desarrollarlo. Una vez listo se entrega al cliente para recibir retroalimentación que servirá para aclarar los requisitos o funcionalidades que debe poseer el sistema. Sirve para que los clientes vean el sistema real en poco tiempo y los desarrolladores construyan algo de inmediato. Puede ser efectivo si se definen las reglas desde un principio, para permitir al desarrollador y cliente ponerse de acuerdo en la construcción y se puedan definir los requisitos (Sommerville, 2005).

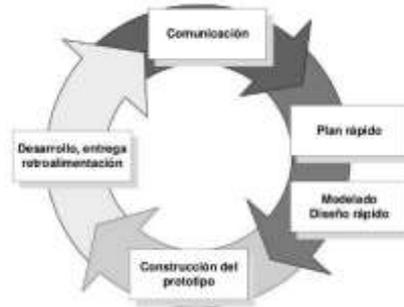
Tabla 2. Ventajas y desventajas del modelo de prototipos.

Ventajas	Desventajas
Es bueno para proyectos con poca especificación en sus etapas.	Posible sacrificio de la calidad en la construcción.
Permite comprender en mayor escala lo que se desea.	Dificultades en mantenimiento a largo plazo.

Permite al cliente ver el sistema real en poco tiempo.	Debido a la premura, no se podría encontrar el sistema operativo o lenguaje de programación adecuado.
--	---

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Modelo de ciclo de vida de prototipos.



Fuente: Elaboración propia

3.3 Modelo Incremental

Varios métodos son aceptables para la combinación lineal y metodologías de desarrollo de sistemas iterativos, con el objetivo principal de reducir el riesgo del proyecto inherente al romper un proyecto en segmentos más pequeños y proporcionar más facilidad de cambio durante el proceso de desarrollo. Los principios básicos son (E-Centro, 2014):

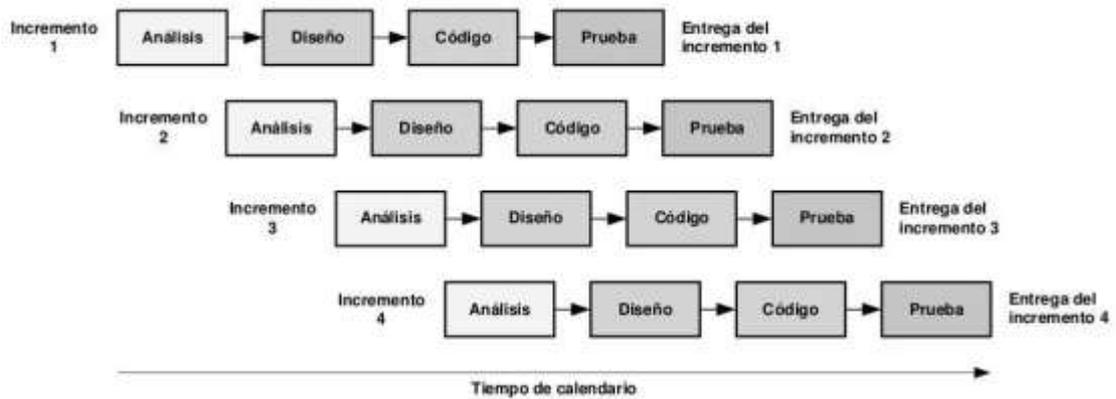
- Se llevan a cabo una serie de mini-Cascadas, donde se han completado todas las etapas de la cascada para una pequeña parte de un sistema, antes de proceder al siguiente incremento.
- Los requisitos generales se definen antes de proceder al desarrollo de mini-cascada evolutiva de incrementos individuales de un sistema.
- El concepto inicial de software, análisis de requerimientos, y el diseño de la arquitectura y el núcleo del sistema se definen a través de la cascada, seguido de prototipos, que culmina en la instalación del prototipo final, un sistema de trabajo iterativo.

Tabla 3. Ventajas y desventajas del modelo incremental.

Ventaja	Desventaja
Se reduce el tiempo de desarrollo inicial, ya que se implementa la funcionalidad parcial.	No es recomendable para casos de sistemas de tiempo real, de alto nivel de seguridad, de procesamiento distribuido y/o de alto índice de
Entrega temprana de partes operativas del software.	Requiere de mucha planeación, tanto administrativa como técnica.
Se reduce el riesgo en cada incremento.	Requiere de metas claras para conocer el estado del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Modelo de ciclo de vida incremental.



Fuente: Elaboración propia

3.4 Espiral

El modelo en espiral combina elementos de diseño y creación de prototipos en etapas, en un esfuerzo por combinar las ventajas de los conceptos de arriba hacia abajo y de abajo arriba. Se trata de un meta-modelo, un modelo que puede ser utilizado por otros modelos.

Los principios básicos según (E-Centro, 2014) son:

- El foco está en la evaluación de riesgos y en su minimización, rompiendo un proyecto en segmentos más pequeños para proporcionar más facilidad de cambio durante el proceso de desarrollo, así como la oportunidad de evaluar los riesgos y sopesar la consideración de la continuación del proyecto durante todo el ciclo de vida.
- Cada ciclo implica una progresión a través de la misma secuencia de pasos, para cada parte del producto y para cada uno de sus niveles de elaboración, a partir de un concepto general del documento de operación hacia abajo para la codificación de cada programa individual.
- Cada iteración atraviesa cuatro cuadrantes básicos: determinar los objetivos, alternativas y limitaciones de la iteración, evaluar alternativas, identificar y resolver riesgos, desarrollar y verificar las prestaciones de la iteración, y planificar la siguiente iteración.

Tabla 4. Ventajas y desventajas del modelo incremental.

Ventajas	Desventajas
Resolución temprana de riesgos, ideal para productos con nivel alto de inestabilidad de los requerimientos.	No aplicable a proyectos bajo contrato.

Definición de arquitectura en sus fases iniciales.	No recomendable en proyectos cortos y simples.
Basado en proceso continuo de verificación de la calidad.	Requiere experiencia en identificación de riesgos.

Fuente: Elaboración propia

3.5 Programación extrema

Es una de las metodologías de desarrollo de software utilizadas en la actualidad para proyectos de corto plazo, con un equipo de proyecto pequeño. Utiliza un enfoque orientado a objetivos, cuya particularidad es tener como parte del equipo al usuario final, pues es uno de los requisitos para llegar al éxito del proyecto. Se compone de 4 actividades del marco de trabajo: planeación, diseño, codificación y pruebas. Las características más relevantes extraídas de (Méndez, 2006) son:

- Re-fabricación: se basa en la utilización repetitiva de código, para lo cual se establecen patrones, permitiendo mayor flexibilidad al cambio.
- Programación en pares: consiste en que dos desarrolladores trabajen para un proyecto en la misma estación de trabajo.
- Pruebas: la fase de prueba se compone de dos tipos, las pruebas de unidad y las pruebas de aceptación.

Las pruebas de unidad se basan en las pruebas realizadas a los principales procesos y las pruebas de aceptación son realizadas por los clientes y se enfoca en las características generales del sistema de su parte visible y su funcionalidad como tal.

Tabla 5. Ventajas y desventajas del modelo de programación extrema.

Ventajas	Desventajas
Mejora la comunicación	Puede no siempre ser más fácil que el desarrollo tradicional.
Introduce eficiencias en planificación y pruebas.	Requiere un rígido ajuste a los principios del modelo.

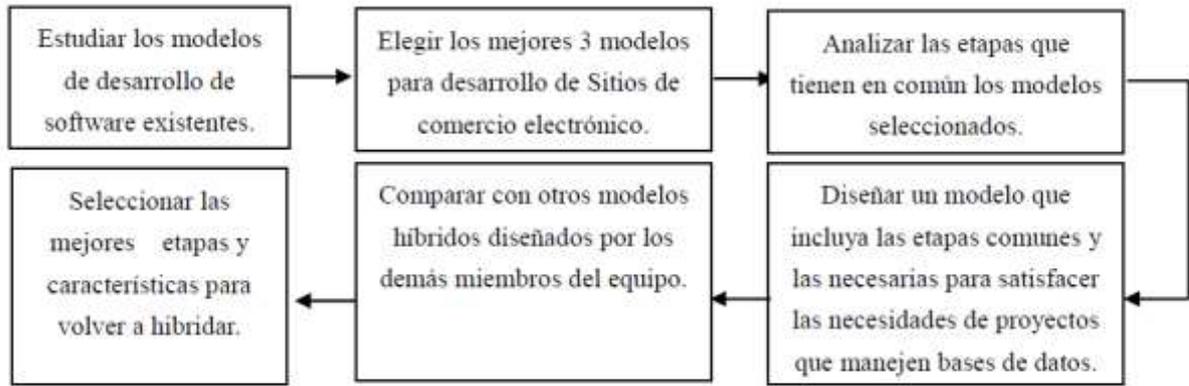
Fuente: Elaboración propia

4 MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar el sitio que sirvió para probar la metodología propuesta, se utilizó lo siguiente:

- Herramienta para diagramación y colaboración en tiempo real: Cacao.
- Framework para programación responsiva: Bootstrap. Que trabaja con:
 - o Lenguaje de etiquetas para la estructuración de las páginas del sitio web: HTML5.
 - o Lenguaje de hojas de estilos para dar formato a las páginas del sitio web: CSS3.
 - o Lenguaje de programación para creación de scripts con funciones y variables globales: JS.
- Lenguaje de programación para realizar consultas a la base de datos: PHP.
- Sistema de gestión de base de datos relacional: MySQL.
- Herramienta de administración de bases de datos en MySQL en entornos web: Phpmyadmin.
- Herramienta de administración de proyectos: Ganttproject.
- Herramienta de edición de imágenes: Photoshop.

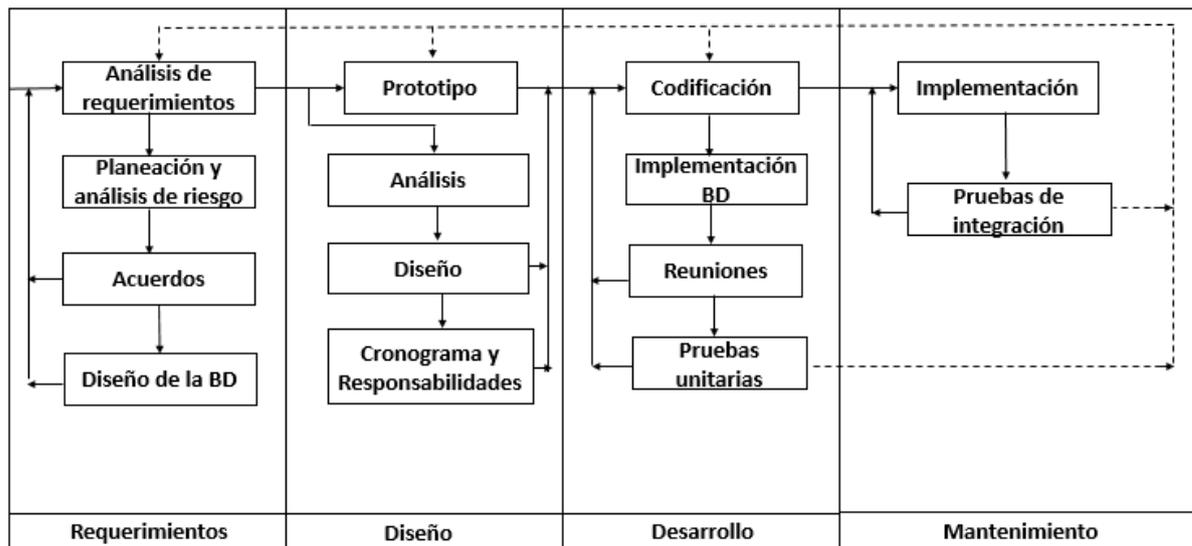
Y el método que se siguió para diseñar la nueva metodología fue el siguiente:



Fuente: Elaboración propia

5 RESULTADOS

Figura 4. Metodología de desarrollo de software híbrida para proyectos de comercio electrónico.



Fuente: Elaboración propia

El modelo se divide en cuatro fases: Requerimientos, Diseño, Desarrollo, Mantenimiento. Que a su vez se componen de etapas flexibles al tipo de cliente y el tiempo límite para el desarrollo. Esto, mediante la opción de ejecutar ciertas etapas dentro de un ciclo iterativo.

6 FASE DE REQUERIMIENTOS

6.1 Análisis de requerimientos

Los requerimientos son imprescindibles para que un proyecto tenga éxito ya que especifican qué es lo que el sistema debe hacer (sus funciones) y sus propiedades esenciales y deseables. Mediante esta etapa, se suministran al técnico y al cliente, los medios para valorar el cumplimiento de resultados, procedimientos y datos una vez que se haya construido, proporcionando las pautas a seguir a los diseñadores del sistema (Gómez, 2011). Las técnicas para obtención de los mismos incluyen entrevistas con el cliente, cuestionarios, estudio de documentación, lluvia de ideas, entre otros. Para el desarrollo de prueba se utilizó la técnica de lluvia de ideas para generar la propuesta al cliente y se documentó en el formato de la figura 5.

Figura 5. Formato para obtención de requerimientos.

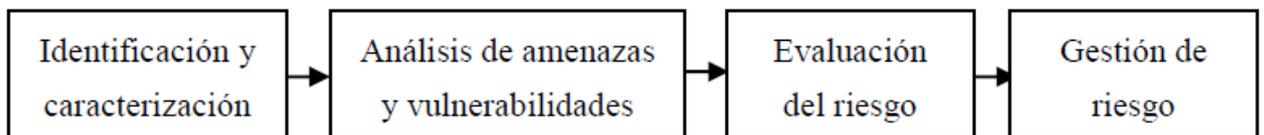
Nombre del requerimiento:	
Descripción:	
Actores:	
Precondiciones:	
FLUJO NORMAL	
Acción del Actor	Respuesta del sistema

Fuente: Elaboración propia

6.2 Análisis de riesgo

El análisis del riesgo es un método sistemático de recopilación, evaluación, registro y difusión de información necesaria para formular recomendaciones orientadas a la adopción de una posición o medidas en respuesta a un peligro determinado. Para el desarrollo de prueba se siguieron las etapas marcadas en la figura 6.

Figura 6. Proceso de análisis de riesgo



Fuente: Elaboración propia

6.3 Acuerdos

En base al análisis de requerimientos, el equipo de desarrollo y el cliente determinan las limitantes del proyecto, los costos y las fechas de entrega del mismo. Para lo anterior, por medio de una junta con todas las partes involucradas se pactaron y firmaron los acuerdos correspondientes a cambios o nuevas propuestas.

6.4 Planeación

El objetivo de la planificación del proyecto es proporcionar un marco de trabajo que permita al gestor de planificación hacer estimaciones razonables de recursos, costos y planificación temporal. Dichas estimaciones se hacen dentro de un marco de tiempo limitado al comienzo de un proyecto de software, y deberían actualizarse regularmente a medida que progresa el mismo. Deberían definir el escenario del mejor caso, y peor caso de modo que los resultados del proyecto pueden limitarse. La herramienta más útil es el cronograma de actividades, imprescindible para la asignación de actividades y organización de equipos de trabajo a fin de terminar en tiempo.

Figura 7. Cronograma de actividades para el desarrollo del Sitio de venta de autos usados.

Actividades	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre	
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2
Análisis de requerimientos														
Análisis de riesgo														
Acuerdos														
Planeación														
Diseño de BD														
Prototipo														
Análisis														
Diseño														
Codificación														
Implementación de BD														
Reuniones														
Pruebas unitarias														
Implementación														
Pruebas de integración														

Fuente: Elaboración propia

6.5 Diseño de la base de datos

El diseño de una base de datos consiste en definir la estructura de los datos que debe tener la base de datos del sistema que se implementará. Una base de datos correctamente diseñada permite obtener acceso a información exacta y actualizada. El diseño de una base de datos no es un proceso sencillo. Habitualmente, la complejidad de la información y la cantidad de requisitos de los sistemas de información hace que sea complicado. Es por eso que conviene descomponer el proceso en varias etapas; donde en cada una se obtiene un resultado intermedio que sirve de punto de partida de la etapa siguiente, y en la última etapa se obtiene el resultado deseado (Costal, 2012). Dichas etapas son:

1. Etapa del diseño conceptual: En esta etapa se obtiene una estructura de la información de la futura base de datos independiente de la tecnología que hay que emplear. Permite concentrarnos únicamente en la estructuración de la información, y no en resolver cuestiones tecnológicas.
2. Etapa del diseño lógico: En esta etapa se parte del resultado del diseño conceptual, que se transforma de forma que se adapte a la tecnología que se debe emplear.
3. Etapa del diseño físico: En esta etapa se transforma la estructura obtenida en la etapa de diseño lógico, con el objetivo de conseguir una mayor eficiencia; además, se completa con aspectos de implementación física que dependerán del sistema gestor de base de datos (Office Online, 2014).

7 FASE DE DISEÑO

7.1 Prototipo

El prototipo se basa en una representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para el cliente o el usuario final (por ejemplo, la configuración de la interfaz con el usuario y el formato de los despliegues de salida). Dicha representación es evaluada por el cliente para una retroalimentación; gracias a la cual se refinan los requisitos del software que se desarrollará. El prototipo se ajusta para satisfacer las necesidades del cliente, lo cual permite que el desarrollador entienda lo que se debe hacer y el cliente vea resultados a corto plazo (Navarro, 2006).

7.2 Análisis

El análisis global de los requisitos de una aplicación es un proceso de conceptualización y formulación de los conceptos que involucra de forma concreta. Es una parte fundamental del proceso de desarrollo, la mayor parte de los defectos encontrados en el software entregado se originan en la fase de análisis de requisitos, y además son los más caros de reparar, por tal motivo es recomendable la continua retroalimentación del cliente (Drake, 2008).

7.3 Diseño

El diseño se aplica a cuatro características distintas del software: la estructura de los datos, la arquitectura de las aplicaciones, la estructura interna de los programas y las interfaces. Es el proceso que traduce los requisitos en una representación del software de forma que pueda conocerse la arquitectura, funcionalidad e incluso la calidad del mismo antes de comenzar la codificación. En este punto, los requisitos del software se traducen a una serie de diagramas que representan la estructura del sistema software, de sus datos, de sus programas y de sus interfaces.

8 FASE DE DESARROLLO

8.1 Codificación

La codificación consiste en la traducción del diseño a un formato que sea legible para la máquina. Si el diseño es lo suficientemente detallado, la codificación es relativamente sencilla, y puede hacerse - al menos en parte - de forma automática, usando generadores de código. En la codificación se traducen los diagramas de la etapa de diseño a un lenguaje fuente, que luego se traduce - se compila - para obtener un programa ejecutable.

8.2 Implementación de la base de datos

La implementación de la base de datos se realiza mediante las sentencias del lenguaje de definición de datos del sistema gestor de base de datos escogido. Estas sentencias se encargan de crear el esquema de la base de datos, los ficheros en donde se almacenarán los datos y las vistas de los usuarios.

8.3 Reuniones

Cuando se finaliza un prototipo, se programa una reunión con el cliente o usuario del sistema, para que analice dicho prototipo y retroalimenten al equipo de desarrollo a fin de que se puedan hacer las modificaciones pertinentes.

8.4 Pruebas Unitarias

Una vez que se tiene el programa ejecutable, comienza la fase de pruebas. El objetivo es comprobar que no se hayan producido errores en alguna de las fases de traducción anteriores, especialmente en la codificación. Para ello deben probarse todas las sentencias, no sólo los casos normales y todos los módulos que forman parte del sistema.

Figura 8. Formato de casos de prueba.

Casos de pruebas y evidencias				
Caso de prueba		Evidencia		
Prueba				
Componente / Producto	Caso de prueba	Resultado	Seguimiento	Conclusión

Fuente: Elaboración propia

9 IMPLEMENTACIÓN

Esta etapa consiste en integrar todos los módulos del sistema en un mismo software.

Pruebas de integración

Consiste en realizar pruebas para verificar que un gran conjunto de partes de software funcionan juntos. Es donde los módulos individuales de software son combinados y probados como un grupo.

10 CONCLUSIÓN

La metodología propuesta cuenta con la ventaja de que ser desarrollada partiendo de las características principales de las metodologías más usadas en el desarrollo de software. Además de estar enfocada en un área de aplicación en específico cuya demanda en el mercado mexicano es elevada.

11 TRABAJO FUTURO

Si bien se logró implementar la metodología en un proyecto real y los resultados fueron satisfactorios, el desempeño necesita ser comparado con las metodologías híbridas que las empresas utilizan para el desarrollo de sus proyectos, incluidos los de comercio electrónico.

REFERENCIAS

Costal, D. (2012). Universitat Oberta de Catalunya. Obtenido de http://ocw.uoc.edu/computer-science-technology-and-multimedia/bases-de-datos/bases-dedatos/P06_M2109_02150.pdf

Drake, J. (2008). University of Cantabria. Obtenido de http://www.ctr.unican.es/asignaturas/Ingenieria_Software_4_F/Doc/M3_08_Especificacion-2011.pdf

E-Centro. (2014). E-Centro. Obtenido de http://centrodeartigo.com/articulos-noticias-consejos/article_135674.html

Gómez, M. (2011). Universidad Autónoma Metropolitana. Distrito Federal: Universiad Autónoma Metropolitana. Obtenido de [http://web.cua.uam.mx/publicaciones/Notas Analisis Requerimiento.pdf](http://web.cua.uam.mx/publicaciones/Notas_Analisis_Requerimiento.pdf)

Gutiérrez, T. (29 de Noviembre de 2012). Alto Nivel Obtenido de <http://www.altonivel.com.mx/25119-cual-es-el-panorama-de-las-pymes-para-este-2013.html>

Inteco, L. N. (Marzo de 2009). Ingeniería del software: Metodologías y ciclos de vida. León, España.

Javier, N., Ramos, I. y Toro, M. (2008). Hacia un modelo híbrido de simulación de la producción de software en un entorno multiproyecto . Sistedes, 48-54.

Jiménez, E. y Orantes, S. (01 de Enero de 2012). Metodologías híbridas para desarrollo de software: una opción factible para México. Revista Digital Universitaria UNAM, 1-17.

Laguna, M. (2012). Universidad de Valladolid. Obtenido de <http://www.infor.uva.es/~mlaguna/is1/apuntes/1-intro.pdf>

Leterier, P. y Penadés, C. (2006). Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP). Ciencia y Técnica Administrativa.

Méndez, E. (Julio de 2006). Universidad Católica de Andrés Bello. Obtenido de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ7365.pdf>

Navarro, J. (2006). Universidad Interamericana de Puerto Rico. Obtenido de <http://agu.inter.edu/jnavarro/comp3400Lec05ModelosDesarrSoft.pdf>

Office Online. (2014). Office Online. Obtenido de <https://support.office.com/es-mx/article/Conceptos-b%C3%A1sicos-del-dise%C3%B1o-de-una-base-de-datos-1eade2bfe3a0-41b5-ae6-d2331f158280?ui=es-ES&rs=es-MX&ad=MX>

Pressman, R. (1997). Ingeniería del software: Un enfoque práctico. McGrawHill. Sommerville, I. (2005). Ingeniería del software. Pearson.

Zaragoza, J., & Nogueras, J. (Febrero de 2008). Universidad de Zaragoza. Obtenido de http://webdiis.unizar.es/~zarazaga/workPage/docencia/ingSoft1/trasparencias/is1_01.pdf

7 LAS TUTORÍAS ENTRE PARES EN LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS: UNA PROPUESTA DE APOYO PEDAGÓGICO

Gutiérrez, R.¹

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: raul.gutierrez@upa.edu.mx

Armas, K.²

karina.arms@upa.edu.mx
Universidad Politécnica de Aguascalientes

Abrego, A.³

Universidad Politécnica de Aguascalientes
adrian.abrego@upa.edu.mx

Flores, S.⁴

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: sandra.flores@upa.edu.mx

Hidalgo, E.⁵

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: eric.hidalgo@upa.edu.mx

Margain, M.⁶

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Email: lourdes.margain@upa.edu.mx

Resumen

El objetivo de este artículo es dar a conocer una propuesta de tutoría entre pares en la enseñanza de las matemáticas. Para tal fin, se realizó una búsqueda bibliográfica informatizada. Entre los textos identificados se seleccionaron estudios empíricos y teóricos a lo largo de diez años sobre la temática de tutoría y enseñanza en las matemáticas. Se encontró que las tutorías se realizan al final de un ciclo y durante el periodo de clases en horas extra clase. Se concluye que es necesaria cambiar la mirada hacia la tutoría por una forma comprensiva y holística, además considerar que las investigaciones de las tutorías entre pares será un preámbulo para futuras líneas de investigación en el campo de la educación.

Palabras clave: tutoría entre pares, enseñanza de las matemáticas, estudios empíricos-teóricos.

Abstract

The aim of this paper is to present a proposal for peer tutoring in mathematics teaching. For this purpose, a computerized literature search was performed. Among the identified empirical and theoretical texts over ten years on the subject of teaching and tutoring in math studies were selected. It was found that tutorials are at the end of a cycle and during the classes extra class hours. It concludes that it is necessary to change the look tutoring for comprehensive and holistic manner, also consider that research of peer tutoring will be a prelude to future research in the field of education.

Keywords: Peer tutoring, teaching mathematics, theoretical-empirical studies.

¹ Profesor Investigador.

² Profesora Investigadora

³ Jefe de Formación Integral

⁴ Profesora Investigadora

⁵ Profesor Investigador

⁶ Dirección de Posgrado e Investigación

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de las herramientas con que cuentan las instituciones de educación superior para ofrecer una formación más completa y significativa a sus alumnos se encuentra la tutoría. Ésta consiste en hacer un seguimiento puntual del avance que muestran los alumnos en las diferentes materias de sus programas académicos, para ofrecerles ayuda especial fuera del salón de clase en caso de que la necesiten, para reforzar aquellos conocimientos o modelos teóricos de los que pudieran no haber logrado la consolidación necesaria para mejorar sus habilidades.

Las ciencias de la educación han dado importancia a la tutoría, una práctica tan importante que incluso Vigostky (1995) señala como elemento principal para el desarrollo del estudiante exitoso ya que es frecuente que, a través de la socialización, los alumnos logren un conocimiento más completo y articulado de los contenidos de sus programas. El desarrollo profesional que se espera de los estudiantes, es complejo y hace necesario que su preparación se dé a través de canales múltiples e interdisciplinarios.

Existen dos distintas figuras a través de las cuales se lleva a cabo comúnmente la tutoría, estas son: profesor-alumno y especialista-alumno, aunque éstas adolecen de una desventaja: hay una relación de subordinación con respecto de los alumnos, de ello resulta una barrera en la comunicación (Díaz Barriga, 2010); es por este motivo que en este artículo se propone la implementación de un complemento a la tutoría tradicional, un modelo de tutoría entre pares, la tutoría alumno-alumno.

De este modo, se destaca la importancia de que las interacciones verticales, diagonales y horizontales se realicen en los ambientes dinámicos, pero que también transiten de estos sistemas cerrados acotados a la escuela y al laboratorio, para ubicarse en los sistemas abiertos constituidos por entornos auténticos, en los cuales redes de expertos y alumnos pueden trabajar coordinadamente en la resolución de problemas que rebasan los ambientes académicos (De la Cruz, 2008).

Lobato, Arvizu y del Castillo (2004), distinguen varios niveles de tutoría, organizan en un continuo que va de lo particular a lo general: La tutoría de asignatura, la cual se suma a las horas de aula ofreciendo horas de consultoría; en este caso, los tutores tienden a privilegiar el trabajo con problemas de comprensión en el campo o bien la discusión de las razones de posibles inasistencias o diferentes fallas de los alumnos. La tutoría pedagógica, para apoyar en el desarrollo de estrategias de aprendizaje. La tutoría dirigida a la formación para la sociedad del conocimiento, orientada a formar individuos auto- regulados vinculados a la regulación espacio temporal. Por último, la tutoría de acompañamiento dirigida a apoyar al alumnado durante su proceso escolar, de estos modelos se desprende la tutoría de pares.

La tutoría entre pares promueve el aprendizaje colaborativo; esto basado en la creación de parejas de alumnos, con una relación asimétrica derivada de la adopción por parte del alumno que la otorga del rol de tutor y del que la recibe del rol de tutorado, con un objetivo común, conocido y compartido como por ejemplo, la adquisición de una competencia curricular, que se alcanza por medio de un marco de relación planificado por parte del profesor (Durán, 2009).

Este nuevo enfoque, es la tutoría dirigida orientada a formar individuos capaces de actuar en escenarios reales y de mantenerse vinculados a la innovación y al desarrollo del saber en la era de la complejidad; sin embargo, esto no es tarea sencilla, pues implica superar algunos obstáculos inherentes a la habilidad que tienen los mismos alumnos para auto dirigir su avance, y que han sido documentados por De la Cruz y Abreu (2008), quienes destacan lo siguiente:

- Es necesario evitar la tendencia a centrarse exclusivamente en la adquisición de conocimiento explícito.
- Transitar desde una tutoría centrada en los ambientes escolares cerrados, hacia los sistemas abiertos situados en el mundo real.
- Integrar a los alumnos con las comunidades de profesionales de alto nivel orientadas a la innovación.
- Ejercer una tutoría de tal manera que guíe las actividades de los alumnos y además, propicie el traspaso progresivo del control, la autorregulación y la transferencia creciente de responsabilidad hacia éstos.
- Superar la visión de la tutoría como una relación personal. Considerando los argumentos de los autores mencionados se deduce que las tutorías entre pares deben crear un ambiente de confianza y comodidad para que los beneficiarios puedan expresar ideas, inconformidades, dudas, entre otras cuestiones que son de importancia para mejorar el desempeño de los alumnos y el bienestar subjetivo (Vázquez, 2006).

Las tutorías entre pares implican un proceso de acompañamiento orientado a la mejora del rendimiento académico de los alumnos —los cuales presentan dificultades en el proceso de aprendizaje de cierto contenido—, a la solución de problemas escolares y al desarrollo tanto de los métodos de estudio y de trabajo como de la reflexión y la convivencia social. Comprende un conjunto sistematizado de acciones educativas centradas en el estudiante y una parte complementaria de la acción del profesor en el aula de clase.

En esta investigación se hará énfasis en las tutorías entre pares o peer tutoring, las cuales según, Goodlad y Hirst (1989), se entienden como el conjunto de prácticas en que algunos estudiantes ayudan a otros estudiantes y aprenden enseñando. Luego existe un tutor (quien ayuda) y un estudiante tutorado (el alumno que presenta dificultades en su proceso de aprendizaje y es beneficiario de la tutoría). De acuerdo con Miranda (2010) y Cardozo (2011), este tipo de tutorías se fundamentan en la mayor aproximación empática que el estudiante tutorado puede encontrar en tutores con edades próximas como también lo señalan (Abrego, Gutiérrez, Armas, Hidalgo y Flores, en prensa).

De esta manera el presente trabajo tuvo el objetivo dar a conocer una propuesta de tutoría entre pares en la enseñanza de las matemáticas. Para tal fin, se realizó una búsqueda bibliográfica informatizada.

En seguida se describe el método utilizado para la revisión de los estudios sobre este tópico.

2 MÉTODO

En este documento se presenta una revisión de estudios académicos sobre las tutorías en la enseñanza de las matemáticas, realizados tanto a nivel nacional como internacional, para cuyo fin se realizó una búsqueda bibliográfica informatizada en bases de datos como Redalyc, Dianlet, Google académico y de revistas de educación reconocidas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CoNaCyT), considerando los siguientes criterios: 1) investigaciones en las que se aborda la tutorías y enseñanza en las matemáticas 2) investigaciones de estudios empíricos y teóricos que presenten resultados preliminares y/o finales, y 3) investigaciones que hayan sido realizadas en poblaciones de universitarios. Asimismo, sólo se consideraron los estudios publicados en los últimos diez años, en idioma inglés y español. En la búsqueda, se utilizaron diversas palabras clave y sus combinaciones como tutorías, tutoría entre pares y enseñanza en las matemáticas entre las más importantes. Posteriormente, se hizo un análisis de los estudios considerando los objetivos, la metodología, los resultados y las conclusiones. Finalmente, se discutieron los hallazgos más sobresalientes.

3 RESULTADOS

Los estudios dan cuenta de que se otorga tutoría sobre las matemáticas utilizan un Sistema de Tutorías Universitarias en la Facultad Regional Mendoza, en Cuba de la UTN, por medio de la asesoría con la que cuentan los estudiantes y se se basa en orientar al estudiante en la preparación y maduración de la asignatura para el examen final de Análisis Matemático II; cuyo índice de aprobación de los educandos, ha disminuido (Figuroa, Vargas, Obredor & Vera, 2010). Otro estudio, en España, demostró que se ha dado asesorías de matemáticas de manera extracurricular y en en la actualidad fue un posible factor por el cual ha disminuido el índice de reprobación (García, 2013).

Otras investigaciones que han servido como referentes para el análisis de la información. Por ejemplo, Chávez & Vargas (2007) analizaron el proceso de aprendizaje de 85 estudiantes que pertenecían al programa institucional de tutorías del Instituto Tecnológico de Toluca en la materia de Matemáticas I. Dentro de los aspectos analizados se encuentran: hábitos de estudio, estrategias de aprendizaje, resolución de problemas y otros. La metodología implementada por las autoras fue el seguimiento individual y entrevistas individuales a tutorados (estudiantes beneficiados por la tutoría) y asesores. Entre los resultados obtenidos a partir de un análisis estadístico se encontró que para tener éxito en su proceso de aprendizaje era necesario tener un buen hábito de estudio, varias estrategias de estudio e implementar la resolución de problemas.

Un estudio corte longitudinal sobre el acompañamiento en el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de ingeniería fue reportado por Maldonado et al (2009); dicho estudio se realizó en la Universidad Central de Bogotá para sistematizar la experiencia de acompañamiento que se generaba en su departamento de matemáticas. Una de sus conclusiones fue la oportunidad que ofrece este espacio para mejorar las condiciones de comunicación y el monitoreo de la evolución del aprendizaje. Los autores señalaron la importancia de conformar una red

social de apoyo académico que contribuyera al éxito académico de los estudiantes integrantes de ella.

Asimismo, Figueroa et al (2010) presenta un estudio sobre la labor tutorial efectuada en la asignatura de Análisis Matemático II de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Los autores describen que en la universidad se realiza un examen final y que en éste los estudiantes presentan mayor índice de reprobación. Se contó con la ayuda de coordinadores psicopedagógicos, docentes tutores y tutores universitarios para ejecutarse el sistema de tutorías. Los autores señalan dentro de sus conclusiones que la tutoría debe ser planeada y organizada, no debe dejarse a la improvisación; también concluyen que debe convertirse en una alternativa pedagógica dentro de una reforma orgánica y curricular, la cual permita derivar en un plan, una serie de programas y proyectos sistemáticos dentro de la universidad.

En otra interesante investigación Ball y Cohen (2004) señalan que los docentes de matemáticas necesitan: a) comprender la materia que enseñan, de formas diferentes a la de sus estudiantes; b) conocer acerca de los estudiantes, sus gustos, intereses, dificultades en dominios particulares; c) aprender que los conocimientos estudiantiles no son simplemente un asunto de conocimiento individual de los niños, y d) saber pedagogía, de tal manera que conecten a los estudiantes con los contenidos de formas efectivas.

En ese mismo año Eslava y Valdez (2004) encontraron distintos tipos de saberes que poseen y utilizan los profesores de matemáticas: a) los de sentido común de la práctica: opiniones o suposiciones; b) el saber popular de los docentes se adquiere con la experiencia al entender lo que les inquieta a sus estudiantes; c) una serie de destrezas para la conducción del grupo; d) saberes contextuales: lo que se sabe de una clase, de la comunidad o de un estudiante en concreto; y, e) saberes profesionales: sobre las estrategias en la enseñanza de las matemáticas.

Gellert (2005) declara que la formación docente en la Educación Matemática ha adquirido importancia como resultado de la búsqueda de mejoras en las prácticas de enseñanza de las matemáticas en el aula de clase. Por lo anterior, Es fundamental que el desarrollo profesional de los docentes de las matemáticas se articule con el trabajo real de enseñar.

Concluyendo, si bien los estudios anteriores resultan sustanciales para evidenciar la situación por la que atraviesan las tutorías en las matemáticas, pues contribuyen a clarificar lo realizado, para realizar una propuesta de que se hagan tutoría entre pares en la enseñanza de las matemáticas, pues como dice Vygotski, que el aprendizaje es mejor entre pares.

Una de las ventajas de esta propuesta es que a través de las tutorías, los alumnos-tutores podrán adquirir la experiencia en la enseñanza del cálculo de las matemáticas, experiencia que no todos podrán tener, y de la cual aprenderán a identificar debilidades y fortalezas no solo en contenidos y también dificultades en la comprensión de tópicos. Los tutores entre pares identificaron de forma más empática que le sucede al compañero en la forma en que tiene los problemas y tal vez se tenga mayor confianza para expresar las dudas.

En otras palabras, las tutorías representan una responsabilidad al trabajar con estudiantes universitarios y con una asignatura compleja, los tutores entre pares aprenderán y tendrán la experiencia de estar involucrados en el proceso de enseñanza y aprendizaje, lo que les permitirá vislumbrar un poco de lo que les depara ser profesores de matemáticas, puesto en la Universidad Politécnica de Aguascalientes (UPA) tiene bastante relación con la educación en las matemáticas. Además, para otro artículo en futuras investigaciones se necesita sistematizar los reportes de la atención y el seguimiento de las tutorías entre pares que se está haciendo para que analizar los resultados que ha reflejado esta propuesta pedagógica.

REFERENCIAS

Ball, J. and Cohen, G. (2004). Teaching as the learning profession: Handbook of policy and practice, pp. 3-32. San Francisco: Jossey Bass.

Chávez, R. y Vargas, C. (2007). El papel de la asesoría académica en el programa de tutorías: caso ITT. En: *Tiempo de educar*, 8, (15) pp. 9- 36. México: Universidad Autónoma del Estado de México

De la Cruz, F. G., y Abreu, H. L. (2008). Tutoría en la Educación Superior: Transitando desde las aulas hacia la sociedad del conocimiento. *Revista de la Educación Superior*, Vol. XXXVII (3). No. 17 Julio- Septiembre de 2008, págs.107-124. ISSN: 0185-276.

Davis, K. y Newstrom J. (1999.) *Comportamiento humano*. México: McGraw Hill

Díaz-Barriga Arceo, F. (2010). Los profesores ante las innovaciones curriculares. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 1(1).

Duran, D. (2009). Llegim en parella: tutoria entre iguals, a l'aula i a casa, per a la millora de la competència lectora. UAB, Institut de Ciències de l'Educació.

Eslava, G. y Valdez, L. (2004) Detección de los modos de razonamiento propiciados por el docente de álgebra. En: *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, Vol. 17, 256-264. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa (CLAME)

Figuroa, C. et al. (2010). El examen final: las tutorías universitarias como apoyo pedagógico para la promoción de la asignatura Análisis Matemático II. Trabajo presentado en el VII Taller Internacional de Pedagogía de Educación Superior, La Habana, Cuba.

Gasalla, F. (2007). Propuesta de implementación del proyecto de trabajo con estudiantes avanzados en apoyo a ingresantes. Buenos Aires: Universidad Nacional General Sarmiento (propuesta de trabajo).

Gellert, U. (2005). La formación docente entre lo teórico y lo práctico. En: Planchart, E. & Gómez, I. (Eds.). *Educación matemática y formación de profesores. Propuestas para Europa y Latinoamérica*, pp. 73-83. Bilbao: Universidad de Deusto.

Ivancevich, J., Lorenzi P., Skinner S. y Crosby P. (1996) *Gestión, calidad y competitividad*. España: Clamadi SL.

Janasz, S. y Sullivan, S. (2004). Multiple mentoring in academe: developing the professorial network, *and Vocational Behavior*, Vol. 64

Lobato, C., Arbizu, F. y Castillo, L. (2004). Las representaciones de la tutoría universitaria en profesores y estudiantes: un estudio de caso en Educación XXI, No. 7124 *Tutoría En La Educación Superior* <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=70600707&iCveNum=0> (consultada el 9 de septiembre de 2013)

Maldonado, L. et al. (2009). El acompañamiento como estrategia pedagógica en el aprendizaje exitoso de las matemáticas. *Revista ciencia e ingeniería* 6, pp. 33-59. Pereira: Universidad Católica de Pereira.

Rubio, R. L.P. (2009) La tutoría entre pares como apoyo al proceso de aprendizaje de los estudiantes de primer ingreso: ¿Aprendizaje mutuo? X Congreso Nacional de Investigación Educativa área 14: práctica educativa en espacios escolares. Ver. Veracruz. *Memoria Electrónica*

Vázquez, C. (2006). La experiencia de un programa de tutoría para la licenciatura [Versión electrónica]. *Revista Mexicana de Orientación Educativa*, 8. Vygotski, L. (1995). *Pensamiento y Lenguaje*. España: Paidós.

Weiss, E. (2011). Los estudiantes como jóvenes El proceso de subjetivación. Perfiles Educativos, 34 (135) p.p. 134-148.

8 OPTIMIZACIÓN DE TRAYECTORIAS APLICADO EN UN CUADRICÓPTERO MODELADO

Ing. Víctor Arturo Meza Uribe¹

Universidad Politécnica de Aguascalientes
Aguascalientes, Ags., México
E-mail: victor.meza@upa.edu.mx

M.C: Luis Guillermo Guerrero Díaz de León²

Departamento de Mecatrónica, Universidad Politécnica de Aguascalientes, México
E-mail: guillermo.guerrero@upa.edu.mx

Resumen

En el presente trabajo de investigación se analiza la literatura existente sobre modelos matemáticos de cuadricópteros, así como los controladores que son aplicados con mayor frecuencia en cuadricópteros para el recorrido de trayectorias y evasión de obstáculos, teniendo como objetivo principal seleccionar aquel que sea más óptimo e implementarlo en un ambiente de simulación, evaluar así su efectividad y en caso de deficiencias, convertirlas en ventajas.

Además se muestra el entorno de realidad virtual en el cual se pretende realizar la simulación por medio de Matlab/Simulink 3D Animation.

Keywords: Cuadricóptero-trayectorias-control-PID-LQR

Abstract

In the present research the literature on mathematical models cuadricópteros is analyzed, and the drivers that are applied most frequently in cuadricópteros for travel paths and obstacle avoidance, with the main aim to select one that is most optimal and implement a simulation environment, and assess their effectiveness and, if deficiencies, turn them into advantages. Besides the virtual reality environment in which it is intended to perform the simulation using Matlab / Simulink 3D Animation shown.

Keywords: Quadricopter-path-control-PID-LQR

¹ Maestría en ciencias en Ingeniería

² Profesores Investigador

1 PROBLEMÁTICA

La autonomía está relacionada con los algoritmos de control que poseen estos vehículos para responder de manera satisfactoria al encontrarse en eventos inesperados o aleatorios en el desarrollo de una trayectoria. Para ello, en primera instancia, el vehículo debe contar con un sistema de control acoplado, para la estabilidad y orientación del Cuadricóptero (este último conocido como control de actitud) el cual constituye la base de los movimientos del vehículo y por medio de este trabajo se logrará comprobar su funcionamiento a través de simulación.

En este trabajo se propone un controlador que permitirá que la aeronave realice un recorrido de manera autónoma para una ruta establecida. Este controlador será probado de manera simulada, esperando que en una investigación futura se pueda llevar a la práctica.

2 ANTECEDENTES

En los últimos años se ha generado un gran interés en el desarrollo de nuevos UAV's (Unmanned Aerial Vehicles), ya que poseen características únicas como: tamaño pequeño, gran maniobrabilidad y tienen un costo relativamente bajo, haciéndolos más atractivos para uso

tanto militar como comercial en áreas como vigilancia, reconocimiento e inspección en ambientes complejos o peligrosos. (Carmona Fernández, 2013)

Existen diversos tipos de configuraciones para esta clase de aeronaves: a un solo rotor, coaxial, tándem, entre otros; y cada uno de ellos tiene sus propias ventajas y desventajas. Una de las principales configuraciones utilizadas es la del cuadrirotor, la cual ha ido teniendo un mayor campo de estudio al brindar mayores ventajas.

El uso y desarrollo de un UAV representa un crecimiento en el área de la ingeniería aeroespacial, ya que involucra diversas disciplinas tales como la electrónica, mecánica e ingeniería de control. Lograr que un UAV sea autónomo implica un gran reto, debido a que se necesita tener un alto nivel de maniobrabilidad y robustez al mismo tiempo bajo los efectos de diferentes perturbaciones inesperadas, como el viento y/o turbulencias, entre otras. Para ello es importante incorporar a su hardware principalmente un microprocesador, un sistema de posicionamiento global (GPS), acelerómetro, una unidad de medición inercial (IMU), y un sistema de visión como componentes principales.

Para fines de este trabajo se estudiará el comportamiento de la configuración cuadrirotor, mejor conocida como Cuadricóptero. Esta nave motorizada es clasificada como una aeronave de despegue y aterrizaje vertical (VTOL) de cuatro rotores alineados de manera simétrica alrededor de su centro de gravedad. Este diseño lo hace capaz de realizar vuelos hacia adelante, atrás, y como se mencionó anteriormente, de despegar y aterrizar de manera vertical. Sus características y principios de funcionamiento se describirán más adelante.

Aunque en el campo de estudio de los cuadricópteros ya se han elaborado bastantes aplicaciones, es un gran reto lograr que este tipo de aeronaves realicen vuelos totalmente autónomos para el desempeño de diversas tareas que se puedan suscitar. Además de un conjunto de sensores integrados en la estructura de la aeronave, es necesario implementar algoritmos de control. Para diseñar el sistema de control, es necesario tener un completo entendimiento sobre la dinámica de vuelo del Cuadricóptero.

2.1 Cuadricóptero

Este tipo de vehículos utilizan un sistema de control electrónico, así como sensores que permiten estabilizar la aeronave. Al poseer un tamaño pequeño y una gran maniobrabilidad, estos cuadricópteros pueden volar tanto en interiores como exteriores. La razón por la que estos vehículos son tan atractivos es porque tienen características únicas, tales como una mayor capacidad de carga en comparación con helicópteros convencionales de escala pequeña. Otra característica importante es la simplicidad de su control, ya que sólo se depende del ajuste de velocidad de cada uno de sus rotores para lograr controlar la altura y velocidad lineal.

Las ventajas que presenta un Cuadricóptero en comparación a otras configuraciones, se pueden resumir en la siguiente lista:

- Simplificación mecánica de los rotores (Menor mantenimiento)
- Efectos giroscópicos reducidos
- Simplicidad en su sistema de control
- Mejor estabilidad
- Altamente maniobrables

Algunas desventajas del Cuadricóptero ante otras configuraciones son:

- Incremento de peso del vehículo
- Alto consumo de energía
- Acoplamiento entre la dinámica de motor y la controlabilidad

2.1.1 Principios de operación de un Cuadricóptero

En la configuración de esta aeronave se tienen cuatro rotores alineados en forma de cruz. Los rotores delantero (R1) y trasero (R3) giran en sentido anti horario, mientras que los rotores laterales (R2 y R4) giran en sentido contrario a los otros dos para balancear el torque total del sistema, tal como se muestra en la figura 1. Cabe mencionar que cada rotor tiene solamente un grado de libertad (GL) alrededor de su eje rotacional.

Figura 1. Configuración de un Cuadricóptero.

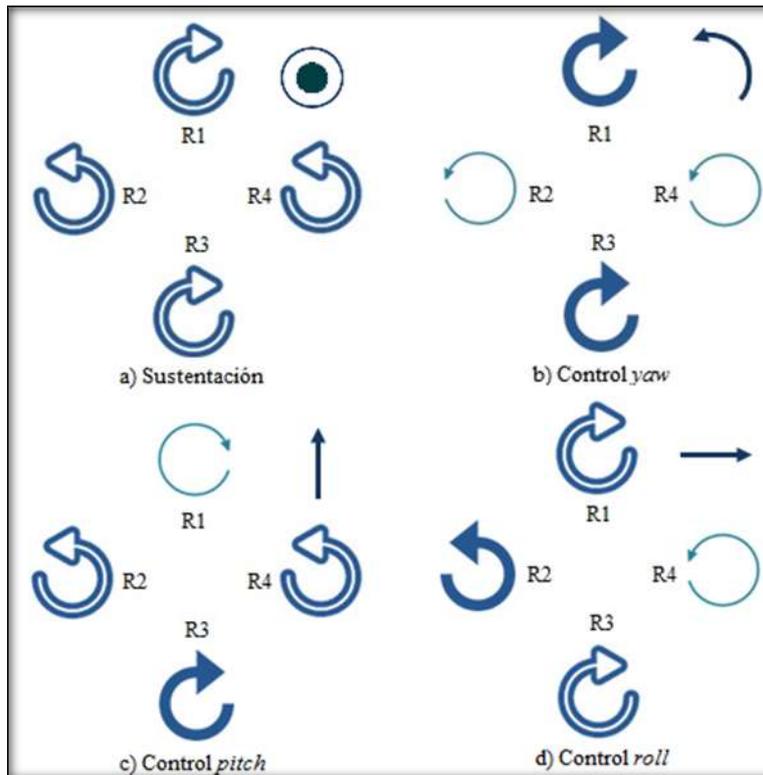


Fuente: propia del autor

Un cuadricóptero es un sistema que posee seis grados de libertad ($x, y, z, \psi, \theta, \phi$), multivariable, fuertemente acoplado y subactuado. El comportamiento de un vehículo es su orientación con respecto a un marco de referencia. A fin de establecer un ángulo de *yaw*, *pitch* y *roll* deseado, es necesario un control de comportamiento el cual implica el control sobre la orientación de un objeto con respecto a un sistema inercial.

- **Control de altitud:** Se logra manipulando las fuerzas de empuje de los rotores, así como balanceando el torque entre ellos. Para suspenderlo en el aire, todos los rotores aplican una fuerza constante como se muestra en la figura 2(a). Para controlar el movimiento vertical, la velocidad de los motores se incrementa o decrementa simultáneamente. De este modo se obtiene una mayor o menor fuerza de empuje, pero sin afectar el balance.
- **Control yaw (ψ):** El movimiento *yaw* permite al cuadricóptero girar sobre su eje vertical (z). Su control se logra manipulando el balance del torque (aumentando la velocidad en un par de rotores con el mismo sentido de giro y disminuyéndola en igual magnitud en el otro par). La fuerza total de empuje permanece balanceada por lo que la altitud se conserva, como se puede ver en la figura 2(b).
- **Control pitch (θ):** Este tipo de movimiento consiste en permitir al cuadricóptero desplazarse hacia adelante o hacia atrás (giro sobre el eje x del sistema de referencia), puede ser manipulado aplicando empuje diferencial en rotores opuestos, como se ilustra en la figura 2(c).
- **Control roll (ϕ):** Describe el movimiento angular sobre el eje y , que permite al cuadricóptero realizar movimientos hacia la izquierda o a la derecha tal como se observa en la figura 2(d), (Solanki, 2013).

Figura 2. Dinámica de un cuadricóptero, (a) sustentación y altura; (b) diferencia en torque para manipular yaw (ψ); (c) diferencia en torque para manipular pitch (θ); (d) diferencia en torque para manipular roll (ϕ).



Fuente: propia del autor

2.2 Perturbaciones

Una perturbación puede definirse, según (Ogata, 1998), como una señal que tiende a afectar de manera negativa el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación es generada dentro del sistema se denomina interna, en tanto que una perturbación externa será aquella que se produzca fuera del sistema y se considerará como entrada.

Las perturbaciones tienden a agregar inestabilidad a los procesos que se desean controlar, es por ello que el control a diseñar debe ser lo suficientemente robusto como para lograr que el proceso sea controlado a pesar de las perturbaciones.

Para cuestiones específicas, las perturbaciones que se pueden observar en el uso de cuadricópteros son principalmente el viento y su velocidad, ya que son variables que no son posibles de controlar y que interactúan de manera directa y permanente en todo vuelo realizado por el cuadricóptero.

2.3 Trabajos relacionados

Dentro de la literatura, distintas técnicas de modelos dinámicos y de control no lineal han sido propuestas para los cuadricópteros. (Mistler, Benallegue, & M'Sirdi, 2001) presenta un modelo dinámico no lineal basado en las leyes de Newton sobre el centro de masa de la aeronave. En él se desarrolló una linealización para poder aplicar un control con retroalimentación dinámica desacoplada. Por medio de simulación se estudió la ley de control propuesta para observar la estabilidad y robustez en presencia del viento, turbulencias y parámetros no definidos.

Tomando como punto de partida el modelo dinámico del cuadricóptero mediante Lagrange, (Castillo, Lozano, & Dzul, 2004) propone un control basado en el análisis de Lyapunov para realizar despegues, vuelo estacionario y aterrizaje de manera autónoma, en donde obtuvieron resultados satisfactorios de manera experimental.

Algunos efectos aerodinámicos a los que los cuadricópteros están sujetos son presentados por (Huang, Hoffman, Waslander, & Tomlin, 2009), tales como el aleteo de las hélices y la variación del empuje en los vuelos de traslación. En su trabajo se muestra que dichos efectos generan

algunas perturbaciones, como desequilibrio u oscilaciones, las cuales pueden ser exitosamente evitadas mediante el uso de los controladores apropiados. Para ello utilizaron un controlador PID, el cual se encarga de controlar la actitud (estabilización y orientación) y altitud del cuadricóptero.

El concepto de control lineal-cuadrático gaussiano (LQG) es mostrado por (van der Berg, Wilkie, Guy, Niethammer, & Manocha, 2012), donde presentan un nuevo concepto en el que se combina el uso de un control lineal-cuadrático (LQR) retroalimentado con la evasión de colisión. En su trabajo presentan resultados en los que por medio del controlador propuesto logran recorrer una trayectoria con obstáculos. Sin embargo, el modelo presenta algunas desventajas que pueden ser tomadas en cuenta para mejorar sus resultados. Entre ellas se encuentran que se necesita conocer previamente la geometría de los obstáculos, además de que debe ser simple (circulares, esféricos), otra desventaja que muestra es que el control sólo funciona en sistemas no lineales si la dinámica linealizada del cuadricóptero es controlable. Por lo que esta técnica no resulta la más óptima, ni la única para lograr evadir obstáculos, sin embargo, aporta información relevante para determinar los puntos débiles en este tipo de trabajos.

En aeronáutica, la actitud de un cuerpo rígido, con respecto a un sistema de referencia, se puede describir a través de los ángulos de Euler. De acuerdo con (Reyes-Valeria, Enriquez-Caldera, Camacho-Lara, & Guichard, 2013), se pueden sustituir los ángulos de Euler por cuaterniones para controlar la actitud del cuadricóptero. Para elaborar el modelo dinámico emplearon el método de Newton-Euler, al cual posteriormente linealizaron en espacio de estados y le aplicaron un controlador LQR con ganancias programadas. De esta manera se logra aumentar la precisión en la respuesta para el seguimiento de trayectorias, reduciendo el sobre-impulso que pudiera existir a la salida.

Revisando las respuestas otorgadas por controladores PID y LQR en la actitud de cuadricópteros, en ambos se obtienen resultados satisfactorios. Cada uno ofrece características particulares, por lo que es difícil determinar cuál controlador es mejor. Si se hace una combinación de ambos controladores, es decir, un PID sintonizado mediante retroalimentación LQR, se presenta un desempeño menor (mayor tiempo de respuesta) comparado con los otros dos. Sin embargo, este pequeño retraso no implica que el sistema funcione de manera correcta, al contrario, es una excelente opción robusta, versátil y fácil de implementar (Argentim, Rezende, Santos, & Aguiar, 2013).

Un controlador que utiliza una estructura mixta de un controlador proporcional-derivativo (PD) adaptativo, es propuesto por (Ballesteros, Luviano, & Chairez, 2014) para solucionar el problema de seguimiento de trayectorias, además del uso de un algoritmo de *super-twisting* (STA) como un observador/diferenciador robusto (RED) el cual recupera la información de la velocidad de la aeronave, dando un mejor desempeño para controladores aplicados en sistemas de segundo orden cuando la única información disponible es la señal de salida. Esta condición fue comprobada mediante una clase especial de función de Lyapunov que se adecuó para producir las ganancias adaptativas del controlador PD así como la convergencia del STA utilizado como RED, lo cual garantiza la solución de regulación para el seguimiento de trayectoria del cuadricóptero.

(Hernandez, Murcia, Copot, & De Keyser, 2014) propone el diseño e implementación de un Control de Autoadaptación Predictivo Extendido (EPSAC) para obtener un mejor desempeño en respuesta (mayor velocidad) sin sobre-impulso, lo cual es indispensable para obtener un recorrido deseado de mayor precisión. En su trabajo se muestran comparaciones entre la técnica propuesta y controladores PD, en donde su propuesta resulta más efectiva al obtener una mejor respuesta tanto en tiempo, como en precisión disminuyendo los sobre-impulsos. Esta técnica es recomendada para aplicaciones en interiores o lugares confinados.

A partir del modelo dinámico del cuadricóptero, (Santiaguillo-Salinas & Aranda-Bricaire, 2014) dicen que mediante una estrategia de control lineal se puede controlar los ángulos de *roll* y *pitch*, siendo una desventaja. El error observado en su trabajo puede considerarse aceptable ya que se debe a efectos no lineales que se presentan al desbalanceo y deformaciones en las hélices, ejes y engranes de la aeronave.

En (Benitez-Morales, Rodríguez-Cortés, & Castro-Linares, 2014) se utiliza la técnica de seguimiento de ruta, en el cual es posible estabilizar asintóticamente a la dinámica interna del sistema. Esto se logra a través de parametrizar la trayectoria deseada con dos escalares independientes; estos escalares son considerados como nuevos estados del sistema y su derivada de mayor orden es considerada una nueva entrada de control en la dinámica interna.

3 JUSTIFICACIÓN

El principal problema de los modelos comerciales de cuadricópteros es que poseen una arquitectura cerrada, por lo cual no presentan la flexibilidad necesaria para su uso en la investigación. Existen muy pocos modelos analizados que pueden brindar arquitectura abierta y lamentablemente al no encontrarse aún en una etapa de uso masivo, al seguir trabajando para alcanzar una autonomía total por parte de los cuadricópteros se podrán encontrar mayores y novedosas aplicaciones para este tipo de vehículos, dejando atrás las aplicaciones convencionales como fotografías y celaje aéreos.

Es por eso que el principal porqué de este trabajo es diseñar un algoritmo a partir de una ley de control para 6 GL's de un cuadricóptero considerando un modelo matemático que describa de manera exacta todos sus movimientos funcionales. Es así, que por medio de este algoritmo se lograrán optimizar las trayectorias y se evadirá al personal que se interponga en la ruta del cuadricóptero, obteniendo como resultado la reducción de tiempo y energía utilizada.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Diseñar un algoritmo para la optimización de trayectorias aplicado en un cuadricóptero modelado.

4.2 Objetivos particulares

- Seleccionar un modelo dinámico de un cuadricóptero.
- Seleccionar un sistema de control que determine la orientación y posición de un cuadricóptero de manera autónoma para la optimización de la trayectoria.
- Desarrollar un ambiente de simulación en el entorno Matlab/Simulink 3D Animation para comprobar que el cuadricóptero pueda recorrer una ruta específica.
- Lograr que el cuadricóptero pueda evadir personas que se interpongan en la trayectoria establecida a través de la manipulación de los sistemas de control seleccionados.

5 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Es posible mejorar la velocidad de respuesta de un cuadricóptero aportando una mejora en algún controlador?
- ¿Qué controladores pueden ser útiles para lograr optimizar una trayectoria de un cuadricóptero?
- ¿Es factible encontrar un equilibrio entre mayor velocidad de vuelo y menor consumo de energía?

6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Mediante el uso de un controlador PID-LQR mejorado es posible optimizar el recorrido de un cuadricóptero reduciendo el tiempo de vuelo y a su vez equilibrando el consumo de energía.

7 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

7.1 Modelo Dinámico de un Cuadricóptero

Para obtener el modelo matemático del cuadricóptero se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Es un cuerpo sólido den tres dimensiones, sujeto a una fuerza principal u y tres momentos $\tau_\phi, \tau_\theta, \tau_\psi$.
- Su centro de masa m se localiza en el centro del vehículo en un sistema de referencia.
- Debido al sentido de giro de sus hélices, los efectos giroscópicos y momentos aerodinámicos tienden a cancelarse.
- Como se mencionó anteriormente, los grados de libertad o coordenadas generales del modelo del cuadricóptero están dadas por:

$$q = (x_E, y_E, z_E, \phi, \theta, \psi) \in \mathbb{R}^6 \quad (1)$$

Donde $\xi = (x_E, y_E, z_E)$ denota la posición del centro de masa del cuadricóptero con respecto a Tierra y $\eta = (\phi, \theta, \psi)$ son los ángulos de Euler e indican la orientación del cuadricóptero de acuerdo al sistema. Las velocidades lineales de la aeronave están dadas por $V = [u, v, w]^T$, y $\Omega = [p, q, r]^T$ que representan las velocidades angulares.

Tal como lo expresa (Luque Vega, 2010), teniendo un sistema de ejes en Tierra, el cuadricóptero al girar sobre el ángulo *yaw* (ψ) alineará el cuerpo sobre un eje intermedio, del cual su matriz de rotación resulta:

$$R_\psi^z = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

En el eje intermedio se rota con respecto al ángulo *pitch* (θ) a algún otro eje intermedio, por lo que se obtiene:

$$R_\theta^y = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

Por último el segundo eje intermedio rota sobre el ángulo *roll* (ϕ) hacia el eje del cuerpo, teniendo:

$$R_\phi^x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \quad (4)$$

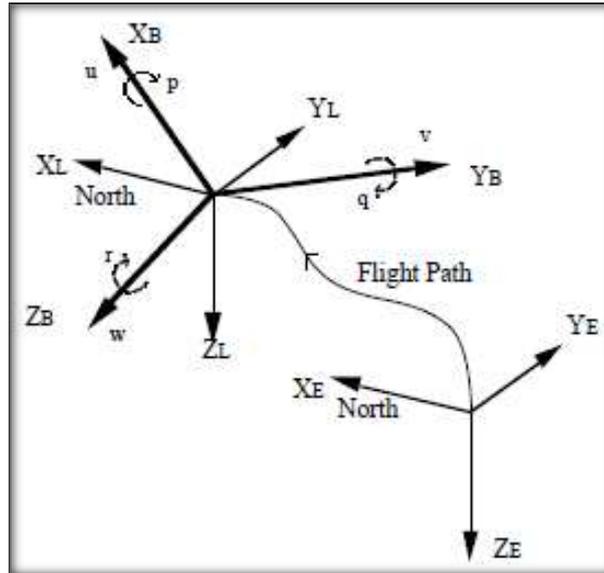
Resumiendo, al llevar a cabo el producto $R_{EB} = R_\phi^x R_\theta^y R_\psi^z$ se obtiene la matriz de rotación desde el centro de masa del cuadricóptero hacia el cuerpo inercial respecto a Tierra:

$$R_{EB} = \begin{bmatrix} c\psi c\theta & c\psi s\theta s\phi - c\phi s\psi & s\phi s\psi + c\phi c\psi s\theta \\ c\theta c\psi & c\phi c\psi + s\theta s\phi s\psi & c\phi s\theta s\psi - c\psi s\phi \\ -s\theta & c\theta s\phi & c\theta c\phi \end{bmatrix} \quad (5)$$

donde $cX = \cos X$ y $sX = \sin X$.

La matriz rotacional R_{EB} al ser ortogonal, se tiene que $R_{EB}^{-1} = R_{EB}^T$, por lo que se deduce la matriz de rotación desde Tierra hacia el centro de masa del cuadricóptero $R_{BE} = R_{EB}^T$.

Figura 3. Ejes Tierra (E), Intermedio (L) y Cuerpo (B) (Alderete).



Fuente: propia del autor

Para obtener el modelo se utiliza el método de Euler-Lagrange, que permite relacionar la energía cinética de un cuerpo con su energía potencial. Por tanto, la energía cinética de traslación del cuadricóptero viene dada por:

$$E_{CT} = \frac{1}{2} m \dot{\xi}^T \dot{\xi} \quad (6)$$

Donde se tiene que m es la masa del cuadricóptero y $\dot{\xi}$ es la velocidad lineal de cada uno de los ejes.

La energía rotacional está dada por:

$$E_{CR} = \frac{1}{2} \omega^T \eta \omega \quad (7)$$

7.2 Sistemas de Control

7.2.1 Controlador PID

La ley de control PID consiste en aplicar correctamente la suma de tres tipos de acciones de control: una acción proporcional, una acción integral y una acción derivativa, que serán explicadas a continuación.

P: acción de control proporcional, da una salida del controlador que es proporcional al error, es decir:

$$u(t) = K_p e(t) \quad (8)$$

Donde K_p es una ganancia proporcional ajustable.

I: acción de control integral: da una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que implica que es un modo de controlar lento.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (9)$$

Mientras la acción proporcional está basada en el valor actual del error de control y la acción integral está basada los valores pasados del error de control, la acción derivativa se basa en la

predicción de los valores futuros del error de control. La ley derivativa de control puede expresarse como:

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (10)$$

PID: acción de control proporcional-integral-derivativa, esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales (Hernández Gaviño, 2010). La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (11)$$

Y su función de transferencia resulta:

$$C_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (12)$$

7.2.2 Controlador LQR

El método de control LQR (Regulador Cuadrático Lineal), es la solución óptima a un problema de minimización con lo cual asegura la estabilidad del sistema en lazo cerrado, además su cómputo es fácil. Esto significa que la configuración de un (regulación) controlador de gobierno sea una máquina o proceso (en este caso el cuadricóptero) se encuentran utilizando un algoritmo matemático que minimiza una función de coste con factores de ponderación suministrados por un humano. La función a menudo se define como la suma de las diferencias de las mediciones clave de sus valores deseados. En efecto este algoritmo encuentra esos parámetros del controlador que minimicen las desviaciones no deseadas, como las desviaciones de altitud deseada o la temperatura del proceso.

A menudo, la magnitud de la acción de control en sí está incluido en esta suma con el fin de mantener la energía gastada por la acción de control en sí limitado.

Considerando un sistema lineal en el tiempo en espacio de estados

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu; x \in \mathbb{R}^n; u \in \mathbb{R}^P \\ y &= Cx \end{aligned} \quad (13)$$

y el criterio de desempeño

$$J = \int_0^{\infty} [x^T Q x + u^T R u] dt \quad (14)$$

Entonces el control óptimo que minimiza (J) está dado por la ley lineal de realimentación de estado, $u(t) = -Kx(t)$, donde $K = R^{-1}B^T P$.

Donde P es la única solución definida positiva de la matriz Ecuación Algebraica de Riccati (EAR)

$$A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + Q = 0 \quad (15)$$

8 MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo, los materiales y/o equipo principal a utilizar es una computadora en la cual se tenga instalado el software de Matlab y el toolbox Simulink 3D Animation.

De la literatura revisada se hace evidente que el vehículo aéreo a estudiar se trata de un sistema no lineal, inestable y complejo, dada su naturaleza e interacción con el entorno, por lo que se

pretende obtener un modelo linealizado en un punto de equilibrio inestable pero estabilizable modificando las entradas del sistema (velocidades de los motores).

La metodología que se pretende llevar a cabo es la siguiente:

- Elaborar un cuadro comparativo en el que se muestren las características de los distintos controladores encontrados en el estado del arte.
- Elegir el controlador que posea un mejor seguimiento de trayectoria y de ser posible, que además posea algunas características extra que lo hagan más robusto (velocidad de respuesta, mejor estabilidad, etc.).
- Implementar el controlador seleccionado en la simulación.
- Elaborar una nueva tabla comparativa para verificar los resultados obtenidos con los ya existentes y determinar la funcionalidad del nuevo controlador.

9 RESULTADOS

En seguida se muestra en la tabla 1 una comparativa entre los distintos trabajos relacionados al tema de investigación, en ella se pueden observar diversas características y ventajas que poseen algunas técnicas con respecto a otras.

Tabla 1 Características de distintas técnicas de control para el seguimiento de trayectorias.

	Versatilidad	Bajo sobre-impulso	Buena actitud	Rapidez en respuesta	Robustez	Mayor fidelidad en la trayectoria
PD						
PID						
LQR						
LQG						
PID-LQR						
EPSAC						
Control lineal						
Análisis Lyapunov						
Técnica de seguimiento de ruta						
Retroalimentación dinámica						

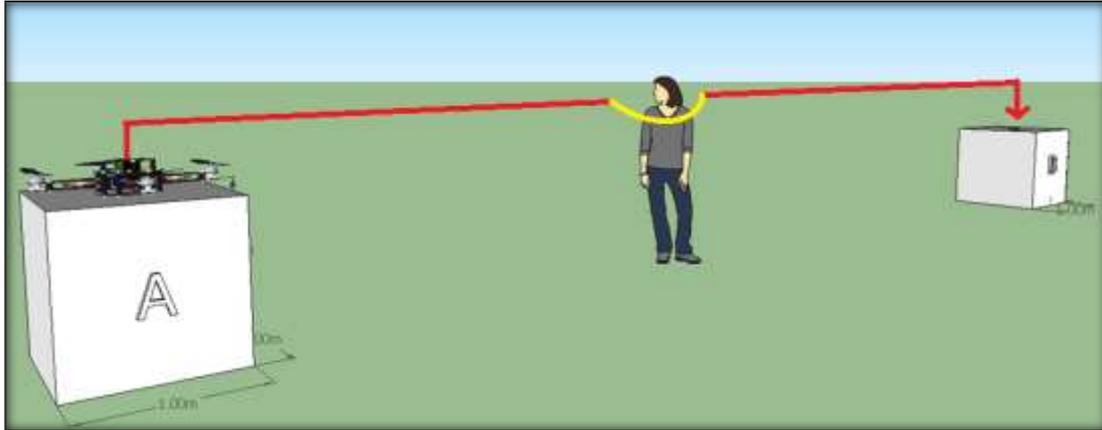
Fuente: propia del autor

La solución que se propone para reunir la mayoría de ventajas es que a partir de un controlador PID-LQR, que es el que posee mejores cualidades, se comiencen a realizar diferentes pruebas manipulando sus ganancias K_{pw} , K_{iw} y K_{dw} mediante métodos numéricos. Debido a que las características físicas del cuadricóptero pueden influir en gran medida para la controlabilidad del mismo, se pretende realizar una comparativa extra sobre las diferencias físicas entre los cuadricópteros utilizados por diversos autores y el propuesto para este trabajo. En la figura 3.1, presentada a continuación, se muestra un diagrama a bloques en el que se puede representar la solución propuesta.

Quizá como una posible mejora para la sintonización del PID, además del control LQR se es posible agregar algún algoritmo evolutivo que permita reducir cada vez más el error que pudiese existir a la salida, dando una ventaja extra al desempeño del cuadricóptero.

En la figura 4 se muestra el entorno de simulación a utilizar para comprobar el funcionamiento del controlador mediante Simulink 3D Animation de Matlab.

Figura 4. Entorno de simulación implementado en Simulink 3D Animation de Matlab.



Fuente: propia del autor

10 TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se analizaron distintas técnicas de control que brindan al cuadricóptero una buena actitud (estabilidad y orientación), así como una mejora en el seguimiento de trayectorias. Se pudo observar que en muchas ocasiones es posible obtener grandes ventajas, tales como una mejor precisión, pero a costa de aumentar el tiempo de respuesta. Es por eso que con el desarrollo de este trabajo se ha logrado encontrar un punto de equilibrio en el que se alcanzó una buena velocidad de respuesta, y a su vez, un seguimiento de trayectoria altamente efectivo.

Es importante tomar en cuenta que los resultados obtenidos pertenecerán sólo a una simulación, por lo que queda una gran labor para el trabajo a futuro, que sería llevar a la práctica el controlador diseñado y así tener un mejor sustento en el funcionamiento del mismo. Aunque los algoritmos de control presentados son aparentemente simples, el buen desempeño obtenido permite quedar a la espera de mejores comportamientos al utilizar esquemas de control más sofisticados.

Como trabajos futuros se pretende llevar a la práctica el uso del controlador propuesto, para de esta manera poder implementar el uso de un cuadricóptero en instituciones de educación para enviar documentos entre departamentos, evitando así que el personal de la institución pierda tiempo en trasladarse a otros edificios, aprovechando ese tiempo para continuar con el resto de sus labores de oficina y/o académicas.

REFERENCIAS

Alderete, T. S. (s.f.). *Simulator aero model implementation*. NASA Arnes Research Center, Moffet Field, California.

Argentim, L., Rezende, W., Santos, P. and Aguiar, R. (2013). PID, LQR and LQR-PID on a Quadcopter Platform. *Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), 2013 International Conference on*, 1-6.

Ballesteros, M., Luviano, A. and Chairez, I. (2014). Adaptive PD controller to solve the trajectory tracking of a quadrotor unmanned aerial vehicle. *Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático*, 498-503.

Benitez-Morales, J., Rodríguez-Cortés, H. y Castro-Linares, R. (2014). Seguimiento de la trayectoria y estabilización de la dinámica interna de un helicóptero a escala reducida mediante la técnica de seguimiento de ruta. *Memoria del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático*, 1029-1034.

Castillo, P., Lozano, R. and Dzul, A. (2004). Stabilization of a mini-rotorcraft having four rotors. *Intelligent Robots and Systems, 2004. (IROS 2004). Proceedings. 2004 IEEE/RSJ International Conference on*, 3, 2693-2698.

Guerrero Noboa, F. R. y Aníbal, M. G. (2013). *Modelación, Simulación Y Control De Sistemas Aéreos No Tripulados Utilizando Inteligencia Artificial*. Tesis de Licenciatura no publicada, Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Hernández Gaviño, R. (2010). *Introducción a los Sistemas de Control*. Aguascalientes: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Hernandez, A., Murcia, H., Copot, C. y De Keyser, R. (2014). Model Predictive Path-Following Control of an A.R. Drone Quadrotor. *Memoria del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático*, 618-623.

Huang, H., Hoffman, G. M., Waslander, S. L. and Tomlin, C. J. (2009). Aerodynamics and Control of Autonomous Quadrotor Helicopters in Aggressive Maneuvering. *Robotics and Automation, 2009. ICRA '09. IEEE International Conference on*, 3277-3282.

Luque Vega, L. F. (2010). *Diseño, Construcción y Control de un Helicóptero de 4 Rotores*. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Guadalajara.

Mistler, V., Benallegue, A. and M'Sirdi, N. (2001). Exact linearization and noninteracting control of a 4 rotors helicopter via dynamic feedback. *Proceedings of the 10th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, 586.

Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. Edo. De México, México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

Parrot SA. (26 de Septiembre de 2014). *Parrot*. Obtenido de <http://www.parrot.com/es/gallery/ardrone2/?page=2>

Reyes-Valeria, E., Enriquez-Caldera, R., Camacho-Lara, S., & Guichard, J. (2013). LQR Control for a Quadrotor using Unit Quaternions: Modeling and Simulation. *Electronics, Communications and Computing (CONIELECOMP), 2013 International Conference on*, 172-178.

Rosales, C., Scaglia, G., Carelli, R., & Jordan, M. (2011). Seguimiento de trayectoria de un mini-helicóptero de cuatro rotores basado en métodos numéricos. *XIV Reunión de Trabajo Procesamiento de la Información y Control*, 495-500.

Santiaguillo-Salinas, J. and Aranda-Bricaire, E. (2014). Seguimiento de Trayectorias para un Helicóptero de 4 Rotores A.R. Drone 2.0 Utilizando ROS. *Memoria del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático*, 606-611.

Solanki, J. (2013). Architecture And Applications Of Flying Robot. *International Journal of Engineering & Science Research*, 6124-6131.

Van der Berg, J., Wilkie, D., Guy, S. J., Niethammer, M., & Manocha, D. (2012). LQG-Obstacles: Feedback Control with Collision Avoidance for Mobile Robots with Motion and Sensing Uncertainty. *Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on*, 346-353.

9 DETECCIÓN DE BIOPOTENCIALES ACTIVOS EN UN ELECTROENCEFALOGRAMA

Anahí de Loera Figueroa¹
Universidad Politécnica de Aguascalientes
anahi.deloera@upa.edu.mx

¹ Estudiante de la de maestría en Ciencias en Ingeniería - UPA

Marco Antonio Álvarez Medina¹
Universidad Politécnica de Aguascalientes
marco.alvarez@upa.edu.mx

¹ Profesor de Tiempo Completo – Ingeniería en Sistemas Estratégicos de Información - UPA

Resumen

La detección de Biopotenciales activos en una lectura de actividad electroencefalografía, es un método que resuelve la necesidad de aislar señales presentadas a lo largo de un Electroencefalograma (EEG) con el fin de estudiar cada onda cerebral con sus características. Para ello se aplican funciones matemáticas bastantes complejas que requieren de un proceso computarizado muy sintetizado. La aplicación de un banco de filtros es una técnica que resuelve esta tarea de una manera simple, permitiendo garantizar la detección correcta de las variaciones de onda a lo largo del registro. Con este avance se puede aportar el procesamiento de señales a la investigación médica ya que el resultado concreto de esta implementación radica en la separación de los Biopotenciales reales en los diferentes casos de estudio. En este caso, los registros EEG son adquiridos por una diadema EPOC, el banco de filtros tiene un comportamiento semejante al de la Transformada Wavelet (WT) biortogonal del tipo *Spline*, cuyo fin es detectar momentos de inicio y fin de actividades de onda. Con esta etapa de prueba se obtuvieron ondas del tipo alfa que presentaron mayor densidad de frecuencias, mismas que proyectaron reflejos condicionados detectados en el lóbulo occipital. De esta manera con los resultados que se obtiene pueden ayudar a probar la funcionalidad del algoritmo para la aplicación del banco de filtros en futuras etapas de investigación.

Palabras Clave: Electroencefalograma EEG-Biopotenciales- filtro pasa-bajas LPF- filtro pasa-altas HP;-filtro derivador DpF- filtro integrador IpF.

Abstract

Detection of active bio potential on a reading of electroencephalographic activity, is a method that solves the need to isolate signals presented along an electroencephalogram (EEG) to study each brain wave characteristics. To do this quite complex mathematical functions that require a computerized process synthesized apply. Applying a filter bank is a technique that solves this task in a simple manner, allowing ensure correct detection of the variations of wave along the log. With this advance can provide signal processing for medical research since the concrete result of this implementation lies in the separation of real bio potential in the different case studies. In this case, the EEG records are acquired by a headband COPD, the filter bank has a similar behavior Wavelet Transform (WT) biorthogonal Spline type, designed to detect start and end times of wave activity. With this testing phase alpha waves guy who a higher density of frequencies, same as had projected conditioned reflexes detected in the occipital lobe were obtained. Thus the results obtained can help test the functionality of the algorithm for the implementation of the filter bank in future research stages.

Keyword: Electroencephalogram EEG-Bio potential- low pass filter LPF - high pass filter HPF-filter derived dF -integrating filter iF.

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo prueba la técnica de desarrollo titulada banco de filtros para detectar el inicio y fin de la actividad eléctrica de la corteza cerebral por medio de un registro Electroencefalográfico, el cual contiene cuatro ondas cerebrales de diferentes rangos de frecuencia presentados por diversos eventos del cuerpo humano tal como es el cerrar y abrir un ojo o ambos facilitando el procesamiento digital de estos registros estudiando la morfología de dichas ondas cerebrales.

2 PLANTEAMIENTO DE LA SITUACIÓN

El estudio de un registro Electroencefalográfico (EEG) es de gran utilidad en el área médica ayuda a encontrar encefalopatías tales como crisis convulsivas por epilepsias, crisis convulsivas por encefalopatía hipóxico-isquémica ya su vez trastornos como el déficit de atención en niños menos de

10 años siendo el objeto de estudio con la investigación presentada ya que determinado la morfología de la ondas cerebrales detectadas con la técnica propuesta se puede ayudar a diagnosticar ciertos trastornos con mayor rapidez en formato numérico por medio de un algoritmo computacional.

3 ANTECEDENTES

El trastorno por déficit de atención (TDA) se ha estudiado por más de 100 años el cual se presenta en niños menores de edad dando inicio de los primeros años de vida se manifiesta con síntomas como el de que no pone atención a los detalles y comente errores frecuentes por descuido; tiene dificultad para mantener la atención en las tareas y los juegos; se distrae fácilmente con estímulos irrelevantes entre otros más. En 1962 Clements y Peters en paralelo con el grupo de estudio institucional de Oxford en Neurología Infantil denominan el trastorno como “síndrome de disfunción cerebral mínima” dando una clasificación de estos con signos neurológicos menores y/o electroencefalograma disfuncional.

En niños con el TDA existen anomalías en el EEG, es por eso la motivación para realizar esta investigación sobre el estudio de biopotenciales activos en la corteza cerebral, una de estas anomalías que se encuentran comúnmente son un enlentecimiento difuso o intermitente, de la actividad eléctrica cerebral fuera de los límites normales para la edad cronológica en 30-60 % de los casos. Otra de las anomalías son las ondas lentas posteriores y en un menor grado las actividades epileptiformes. El trabajo de investigación “Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad” de Fernández y Callejas mencionan que hasta el momento actual no se ha encontrado un patrón Electroencefalográfico específico para el TDAH; ya que el trazado puede ser normal o presentar cierto grado de inmadurez eléctrica por la presencia de una mayor densidad de ondas lentas (Fernández, 2006).

En el 2010 en la publicación Diferencias electroencefalografías en niños con dos subtipos del trastorno por déficit de atención con hiperactividad de Rojas, Calzada y Rojas presentan que el análisis de un EEG puede determinar el tipo de TDAH que puede tener un niño, encontrando que los principales hallazgos en el electroencefalograma fueron el incremento de la actividad lenta frontal y la presencia de descargas epileptiformes. Se encontraron diferencias significativas entre los espectros de frecuencia de los grupos donde se aplicó el estudio, por exceso en las bandas lentas y por defecto en las rápidas en el hiperactivo/impulsivo respecto al combinado. Estos resultados respaldan el modelo de un déficit de maduración del Sistema Nervioso Central como base del TDAH, resumen las autoras (Rojas, 2010).

En el trabajo “Extracción y Selección de Características Discriminantes para la Detección de TDAH en Registros de Potenciales Evocados Cognitivos” de Castro en 2011 estudia el EEG para hallar patrones descriptivos convenientes de señales en este caso de registros de potenciales evocados cognitivos para así encontrar patologías como el TDAH identificando sujetos sanos y enfermos de manera automatizada. El estudio hace la comparación de diferentes técnicas de extracción y selección de características que permite evaluar la calidad de los atributos representativos de las señales ERP P (Castro, 2011)

En la ciudad de Aguascalientes un grupo de investigadores del sector salud ven la necesidad de contar con instrumentos que con ayuda de la ingeniería y procesamiento digital de señales arrojen de manera correcta un diagnóstico de manera computarizado sobre el Trastorno por Déficit de Atención por el número de pacientes revisados constantemente con este trastorno haciendo la propuesta de este trabajo de investigación que encontrando las formas geométricas y morfológicas en un EEG determinar el patrón del TDA en formato escalar.

4 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación pretende aportar una herramienta para el procesamiento digital del EEG de manera computacional en el hospital Hidalgo de la ciudad de Aguascalientes, factorizando los rasgos del Trastorno por déficit de atención en niños menores de edad los cuales tengan algún indicio de

dicho trastorno facilitando un diagnóstico en formato escalar con la creación de una técnica de análisis computacional en tiempo real y estacionario del EEG.

5 OBJETIVO

Detectar la presencia de biopotenciales de baja activación a lo largo del EEG mediante un banco de filtros para definir inicio y fin de las ondas presentadas en un registro EEG.

6 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Con una arquitectura de procesamiento digital de señales formada por bancos de filtros, se podrá detectar el inicio y fin de biopotenciales activo en ondas cerebrales presentadas en un registro Electroencefalográfico?

7 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Aplicando la técnica de banco de filtros se logra la detección correcta de las variaciones de ondas detectando el inicio y fin biopotenciales activo y objetos a lo largo de un registro Electroencefalográfico.

8 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA (AUTORES, TEORÍAS)

El presente trabajo es parte de una investigación que estudia el proceso de identificación y reconocimiento de las formas de onda de un registro EEG en tiempo real, mismo que se orienta al diagnóstico del trastorno por déficit de atención en niños menores de 10 años. En términos particulares, se tiene la necesidad de identificar el inicio y fin del registro de las ondas cerebrales para el obtener la forma morfológica de estas. Se sabe que una función que analice al registro en tiempo y frecuencia permite determinar la existencia de un Biopotenciales de acción.

Para fines de estudio en tiempo y frecuencia, una función del tipo requiere de bastante gasto computacional. Se toma como ejemplo la Transformada Wavelet (WT) (Tian-Xiao, 2004). Para ello, la técnica del banco de filtros propuesto trata de realizar la misma función que esta transformada. El experimento toma las lecturas de una diadema EEG EPOC y procesa los registros en una interface computacional, tomando en cuenta un proceso clásico de desaceleración de la señal, aplicando un filtro pasa bajas de bajo orden para posteriormente quedarse con las frecuencias estimadas de las ondas Beta, Alfa, Theta y Delta del EEG. Posteriormente se deriva la función obtenida para definir sólo los potenciales con máximos significativos, estos se estiman de manera heurística. De esta manera, se define un umbral de segmentación que dará sensibilidad a los niveles de energía que pudiera presentar el aura a identificar. Por último, se crea un ventana que se desliza a lo largo de la señal, limpiando todos los registros que se encuentren por debajo del umbral señalado para concluir con un experimento que entregará como resultado la identificación del inicio y el final de la actividad de un biopotencial con alta densidad de frecuencia.

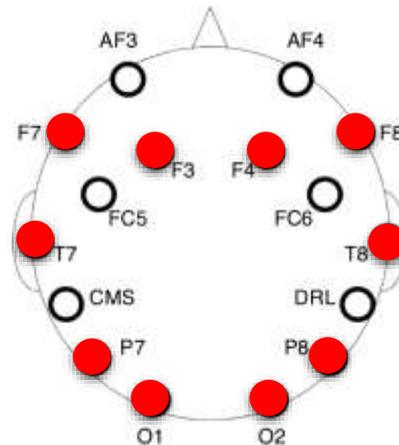
Como dato, es importante mencionar que en cada una de las zonas de la corteza cerebral se registran ondas cerebrales que son detectables en distintos rangos de frecuencia, como el caso de las ondas Delta, por ejemplo, que se maneja en rangos de frecuencia de 0.5 a 3.5 Hz, onda Theta con rangos de frecuencia de 4 a 7 Hz, ondas Alfa de 8 a 13 Hz y las ondas Beta de 14 a 30 Hz. Parámetros que darán línea al diseño de cada uno los filtros integrados en el banco de detección.

Los registros de un EEG se realizan por medio de la diadema EMOTIV EPOC elegida por su amplia variedad de aplicaciones de interfaz cerebro computadora (BCI) con respecto a un EEG, este instrumento cuenta con 16 derivaciones, figura 1, los cuales son ubicadas en cada zona de la corteza cerebral, es decir detectar biopotenciales en los cuatros lóbulos cerebrales y con la creación de un sistema de llave digital (SDK) se puede hacer la adquisición de las señales en cualquier lenguaje de programación, sin la necesidad de usar el software que incluye la diadema. Para este fin, el registro es procesado en la interface de simulación Matlab R2012b.

Observando la distribución de electrodo en la figura 1, las señales registradas en la interface son F3, F4, F7, F8, T7, T8, P7, P8, O1 y O2 y cada una de ellas es procesada para obtener cuatro ondas cerebrales (Alfa, Beta, Teta y Delta).

La colocación de los electrodos de la diadema EPOC se rige por el “Sistema Internacional de Posicionamiento de Electrodo 10-20” [5] como se puede observar en la figura 1. Identificando las zonas donde se tendrá la obtención de señales las letras F, P, T y O indican las zonas Frontal, Parietal, Temporal y Occipital respectivamente, los números pares corresponden al hemisferio derecho del cerebro y los impares al hemisferio izquierdo, como se puede observar en la figura 1 donde los puntos rojos indican la señal que se guarda en Matlab con un archivo .mat. (Uribe, 2002).

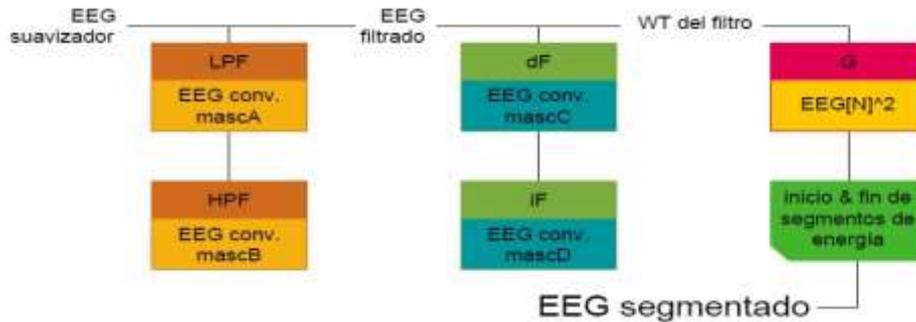
Fig. 1. Distribución de electrodos en el cuero cabelludo de la diadema EMOTIV EPOC



Fuente: propia del autor

Para la elección del filtro pasa-banda adecuado se hizo la comparación de varios filtros tanto FIR como IIR [7]. Los tipos de filtros FIR por ventaneo comparados fueron Bartlett, Blackman, Kaiser, Hamming y Gaussian; se observan las respuestas de cada uno de ellos tanto en su respuesta de fase como en magnitud, sin embargo sólo en algunas señales. Teniendo estudiada la respuesta de los filtros diseñados, el siguiente paso es aplicar filtros la topología pasa bajas y pasa altas de cada uno de ellos, en donde se detecten las ondas cerebrales Alfa, Beta, Teta y Delta respecto al rango de frecuencia y las zonas de la corteza cerebral, esto con el fin de preparar las señales para aplicar el banco de filtros entregando un registro listo para la identificación de los biopotenciales activos con mayor densidad A (Guyton, 2000).

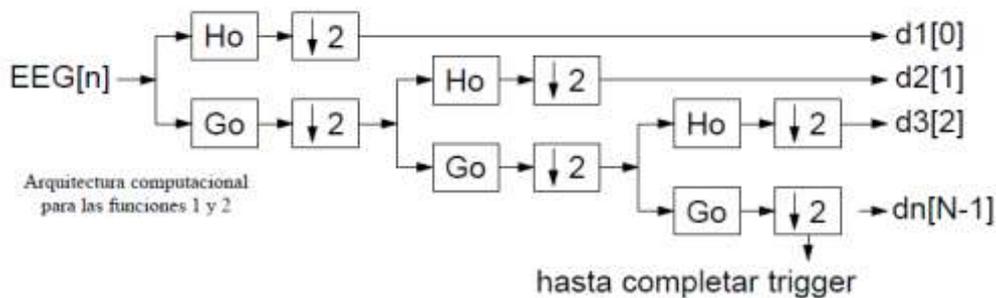
Fig. 2. Esquema de flujo, modelo del banco de filtros.



Fuente: propia del autor

En la figura 2 se muestra un esquema del modelo de banco de filtros empleado en este procesamiento. Se reparte la tarea en tratar al registro EEG por partes, haciendo un suavizado a lo largo de la señal por medio de algoritmo de *denoising* [8], con la arquitectura de la figura 3, de la transformada Wavelet. El algoritmo respeta las siguientes reglas en el umbral de su ventana de cómputo: logarítmico cuadrático, suavizado, escalamiento por nivel dependiente, descomposición en orden de 6 a 8 y una función Daubechies como transformada Wavelet biortogonal.

Fig. 3. Arquitectura con 3 niveles descomposición de una señal. H0 es un filtro pasa altas y G0 uno pasa bajas.



Fuente: propia del autor

Aplicado lo anterior se crea una ventana de cálculo con un filtro pasa altas que elimina la señal portadora del EEG dejando pasar las frecuencias de mayor velocidad para conocer las zonas de mayor densidad de frecuencias restantes a lo largo de la señal. Posteriormente, después de aplicar el filtro, se tiene una señal preparada para obtener los máximos de las oscilaciones presentadas así como el peso de cada una de sus curvas mediante una integración.

Por último se eleva la señal al cuadrado para conocer la energía de sus oscilaciones fundamentales. Con todo lo anterior, y considerando el umbral que da sensibilidad al banco de filtros, se eliminan todos los niveles de energía que no representen una actividad específica o significativa. De ese modo se puede determinar que toda elevación representa un inicio de biopotencial y todo descenso representa un fin. De esta manera, se creará una ventana que encierra los segmentos en donde se encuentren las actividades de mayor densidad del EEG (Proakis, 2007 y Unser, 1997).

Hasta el momento todas las señales registradas se encuentran ya filtradas y normalizadas obtenidas de cada individuo o paciente en caso de estudio.

La aplicación de banco consistirá en lo siguiente: aplicando el filtro Butterworth de orden 25 con una frecuencia de muestreo mayor a 180Hz (siendo ésta la frecuencia de muestreo del instrumento utilizado), el filtro se sintoniza entre 8Hz y 13Hz correspondientes a la onda alfa. Se sintoniza la sensibilidad del umbral del banco de filtros, éste parámetro varía en cada caso; la finalidad es lograr identificar la actividad a estudiar. Se crea la ventana pasa bajas y otra pasa altas propuesta, ésta podría ser el vector resultante de una transformada wavelet biortogonal del tipo *spline* (Tian-Xiao, 2004). Cuyos coeficientes son descritos en la siguiente ecuación.

$$h(k) = e^{ink/2} \left(\frac{\sin(kn/2)}{kn/2} \right)^n \quad (1)$$

Para $k = n, n+1, \dots, 2p-1$. En donde $h(k)$ corresponde a los coeficientes de la ventana.

Obtenida la salida de los filtros, se aplica una acción derivada, ecuación 2, y se realiza un escalamiento elevando todos los coeficientes de la señal resultante al cuadrado. De esta manera se realiza un barrido que determine las elevaciones correspondientes para definir el inicio de la ventana. Por último se revisa la pérdida de energía de la señal para determinar los descensos de la señal y definir el fin de biopotencial detectado.

$$g(k) = e^{-ink/2} \left(\frac{kn/2}{\sin(kn/2)} \right)^n \phi(kn) \quad (2)$$

9 MATERIALES Y MÉTODOS

Aplicando el método cuantitativo en primera fase del banco de filtros se tiene un vector donde los coeficientes resultantes para el experimento corresponden a los vectores $h1(k)$ para el pasa bajas y $h2(k)$ para el pasa altas.

$$h1(k) = [1 \ 0.5 \ 0 \ -0.5 \ -1 \ -1.5 \ -2 \ -1.5 \ -1 \ -0.5 \ 0 \ 0.5 \ 1] \quad (3)$$

$$h2(k) = \underset{1}{\text{zeros}(1,17)} \text{ en donde } h2(17) = \quad (4)$$

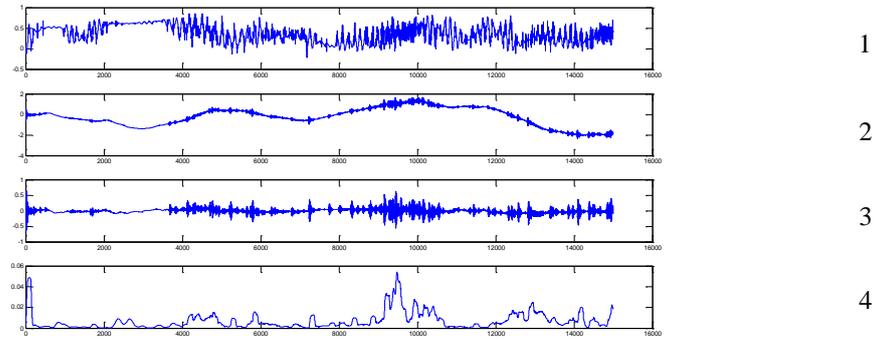
Los cuáles serán convuolidos con el EEG y darle una forma y de esta manera en su salida se aplica una acción derivada encontrando máximos y mínimos indicando que todo cruce por cero identifica un pico de señal determinando el inicio y fin de la ventana.

En la última salida del banco de filtros el vector obtenido con la acción derivativa e integrativa se encuentra la energía de la señal o en su defecto los biopotenciales los cuales contiene información sobre algún evento.

10 RESULTADOS

El caso de estudio, estima la observación de las señales en cada salida, de cada uno de los filtros del banco. En la figura 4 se muestra el efecto del filtro sobre el EEG en función del tratamiento específico en cada etapa hasta llegar al cálculo de la energía de cada biopotencial. La señal 1 corresponde al EEG registrado por el instrumento; la señal 2 corresponde a la salida del filtro *denoising*, muestra un EEG sin ruido superpuesto; la señal 3 correspondiente a la normalización de la señal, muestra un EEG sin portadora con una acción ID (integrador-derivador) cuyo efecto muestra el ondulatorio del EEG y por último la señal 4 muestra la energía de cada biopotencial del EEG.

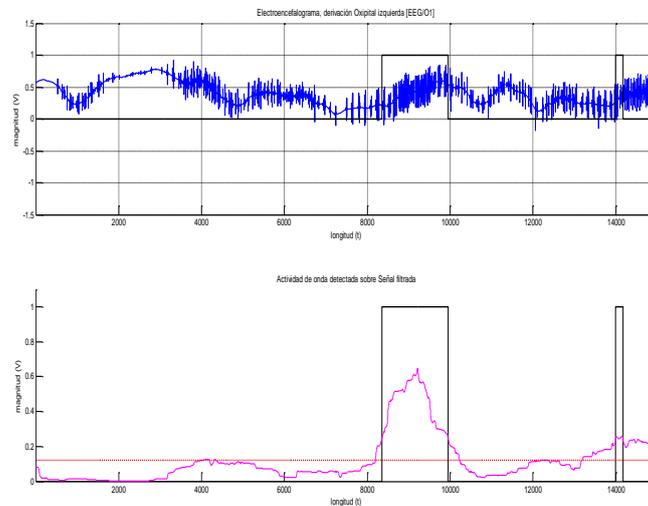
Fig.4. EEG tratado, salida de los filtros en cada etapa del banco. Señal 1, EEG registrado; señal 2, filtro WT denoising; señal 3, filtro pasa banda combinado con filtro derivador e integrador; señal 4, energía de los biopotenciales.



Fuente: propia del autor

Para fines prácticos se analizó la señal Alfa de las derivaciones O1 y O2 con rasgos condicionados, en este caso parpadeo de ojos. Se aplicó el filtrado pasa-banda IIR Buterworth para normalizar la señal con el banco de filtros se identificó la densidad de la señal así como el inicio y fin del evento, en este caso un parpadeo, voluntario, de ojos. En la figura 5 se puede observar que con la aplicación del banco de filtros a la derivación O1, por medio del ventana, se identificó la zona de la onda con mayor densidad, indicando que se presentó un reflejo condicionado.

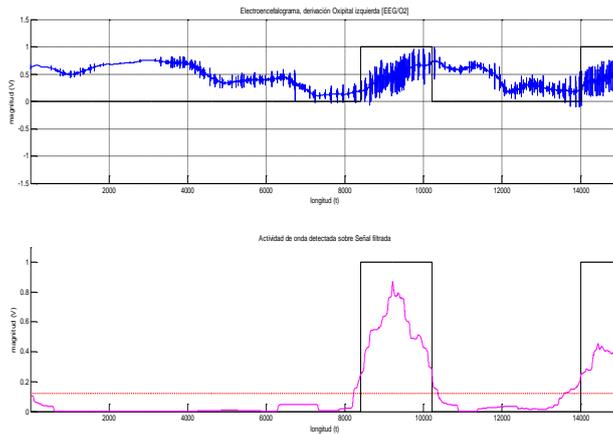
Fig. 5. Segmentación de EEG en derivación O1. Detección de potenciales de acción por reflejo condicionado, acción voluntaria de parpadeo en segmento corto. Resolución=10bits sobre Fs=180. Umbral 0.15.



Fuente: propia del autor

De igual manera se aplicó la técnica anterior en la derivación O2 para identificar la misma condición, reflejada en el otro hemisferio de la corteza cerebral, figura 6.

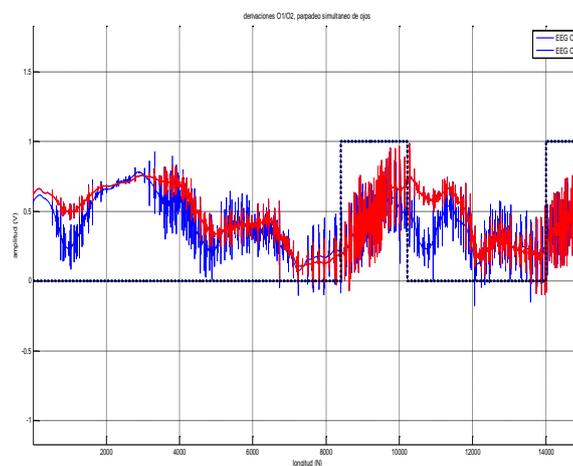
Fig.6. Segmentación de EEG en derivación O2. Detección de potenciales de acción por reflejo condicionado, acción voluntaria de parpadeo en segmento corto. Resolución=10bits sobre Fs=180. Umbral 0.15.



Fuente: propia del autor

Para observar los resultados de una manera clara en la figura 7 se tiene el empalme de estas dos derivaciones y la coincidencia de los segmentos donde se presentó el evento.

Fig. 7. Comparativa de registro EEG en derivaciones O1 y O2. Empalme de segmento detectado. Resolución=10bits sobre $F_s=128$ en ambos canales.



Fuente: propia del autor

11 CONCLUSIONES

Se deben tomar en cuenta los detalles la sintonización de las reglas de *denoising* conforme al SDK creado para la captura de la señal, con la frecuencia de muestreo del instrumento ya que esto determinará la limpieza del registro EEG y el correcto funcionamiento del banco de filtros.

Es importante considerar la linealidad de la respuesta del filtro, particularmente en su respuesta, ya que de esto dependerá en no perder componentes fundamentales de la señal, que podrían definir la aparición de un biopotencial.

El análisis debe observarse en cada composición y descomposición de la señal en la salida de cada uno de los filtros, principalmente después del derivador, ya que ahí es en donde el algoritmo determina el tamaño de la ventana que discrimine los inicios y fines de cada biopotencial.

12 TRABAJOS FUTUROS

En las siguientes etapas del trabajo de investigación se segmentaran los biopotenciales activos con el fin de determinar que forma geométrica contiene el biopotencial y determinar que primitiva se aplicara en cada caso encontrado el patrón que arroje el resultado que se espera valido por el médico.

REFERENCIAS

A. Fernández Jaén Y B. Callejas Pérez. (2006). *“Trastorno Por Déficit De Atención Y/O Hiperactividad (TDAH)”*. Abordaje multidisciplinar.

A. C. Guyton. (2000). Tratado de Fisiología Médica, New York: McGraw-Hill, Interamericana.

A. N. Bermúdez. (2013). Técnicas De Procesamiento De Eeg Para La Detección De Eventos, Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata.

C. Uribe, A. Arana Y P. Lorenzana. (2002). «Corporación para investigaciones Biológicas,» Neurología Fundamentos de Medicina, [En línea].

H. Tian-Xiao. (2004). «Biorthogonal spline type wavelets,» Computers & Mathematics with Applications , vol. 48, nº 9, pp. 1319-1334.

J. Proakis Y D. Manolakis. (2007). Tratamiento digital de señales, España: Pearson, Prentice Hall.

M. A. Unser. (1997). «Ten good reason for using spline wavelet,» Unser, M. A. (1997, October). Ten good reasons for usOptical Science, Engineering and Instrumentation'97 International Society for Optics and Photonics., pp. 422-431.

P. A. Castro Cabrera. (2011). Extracción y Selección de Características, Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2011.

Y. Rojas Reyes , A. Calzada Reyes Y L. Rojas Zuaznabar. (2010). “Diferencias electroencefalográficas en niños con dos subtipos del trastorno por déficit de atención con hiperactividad,» *Rev haban cienc méd [online]*, vol. 9, nº 4, pp. 491-499.

10 CLASIFICACIÓN DE PROVEEDORES Y CLIENTES EN LA CADENA DE SUMINISTROS MEDIANTE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP)

¹ Profesora de Tiempo Completo.

Resumen

La planeación estratégica de una empresa toma en cuenta el total de ella, por lo tanto ésta debe ser realizada por la cabeza de la empresa y proyectada a largo plazo, pero en periodos específicos, 3 años, 5 años, etc., debido a los cambios constantes que se dan en el mercado. Entre las actividades a tomar en cuenta dentro de la planeación estratégica de la empresa se encuentra la clasificación de los proveedores y clientes.

La clasificación de los proveedores y clientes tiene una gran importancia en el sector productivo debido a que ayudará al tomador de decisiones a saber cuáles proveedores y clientes son los más recomendables para sus proyectos. El presente trabajo pone en práctica la aplicación de una las técnicas de decisión multicriterio discreta (Proceso de Análisis Jerárquico o AHP) en el proceso de toma de decisiones con el objetivo de clasificar a los proveedores y clientes. Se consideró esta técnica debido a que es la que nos permite clasificar y además comparar muchos criterios de decisión con relaciones fuertes entre ellos.

Esta clasificación se puede aplicar a cualquier tipo de empresa que tenga una cartera de proveedores y clientes, lo único que hay que tomar en cuenta son los criterios que apliquen para cada proyecto.

Palabras clave: Clientes – Proveedores – AHP - Clasificación

Abstract

The strategic planning of a company takes into account the total of it, therefore it must be conducted by the head of the company and prospective long term, but in specific periods, three years, five years, etc., due to constant changes that occur in the market. Among the activities to be considered in the strategic planning of the company is the classification of suppliers and customers.

The classification of suppliers and customers is of great importance in the productive sector because it will help the decision maker to know which providers and customers are the most suitable for their projects. This paper implements the application of the techniques of discrete multicriterio decision (or AHP Hierarchy Process Analysis) in the process of decision making in order to classify the suppliers and customers. This technique because it is what allows us to classify and also compare many decision criteria with strong relations between them are considered.

This classification can be applied to any type of company with a portfolio of suppliers and customers, all you need to consider are the criteria applied to each project.

Keywords: Clientes – Proveedores – AHP - Clasificación

1 ANTECEDENTES

La planeación estratégica es uno de los instrumentos más importantes para la organización ya que con ella puede proyectar el cumplimiento de sus objetivos aprovechando al máximo sus capacidades. Con la planeación estratégica podemos observar todas las causas y los efectos que se pueden presentar al tomar una decisión. La planeación estratégica también observa las posibles alternativas de los cursos de acción en el futuro, y al escoger unas alternativas, éstas se convierten en la base para tomar decisiones presentes.

Una de las partes fundamentales de la planeación estratégica y que logra mantener a la empresa en el mercado es el trabajo directo con los proveedores y clientes. Las organizaciones deben evaluar y clasificar a los proveedores de acuerdo a su capacidad para abastecerlos de productos adaptándose a sus necesidades. De igual forma se deberán clasificar a los clientes de una forma adecuada para obtener las ganancias necesarias para una buena salud financiera y mayores ventajas competitivas.

Para poder llevar a cabo dicha clasificación se deberán establecer criterios para la clasificación y evaluación. Precisamente, estos criterios introducen cierta complejidad al proceso, puesto que su carácter en la mayoría de los casos es eminentemente subjetivo, de ahí que se produzcan diferencias significativas en la calificación de un proveedor o cliente, lo cual depende de quién esté realizando la evaluación. Por lo tanto, debido a la importancia del proceso es necesario establecer un procedimiento que nos ayude a eliminar dicha subjetividad en el momento de la selección. Por lo cual se deberá elegir la herramienta que permita tener la confianza en el proceso de toma de decisión, tanto en lo referente al resultado, como al proceso para llegar a él.

2 JUSTIFICACIÓN

La clasificación de los proveedores y clientes es una evaluación de tipo multicriterio en la cual necesitamos de herramientas que nos permitan elegir al proveedor o al cliente con las características que se adapten mejor a las necesidades de la empresa mediante la utilización de la información ya existe en las empresas. El proceso de aplicación de AHP nos da la facilidad de retroalimentación, por lo que el proceso puede ir variando dependiendo de los resultados obtenidos, Con esto podemos adecuar cada una de las partes por la que mejor se adapte a nuestro problema.

3 OBJETIVO(S)

3.1 Objetivo General

Evaluar y aplicar criterios para la clasificación de proveedores y clientes.

3.2 Objetivos Específicos

- Definir criterios para realizar una mejor clasificación de proveedores de acuerdo a los objetivos estratégicos de una empresa a analizar.
- Clasificar a los proveedores de acuerdo a los criterios previamente establecidos.
- Proponer estrategias que le den a la empresa una ventaja competitiva en cuanto a la selección de proveedores.
- Definir criterios para la clasificación de los clientes.
- Clasificar a los clientes de acuerdo a los criterios de selección establecidos anteriormente.
- Proponer estrategias de servicio que le den a la empresa una ventaja competitiva en cuanto a la clasificación hecha anteriormente.

4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Por qué utilizar métodos multivariados?
- ¿Para qué clasificar a los proveedores?
- ¿Para qué clasificar a los clientes?
- ¿Por qué mediante de análisis jerárquico?

5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

5.1 Toma de Decisiones

Cualquier tipo de actividad que involucre de una u otra manera la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de una serie de criterios de decisión puede presentar algún tipo de

conflicto entre ellos. Además es claro que este proceso se puede ver influenciado por quien toma la decisión así como de patrones mentales o por la interacción con otras personas y sus posiciones jerárquicas añadiendo al proceso elementos de variabilidad.

En ocasiones los ingenieros consideran la toma de decisiones como su trabajo principal ya que tienen que verificar constantemente qué se hace, quien lo hace y cuándo, dónde e incluso como se hará. Sin embargo la toma de decisiones es sólo un paso de la planeación ya que forma la parte esencial de los procesos que se siguen para elaboración de los objetivos o metas trazadas a seguir. Rara vez se puede juzgar sólo un curso de acción, porque prácticamente cada decisión tiene que estar engranada con otros planes (Koontz y Wehrich, 1999).

El tomador de decisiones necesita una herramienta más efectiva para poder llevar a cabo una selección efectiva y alcanzar una meta de acuerdo a las circunstancias y limitaciones existentes. Se necesita también la información y la capacidad para analizar y evaluar las alternativas de acuerdo con la meta deseada. Por último, necesitan tener el deseo de llegar a la mejor solución mediante la selección de la alternativa que satisfaga de un modo más efectivo el logro de la meta (Murdicck, 1999).

Es raro que las personas logren una racionalidad completa, en particular en la administración como en la ingeniería (Hall, 2000).

- En primer lugar, como nadie puede tomar decisiones que afecten el pasado, las decisiones tienen que operar para el futuro.
- Es difícil reconocer todas las alternativas que se pudieran seguir para alcanzar una meta; esto es cierto cuando en especial la toma de decisiones incluye oportunidades de hacer algo que no se ha hecho antes. Es más, en la mayor parte de los casos no se pueden analizar todas las alternativas e incluso con las técnicas analíticas y las computadoras más modernas disponibles.

Cuando se quiere tomar una decisión no es muy recomendable solo tener en cuenta las opiniones de una sola persona debido a que se tiene el problema de que las decisiones o los criterios sean subjetivos, por lo que hay que generar discusión e intercambio entre los actores, que por su experiencia y conocimiento pueden ayudar a estructurar el problema y a evaluar las posibles soluciones. Si bien el supervisor casi siempre toma las decisiones solo, hay ocasiones en que debe aprovechar la ventaja de contar con su grupo de subordinados para tomar ciertas decisiones. Estas decisiones individuales o grupales tienen cada una de ellas sus ventajas y desventajas, que influyen de manera determinante en el rol de la gerencia de nuestras organizaciones (Dichter, 1999).

Un grupo logra recopilar más información, teniendo acceso a más fuentes informativas que un solo individuo, independiente de la educación y de la experiencia de este. Por lo tanto los grupos pueden ofrecer mayores aportes, tanto en la cantidad como en la diversidad para la Toma de decisiones, y también ayudan a incrementar la aceptación de una solución o bien la variedad de puntos de vista. Muchas decisiones fracasan después de elegida una opinión debido a que un sector de gente no la acepta como una solución posible; cada uno de sus integrantes tiene un punto de vista propio que difiere, en cierta medida, del de los demás, como resultado, la cantidad y tipos de opciones son mayores que los del individuo que trabaja solo. La participación en grupo facilita una amplia discusión y una aceptación más participativa; es posible que haya divergencias en los acuerdos, pero se plantea y permite su discusión para cuando ya sea aceptada, sea un compromiso de todo un conjunto (Gómez, 2005).

La toma de decisiones en grupo puede utilizarse con mucha eficiencia si el supervisor maneja la situación como debe ser. Uno de los factores más importantes consiste en ganarse el apoyo de los miembros del grupo; señalándoles el valor de sus aportes en la solución del problema. Un segundo enfoque muy útil consiste en dar a cada integrante del grupo elementos específicos en que pensar y trabajar, para que pueda reconocer sus aportes; también crear un entorno donde las personas puedan expresarse abierta y francamente y que estimule tanto los aportes creativos como las discusiones sobre las fallas o los errores en que podría incurrirse.

Esto último es de especial importancia para evitar el surgimiento del Pensamiento Grupal (Terry y Franklin, 2001).

Debido a esto es necesario contar con herramientas que nos ayuden a seleccionar los mejores criterios para la evaluación de los clientes y proveedores que están involucrados con la empresa, para así poderlos implementar y saber si son los adecuados o no.

6 METODOLOGÍA

La clasificación de los proveedores y clientes es una evaluación de tipo multicriterio en la cual necesitamos de herramientas que nos permitan elegir al proveedor o al cliente con las características que se adapten mejor a las necesidades de la empresa mediante la utilización de la información ya existe en las empresas. El proceso de aplicación de AHP nos da la facilidad de retroalimentación, por lo que el proceso puede ir variando dependiendo de los resultados obtenidos, Con esto podemos adecuar cada una de las partes por la que mejor se adapte a nuestro problema. De igual forma los involucrados en el equipo de trabajo pueden ser adaptados a la situación. En la figura mostrada a continuación se pueden apreciar las etapas de la aplicación del AHP:

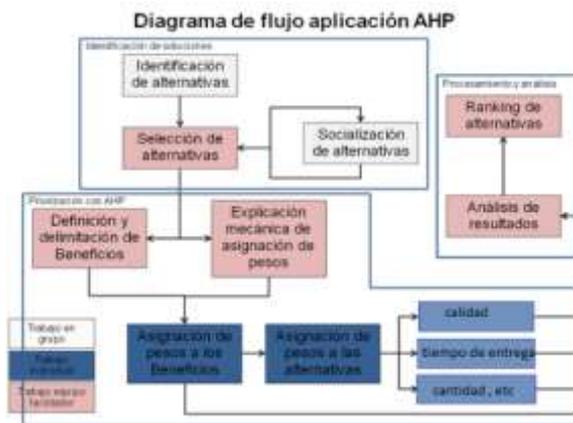


Figura: Metodología para la aplicación de AHP

Los criterios que se definen buscan abarcar la mayor cantidad de características posibles presentadas por los proveedores y clientes como se muestra en la figura, sin embargo el modelo propuesto permite incorporar más criterios o utilizar los de mayor relevancia dependiendo del caso.

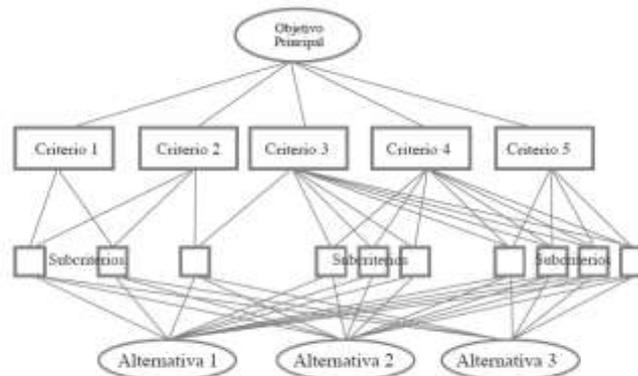


Figura: Criterios y Alternativas en AHP

Además de la definición de los criterios se debe plantear una escala de calificación para cada criterio que permita otorgar a la empresa puntajes cuando el desempeño del proveedor en un criterio de evaluación es bueno, regular o malo. Los criterios propuestos son: tiempo de entrega

de servicios según fechas y cantidades, bienes, calidad, servicio post entrega y finanzas y en el caso de los clientes dependerá de las cantidades pedidas, tiempos de recepción de facturas y pagos, constancia en los pedidos, vías de acceso, etc. Sobre estos criterios los miembros del comité de trabajo elegirán los que les interesen y propondrán algunos otros. Estos criterios se establecieron en conjunto con la persona interesada en la clasificación gracias a su experiencia en el ramo, el los consideró importantes, además de que son los que más valor agregado le dan a la selección.

El paso siguiente es la definición de los criterios y las escalas de medición, las cuales son propias y dependen del tipo de negocio o sector al que pertenezca la organización. Las escalas de medición se establecerán de acuerdo a las establecidas por Saaty y se muestran a continuación:

- 1: Igualmente importante
- 3: Ligeramente más importante
- 5: Notablemente más importante
- 7: Demostrablemente más importante
- 9: Absolutamente más importante

Después de obtenida la calificación, se hace necesario clasificar el desempeño del proveedor ó cliente en varias categorías en base a los criterios definidos para así poder determinar cuáles son mejores que otros. La clasificación de los proveedores y clientes es importante para la empresa ya que esto ayudará tomador de decisiones a establecer el tipo de contratos, tiempos de entrega, etc.

7 RESULTADOS

El propósito del método en este problema de clasificación fue proporcionar al decisor las herramientas necesarias para obtener una lista de proveedores y clientes y que mediante ella pueda ver cuál es que el quedó con la mejor calificación. Este listado apoyará al momento de tomar la decisión ya que en base a sus características y un porcentaje puede ver de forma rápida cuales fueron los mejores evaluados.

La selección de proveedores debe tener como criterio principal, la capacidad del proveedor para mejorar y trabajar bajo políticas de fabricación, sin olvidar las características tradicionales como la calidad, el servicio, el precio y los planes de pago. Esta decisión en ocasiones puede ser bastante difícil ya que existe una gran diversidad de productos y servicios que se adquieren y de las variaciones cualitativas y cuantitativas en el comportamiento de la demanda.

Un despacho de arquitectos tiene una cartera de 25 proveedores de los cuales se seleccionaron 19 que representan el 80% del consumo de materiales. Solo se tomaron en cuenta estos ya que el resto proporciona solo materiales muy específicos para determinados proyectos que se hacen de forma muy esporádica. Se determinó además que el arquitecto y el maestro de obra fueran los que se encargarían de seleccionar los criterios que se consideraron en la clasificación ya que son los que cuentan con la experiencia en el ramo y están acostumbrados a trabajar con ellos y saben que es lo que necesitan de la materia prima. Los criterios que se tomaron en cuenta para la clasificación de los proveedores fueron:

- Calidad
- Precios competitivos
- Tiempos de entrega
- Disponibilidad
- Cumplimiento en las entregas
- Servicio postventa
- Gestión Administrativa (Facturación, garantías, facilidades de pago)
- Confiabilidad

Para estos criterios se aplicó AHP para determina el mejor criterio a evaluar. Por otro lado en el caso de los clientes, el despacho de arquitectos tiene una cartera de clientes de ocho los cuales se

seleccionaron los cinco más importantes que son los que regresan por los servicios de la empresa. Aquí de igual forma que con los proveedores los que establecieron los criterios de selección fueron el arquitecto y el maestro de obras. Dichos criterios son:

- *Pago en tiempo*
- *Capacidad para identificar sus necesidades*
- *Constancia*
- *Pago de contado*
- *Recomendación*
- *Paciencia con tiempos de entrega*

Se realizó un análisis similar al anterior en donde se le otorgo una calificación a cada uno de los cinco clientes en los cinco criterios diferentes de forma subjetiva apoyados en su experiencia en el área, se aplicó AHP y se clasificaron.

8 TRABAJOS FUTUROS

Es recomendable estar actualizando esta base de datos para seguir incluyendo a los nuevos proveedores y clientes y poder ubicarlos en alguna parte de la clasificación actual.

Siguiendo con esta línea podemos actualizar las bases de datos, criterios y realizar en base a estos criterios la selección de los clientes y proveedores.

Por otro lado es recomendable que al momento de llevar a cabo la clasificación se hagan categorías de clientes y proveedores para así establecer estrategias específicas para cada grupo con ayuda del diseñador y el arquitecto.

REFERENCIAS

Aguarón, J.; Moreno-Jiménez, J. M. (2003): "The Geometric Consistency Index: Approximated Thresholds". European Journal of Operational Research.

Dichter,E.(1999) .¿Es usted un buen gerente? Editorial McGraw Hill Latinoamericana, S.A.

Hall Richard.(2000)."Organizaciones". Editorial Prentice-Hall Hispanoamérica, S.A. México.

Kotler,P.(1199),"El Marketing Según Kotler", Editorial Paidós SAICF.

Koontz,H., Y Weihrich,H.(1999). "Administración Una Perspectiva Global" Mcgraw- Hill Interamericana De Editores, S.A., Onceava edición.

Murdicck Robert.(1999). Sistemas de información Administrativa. Editorial Prentice-Hall Hispanoamérica, S.A. México.

Perini, Ricca, Filippo,Susi. Angelo.(2009)."Tool-supported requirements prioritization: Comparing the AHP and CBRank methods".Information & Software Technology; Vol. 51 Issue 6, p1021-1032, 12p

Raharjo, Xie, Min, Brombacher, Aarnout (2009)." On modeling dynamic priorities in the analytic hierarchy process using compositional data analysis".European Journal of Operational Research; Vol. 194 Issue 3, p834-846, 13p

SAATY, T. L. (1980): Multicriterio Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill. New York.

Saaty,T,L. (1998) Método Analítico Jerárquico (AHP): Principios Básicos. En el libro: Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias. Editorial Universidad de Santiago.

Saaty, T.L. (1999). Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.

Saaty, T.L. (2000). "Decision making for leaders".Pittsburgh,PA.University of Pittsburgh,RWS Publications.

Saaty, T.L. (2001). Fundamentals of Decision Making and Priority Theory. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.

Saaty, T. L. (2008). "Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors - The Analytic Hierarchy/Network Process". RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics).

Saaty, T.L.; Forman (1992). The Hierarchon: A Dictionary Of Hierarchies. Pittsburgh, Pennsylvania: Rws Publications.

Trick, Michael A. (2001). "Analytic Hierarchy Process". Carnegie Mellon University

Walpole, Myers And Myers, (1999), "Probabilidad y Estadística para ingenieros", Prentice Hall, México

11 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS APLICANDO VARIABLES MECÁNICAS EN FINGER KNUCKLE PRINT (FKP)

¹ Ingeniero Electrónico por el Instituto Tecnológico de Aguascalientes

Universidad Politécnica de Aguascalientes
moises.marquez@upa.edu.mx

Carlos Alejandro de Luna¹

¹ Dr. En Ciencias por la Universidad de Guadalajara

Resumen

Desde la antigüedad una de las mayores necesidades del ser humano es el identificar a las personas, seguridad nacional, sistemas informáticos, computadoras portátiles, telefonía móvil, control de acceso físico, seguridad informática, cajeros automáticos, entre otros son algunos ejemplos en donde establecer la identidad de las personas es de vital importancia, esta notable tarea se ha convertido en los últimos años en una importante interfaz activa hombre – máquina. En la actualidad existen diversas medidas de seguridad basadas en reconocimiento que son confiables, como pueden ser contraseñas, o símbolos utilizados en tarjetas y pasaportes para control de acceso, aunque estos métodos no son del todo seguros.

Palabras clave: Finger Knucle Print - biometría.

Abstract

Since ancient times one of the greatest human needs is to identify persons, national security, computer systems, laptops, mobile phones, physical access control, computer security, ATM, etc. are some examples where establish the identity of individuals is vital, this remarkable task has become in recent years a major active interface man - machine. There are currently various security measures based on recognition that are reliable, such as passwords, or symbols used on cards and passports for access control, but these methods are not entirely sure.

Key Words: Finger Knucle Print - biometrics.

1 INTRODUCCIÓN

El término *biometría* proviene de las palabras griegas “*bios*” vida y “*metrón*” medida, esta ciencia estudia el reconocimiento de seres humanos de forma automática utilizando una o varias características fisiológicas o de comportamiento, tales como huellas dactilares, rostro, iris, voz, firma, entre otras, que resulten lo suficientemente discriminativas dentro de una población.

Verificar la identidad de manera fiable es crucial en una variedad de aplicaciones tales como el control de acceso a áreas restringidas, transacciones bancarias electrónicas, sistemas

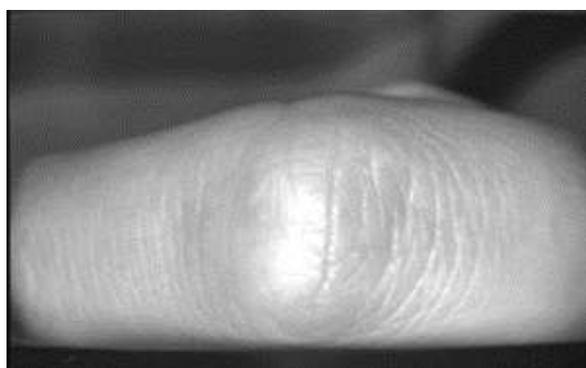
informáticos de acceso, telefonía móvil, entre otros. En comparación con las contraseñas o tarjetas de identificación, la autenticación biométrica es preferible y confiable para aquellas aplicaciones que requieren alta seguridad comparado con las formas tradicionales de identificación como tarjetas, contraseñas, llaves, entre otras.

Comúnmente, la autenticación de personas se ha realizado por sistemas informáticos utilizando llaves y tarjetas electrónicas, contraseñas, número de identificación personal (P.I.N. por sus siglas en inglés, Personal Identification Number), entre otros. En algunas ocasiones estos indicadores pueden ser a menudo olvidados, revelados o alterados (Mahesh Kumar, 2014).

Entre los rasgos biométricos existentes, la biometría basada en la mano es la que más ha llamado la atención desde tiempos remotos. Rasgos como la huella dactilar, impresión palmar, geometría de la mano, y en los últimos años la impresión de la superficie de los nudillos (F.K.P. por sus siglas en inglés, Finger Knuckle Print), se han utilizado como rasgos biométricos en relación con una mano.

La biometría de la impresión de la superficie de los nudillos es un patrón de superficie del nudillo externo del dedo, como el que se muestra en la Figura 1.1, el cual contiene muchos modelos de crestas finas y textura, en los últimos años los investigadores han puesto su mirada en este rasgo biométrico y se espera que sea uno de los rasgos más distintivos (Shoichiro Aoyama, 2014).

Figura 1.1. Impresión de la superficie de los nudillos



Fuente: Base de datos de Hong Kong Polytechnic University (Zhu, Zhang, & Zhang, 2014).

La impresión de la superficie de los nudillos es muy singular, por lo que puede servir como elemento biométrico distintivo, en comparación con las otras técnicas biométricas tradicionales (por ejemplo, reconocimiento facial, huellas dactilares, voz, iris, entre otros), este rasgo presenta algunas ventajas en aplicaciones reales, por ejemplo, difícil de ser erosionada ya que las personas tienen poco contacto con material en la cara externa de las manos, a diferencia de las huellas dactilares, no hay estigma de investigación criminal asociada con la impresión de la superficie de los nudillos, por lo cual este rasgo biométrico tiene una alta aceptación social.

1.1 Base de datos

La base de datos a utilizar en este trabajo de tesis proviene de la Universidad Politécnica de Hong Kong, del Centro de Investigación Biométrica (Zhu, Zhang, & Zhang, 2014). Las imágenes de la superficie de los nudillos se obtuvieron de 120 voluntarios, incluyendo 85 hombres y 35 mujeres. Entre los cuales, 101 sujetos están entre los 20 - 30 años de edad y el resto entre los 30 - 50 años de edad. La recopilación de imágenes se llevó a cabo en dos sesiones por separado. En cada sesión, se le pidió al participante que proporcionara 6 imágenes de cada uno de los dedos índice izquierdo, medio izquierdo, índice derecho y medio derecho. Por lo tanto, se recopilaron 48 imágenes de los 4 dedos de cada individuo. En total, la base de datos contiene 5,760 imágenes de 480 dedos diferentes. El intervalo de tiempo entre la primera y segunda sesión fue de 25 días.

1.2 Calculo de ventana deslizable

Las primitivas a utilizar se obtendrán a lo largo de la imagen. Las características se derivarán del centro de masa y el torque sobre una ventana que se deslizará sobre la imagen teniendo como coordenadas de referencia un par de ejes que se moverán al mismo tiempo que la ventana.

El tamaño de la ventana de cálculo es crítico, con el objeto de resaltar el área central de la ventana computacional (Nalwa, 2002), propone una ponderación Gaussiana centrada en la propia ventana computacional. La expresión analítica para la función de ponderación es:

$$g(\lambda) = \frac{e^{-\frac{\lambda^2}{(2\sigma^2)}}}{\int_{-L}^{+L} e^{-\frac{\gamma^2}{(2\sigma^2)}} d\gamma}, -L \leq \lambda \leq +L \quad (2)$$

En donde σ vale aproximadamente $L/2$ y $g(\lambda)=0$, fuera del rango de L , que es la mitad de la longitud de la ventana computacional.

1.3 Centro de masa

El centro de masa es la posición promedio de toda la masa que lo forma (Paul, 2007), otra manera de definirlo es como que sea el único punto del cuerpo cuya posición sólo depende de cómo se distribuye la masa (Nalwa, 2002).

Asumiendo que la imagen posee una unidad de masa por unidad de longitud, (Nalwa, 2002) define el centro de la masa para una firma con una ventana deslizante del tipo gaussiano en el segmento $[-L +L]$, lo siguiente se puede expresar como:

$$\bar{x}(l) = \int_{-L}^{+L} g(\lambda)x(l + \lambda)d\lambda \quad (3)$$

$$\bar{y}(l) = \int_{-L}^{+L} g(\lambda)y(l + \lambda)d\lambda \quad (4)$$

Donde $g(\lambda)$ es la función Gaussiana, $x(l+\lambda)$ es el valor de $x(l)$ en el desplazamiento de λ en el eje x , $y(l+\lambda)$ es el valor de $y(l)$ en el desplazamiento de λ en el eje y , $\bar{x}(l)$ es el centro de masa en el eje x y $\bar{y}(l)$ es el centro de masa en el eje y . Los centros de masa variando a lo largo de la longitud normalizada de la imagen proveen una descripción de la forma geométrica de la imagen.

1.4 Torque

Producto de la fuerza por la distancia del brazo de palanca que tiende a producir la rotación (Paul, 2007). T ejercido por un vector v , que está localizado en la posición p con respecto a un punto alrededor del cual se mide es $T=v \cdot p$. El torque depende tanto de la posición como de la orientación de la curva y su magnitud alrededor de un punto es el doble del área barrida por el vector v . El torque cambia de signo si el vector recorre la curva en un sentido o en otro, pero su magnitud es constante. La ecuación 5 es una expresión de torque adaptada a la imagen en condiciones de parametrización de arco normalizada.

$$T(l) = g(\lambda)(y(l + \lambda)dx(l + \lambda) - x(l + \lambda)dy(l + \lambda)) \quad (5)$$

Un valor positivo de $T(l)$ indica un barrido neto del vector v sobre el segmento $[-L +L]$ en sentido contrario a las manecillas del reloj, mientras que un valor negativo indica un barrido en el

sentido de las manecillas del reloj. El torque otorga una descripción dependiente de la orientación y la posición en la imagen.

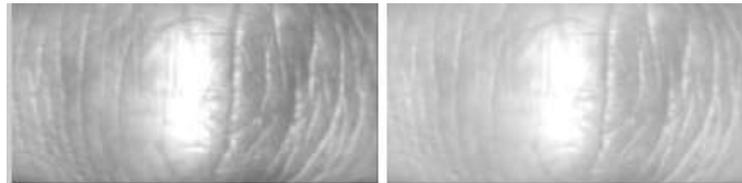
2 DESARROLLO

2.1 Procesamiento digital de la imagen

El presente trabajo realiza el procesamiento digital de imágenes obtenidas de la base de datos de la Universidad Politécnica de Hong Kong cuya región de interés es la superficie de los nudillos, dicho procesamiento es llevado a cabo mediante el software Matlab R2013b.

El primer paso en el procesamiento digital de las imágenes es la normalización en escala de grises, para así de esta manera resaltar las características que se desean obtener de la imagen al aplicar las técnicas de extracción de información, en la figura 2.1 se muestra la imagen original (derecha) y la imagen normalizada (izquierda):

Figura 2.1 imagen normalizada (izquierda) e imagen original (derecha).



Fuente: propia del autor

Una vez que se ha normalizada la imagen en escala de grises, lo siguiente es realizar la binarización, es decir, a partir de un valor de umbral (calculado automáticamente por Matlab) los valores de cada pixel de la imagen tomaran un solo valor:

- Si el valor del pixel es mayor al del umbral, el pixel será de color blanco
- En caso contrario, el pixel será de color negro.

Así de esta forma solo se tendrán dos tonalidades en la imagen, de esta manera es más fácil la extracción de la información, la figura 2.2 se muestra la imagen binarizada previamente normalizada:

Figura 2.2 Imagen binarizada (escala de blanco y negro).



Fuente: propia del autor

El penúltimo paso del procesamiento digital de la imagen antes de la extracción de información consiste en la aplicación de un proceso morfológico, que es la esqueletización de la imagen que ha sido previamente binarizada, el cual consiste es una técnica basada en erosiones sucesivas dado un modelo solido representado por una colección de puntos, dicha erosión iterativa elimina puntos de la capa externa del objeto hasta que queda una estructura delgada, en la zona central del objeto, de manera que se obtienen líneas finas que describen la imagen, en la figura 2.3 se muestra el resultado de la esqueletización aplicado a la imagen:

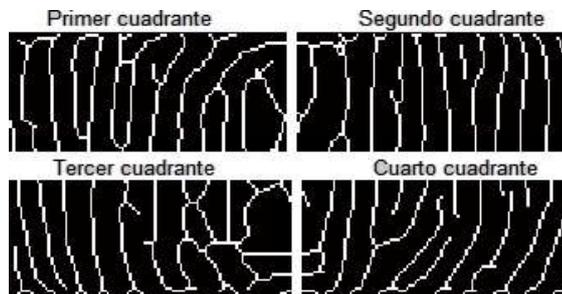
Figura 2.3 Imagen esqueletizada.



Fuente: propia del autor

Por ultimo a esta imagen esqueletizada se secciona en cuatro cuadrantes, para así analizarlo cada uno por separado y aplicarle las técnicas de extracción de información por medio del centro de masa en X y Y, la figura 2.4 muestra los cuatro cuadrantes derivados de la segmentación de la imagen:

Figura 2.4. Imagen segmentada en cuatro cuadrantes.



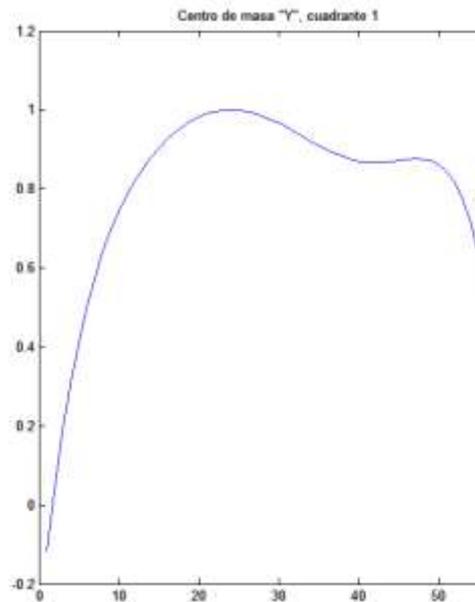
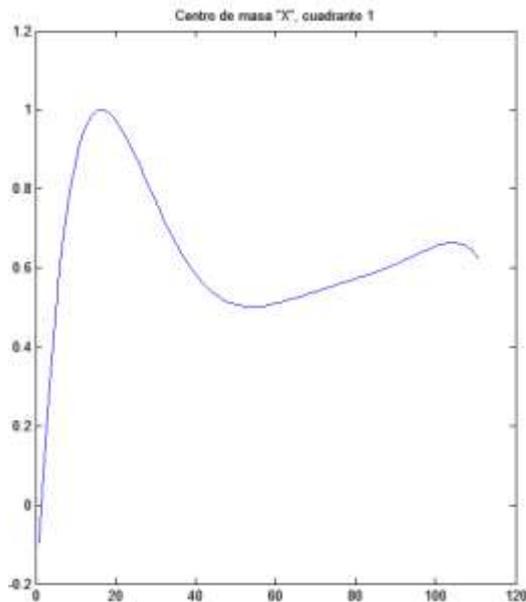
Fuente: propia del autor

2.2 Extracción de información

A cada cuadrante de la imagen esqueletizada se le extrae el centro de masa en el eje "X" y en el eje "Y" para así de esta manera extraer dos vectores de información, los cuales han sido normalizados, cuyo valor más alto es 1, como los que se muestran en la figura 2.5:

Figura 2.5. Centro de masa en el eje "X" (Izquierda) y en el eje "Y" (Derecha).

Fuente: propia del autor



A cada uno de los vectores de información extraídos de los en cada cuadrante se extraen las siguientes características las cuales se consideran discriminatorias para cada uno de los individuos:

- Área bajo la curva.
- Numero de picos del vector.
- Distancia entre pico y pico de forma horizontal (delta).

En algunos casos al momento de graficar los vectores, se puede observar que únicamente tienen un pico, debido a las características de la forma de las minucias de ese cuadrante, para lo cual se debe de tener una consideración al momento de obtener la distancia entre pico y pico, puesto que si solamente se tiene uno solo, la distancia será 0, en caso contrario las distancias se obtienen de la distancia horizontal del primer pico con el segundo (primer delta), luego del segundo pico con el tercero (segunda delta) y así hasta cubrir todos los picos existentes, como se muestra en la figura 2.6. Este mismo proceso se aplica a los cuatro cuadrantes de la imagen, por lo que al final se concatena toda esta información es un solo vector de la siguiente manera:

V_inf= [abc_cmx_c1-c4; abc_cmy_c1-c4; np_cmx_c1-c4; np_cmy_c1-c4; dep_cmx_c1-c4; dep_cmy_c1-c4]

Donde:

abc_cmx_c1-c4: son las áreas bajo la curva del centro de masa en el eje X de los cuadrantes 1 al 4.

abc_cmy_c1-c4: son las áreas bajo la curva del centro de masa en el eje Y de los cuadrantes 1 al 4.

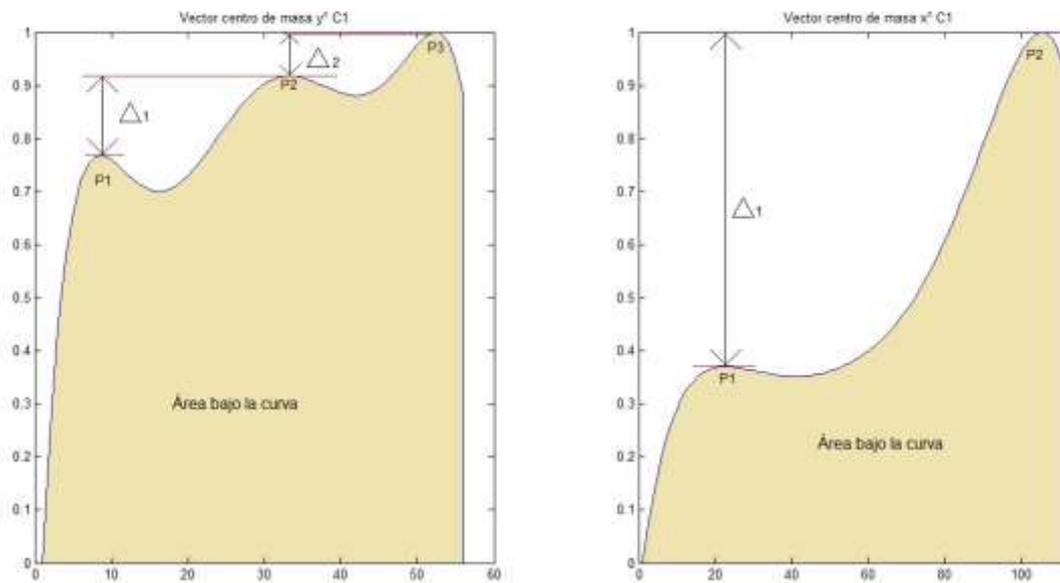
np_cmx_c1-c4: número de picos en el centro de masa del eje X de los cuadrantes 1 a 4.

np_cmy_c1-c4: número de picos en el centro de masa del eje Y de los cuadrantes 1 a 4.

dep_cmx_c1-c4: distancia entre picos del centro de masa en el eje X de los cuadrantes 1 al 4.

dep_cmy_c1-c4: distancia entre picos del centro de masa en el eje Y de los cuadrantes 1 al 4.

Figura 2.6. Área bajo la curva, número de picos y distancia entre picos.



Fuente: propia del autor

Todo este proceso que ha sido aplicado a la misma imagen de un mismo individuo, se repite para 148 diferentes individuos los cuales tienen 12 muestras del mismo dedo (índice derecho), teniendo un total de 1776 muestras en total. Cada vector de información de las 1776 muestras, se almacena en una matriz, la cual será analizada posteriormente por medio de una red neuronal de Cohonen (clasificador de inteligencia artificial) el cual deberá ser entrenado para así en base a las características que han sido extraídas pueda realizar una clasificación de los individuos.

3 RESULTADOS

Con la aplicación del centro de masa en el eje X y Y a estas imágenes, se ha podido obtener tres parámetros que se consideran son discriminantes entre los individuos como el área bajo la curva, número de picos y las deltas entre cada pico, dicha información se ha almacenado en una matriz para analizarla posteriormente por el clasificador. Actualmente este trabajo se encuentra en la etapa del entrenamiento de la red de Cohonen por lo que hasta el momento no se tiene algún resultado en específico sobre el clasificador, puesto que es necesario realizar ajustes para separar nuevamente la información que había sido previamente concatenada.

Cabe mencionar que esta técnica del centro de masa no había sido aplicada en imágenes de este tipo para extraer información, por lo que se considera un aporte para la comunidad científica al utilizar herramientas para obtener características que permitan realizar una clasificación entre individuos.

4 CONCLUSIONES

El avance que se ha presentado en este trabajo es con la finalidad de obtener parámetros que permitan clasificar individuos por medio de sus rasgos biométricos, específicamente en la superficie de los nudillos. Por lo que aún se encuentra en la última etapa del diseño del clasificador, aún no se tienen resultados concisos de que esta técnica de extracción sea exitosa o no, pero se espera que pueda otorgar un alto porcentaje de clasificación y reconocimiento de los individuos.

REFERENCIAS

Lira Chávez, J. (2010). Tratamiento Digital de Imágenes Multiespectrales. México, Distrito Federal: UNAM.

Mahesh Kumar, K. P. (2014). Finger Knuckle-Print identification based on local and global feature extraction using sdst. American Journal of Applied Sciences, 929-938.

Nalwa, V. (2002). Automatic on-line signature verification. Proceedings of the IEEE, 215 - 239.

Paul, H. (2007). Física Conceptual. México: Pearson.

(PolyU) Finger-Knuckle-Print Database. Disponible en The Hong Kong Polytechnic University

(PolyU) Finger-Knuckle-Print Database: <http://www4.comp.polyu.edu.hk/~biometrics/FKP.htm>

Shoichiro Aoyama, K. I. (2014). A finger-knuckle-print recognition algorithm using phase-based. Information Sciences, 53 - 64.

Zhu, H., Zhang, L., & Zhang, D. (16 de Mayo de 2014). The Hong Kong Polytechnic University

12 LA IMPORTANCIA DE LA CIENCIA MATEMÁTICA Y SU ALCANCE EN LAS ACTIVIDADES DE LOS PROFESIONISTAS DE LAS ÁREAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

Dr. Alejandro Melchor-Ascencio¹

¹ Profesor de Tiempo Completo – Lic. en Negocios y Administración

Universidad Politécnica de Aguascalientes
alejandro.melchor@upa.edu.mx

M.C.I. Luis Cortés-Domínguez¹
Universidad Politécnica de Aguascalientes
luis.cortes@upa.edu.mx

M.A. José Enrique Osorio-de León²
Universidad Politécnica de Aguascalientes
jose.osorio@upa.edu.mx

M. C. A. Alberto Illingworth-Rico³
Universidad Politécnica de Aguascalientes
alberto.illingworth@upa.edu.mx

Resumen

La presente investigación cualitativa muestra los resultados sobre las vivencias de los profesionistas del área económico-administrativo, en relación a la importancia de la ciencia matemática durante su formación universitaria y su actual percepción en el campo laboral. El objetivo , a) *Conocer la apreciación personal de los entrevistados que tenían en relación a su aprendizaje de las matemáticas durante su formación académica., y b) la aplicación de las matemáticas para realizar las actividades laborales que corresponden a su actividad profesional.* Se realizaron 6 entrevistas a profundidad, diseñando una guía de entrevista con una pregunta de introducción relacionada a la percepción que tenía de la importancia de las matemáticas, y de la experiencia profesional en la aplicación en sus actividades laborales. La selección de los entrevistados se dio a partir de que los informantes tuvieran el grado de licenciados en alguna de las áreas económico-administrativo, el género, la edad, no se consideran para la selección, las entrevistas se realizaron en el lugar de trabajo de manera personal.

Palabras clave: Ansiedad – Rechazo – Matemáticas – Distracción – Áreas económico – administrativas, Animosidad

Abstract

This qualitative research shows the results on the experiences of professionals in the economic-administrative area, regarding the importance of mathematical science during their university education and its current perception in the workplace. The goal, a) Knowing the personal appreciation of respondents with regard to their learning of mathematics during their training. And b) the application of mathematics to complete work activities that correspond to their professional activity. 6-depth interviews were conducted, designing an interview guide with a question related introduction to the perception I had of the importance of mathematics, and professional experience in the application in their work. The selection of interviewees came from informants had the degree of graduates in any of the economic-administrative areas gender, age, not considered for selection, the interviews were conducted in the workplace by one to one or personal way.

Key Words: Anxiety - Rejection - Mathematics - Distraction - Economic-Administrative Areas - Animosity

1 PROBLEMA

La ciencia matemática mantiene su vigencia y su aplicación, en el desarrollo del campo laboral, de los profesionistas en las áreas económico-administrativas.

¹ Profesor de Tiempo Completo – Lic. en Negocios y Administración

² Profesor de Tiempo Completo – Lic. en Negocios y Administración

³ Profesor de Tiempo Completo – Lic. en Negocios y Administración

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La vigencia milenaria de las matemáticas ha influido en el desarrollo tecnológico en todas las sociedades, hoy en día gracias a los resultados teóricos y prácticos de la matemática, la mayoría de todas las actividades humanas implican el uso de esta ciencia, y es lamentable que a pesar de esto, se le reconoce como la más impopular entre los estudiantes (Romero, 2011). En la actualidad los alumnos de los diferentes niveles académicos, muestran animadversión hacia el estudio y aprendizaje de las matemáticas, y deliberadamente concluyen que no son necesarias para desarrollar las actividades profesionales correspondientes al área económico-administrativa. Esta *disfunción emocional negativa* (ansiedad matemática), tiende a generar frustración porque no saben cómo resolver un problema por medio de la razón o del cálculo, con implicaciones en el autoestima del estudiante que lo orilla a desertar de su aprendizaje en las instituciones de educación (Planas, Rodríguez, y Valdizán, s.f.).

3 JUSTIFICACIÓN

Los resultados obtenidos en el aprendizaje y dominio de las matemáticas por estudiantes mexicanos en evaluaciones internacionales, indican un área de oportunidad, que debe ser subsanada. El reto, no es fácil, los resultados obtenidos en la Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos (PISA), indican que el cincuenta y cinco por ciento de los estudiantes mexicanos no han logrado desarrollar el nivel de competencias básicas en matemáticas, más sin embargo, se aprecia que los estudiantes mexicanos están motivados para aprender las matemáticas, pero de igual forma manifiestan ansiedad hacia éstas (OCDE, 2012). La presente investigación, tiene como finalidad explorar elementos que permitan manifestar que las matemáticas son una herramienta fundamental en el campo laboral para los especialistas del área económico-administrativa. En la actualidad, los estudiantes de nivel superior presentan niveles asimétricos de rechazo a la ciencia matemática, algunos optan por estudiar pregrados que excluyen asignaturas relacionadas con las matemáticas el plan de estudios. Otros hacen comentarios, hacia la falta de aplicación de las matemáticas en el campo laboral, por consecuencia se generaliza la ansiedad hacia el estudio y aprendizaje de las matemáticas.

4 OBJETIVOS

De manera general se busca identificar la vigencia de la ciencia matemática y su aplicación del desarrollo profesional de los profesionistas de las áreas económico-administrativas, como parte de sus actividades laborales. Además de manera específica se pretende, *a) Conocer la apreciación personal de los entrevistados que tenían en relación a su aprendizaje de las matemáticas durante su formación académica., y b) la aplicación de las matemáticas para realizar las actividades laborales que corresponden a su actividad profesional.*

5 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Para formular el problema se plantea la presente cuestión: ¿Los profesionistas del área económico-administrativa, consideran importante el uso de las matemáticas para realizar las actividades laborales como parte de su función en una empresa?

6 HIPÓTESIS

Para esta investigación se planteó a manera de hipótesis la siguiente: las actividades laborales relacionadas con el área económico-administrativa requieren del uso de las matemáticas en las laborales de los profesionistas.

7 MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló una investigación cualitativa, aplicando seis entrevistas a profundidad a especialistas de las áreas económico-administrativa, que de acuerdo con Malhotra, una entrevista a profundidad permite investigar los sentimientos, vivencias y motivaciones de los sujetos (2005). Para lo cual se diseñó una guía de entrevista con una pregunta de introducción relacionada a la percepción que tenía del aprendizaje de las matemáticas, y sobre experiencia personal de la vigencia de la aplicación en sus actividades laborales. *Sujetos de estudio*: la selección de los entrevistados se dio a partir que los informantes tuvieran el grado de licenciados en alguna de las áreas de las ciencias económicas, el género, la edad, no se consideraran para la selección, las entrevistas se realizaron en el lugar de trabajo. Se utilizaron herramientas digitales para conservar la evidencia obtenida y ser evaluada posteriormente. La tabla 1, muestra las características de los sujetos entrevistados.

Pseudónimo	Pregrado	Género	Cargo	Antigüedad
Sujeto 1	Licenciado en Economía	Masculino	Consultor	20 años
Sujeto 2	Licenciada en Comercio Internacional	Femenino	Gerente Comercial	3 años.
Sujeto 3	Licenciada en Administración de Empresas.	Femenino	Subdirección de Extensión Universitaria	3 años
Sujeto 4	Contador Público.	Femenino	Directora de Programa Académico de Pregrado	14 años
Sujeto 5	Licenciado en Comercio Internacional	Masculino	Supervisor de Aduanas	7 años
Sujeto 6	Licenciado en Administración	Masculino	Director General de empresa financiera	17 años

Tabla 1. Perfil de los informantes

8 ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los estudiantes deben evitar caer en la resignación, y condicionar que el aprendizaje de las matemáticas es únicamente para las personas que tienen habilidades naturales para los “números”, esto puede incidir y tener vínculos negativos en la dimensión emocional de los alumnos, pues el *dominio afectivo matemático* son las actitudes que se tienen hacia las matemáticas, además determinan *la valoración y el aprecio* hacia la asignatura, que propicia entre los estudiantes la generación de creencias, actitudes, y emociones, de acuerdo a experiencias (Hidalgo, Maroto y Palacios, 2004). Las cuales se son de manera subjetiva, y los orillan a emitir comentarios desfavorables hacia el aprendizajes de las matemáticas entre sus compañeros o conocidos, estos estereotipos, pueden ser obtenidos y aprendidos, en los contextos: familiar y escolar, que desencadena una sería de prejuicios, afectando significativamente el proceso de enseñanza y aprendizaje, entre los estudiantes; entonces, la misma sociedad ha sido responsable de promover y difundir, las negativas emociones hacia las matemáticas, las cuales infunden miedo y generalizan la apreciación negativa entre las personas hacia el aprendizaje de las matemáticas, que han sido “etiquetadas” como: *difíciles, complicadas, entre otros peyorativos*, esto provoca una desafortunada creencia popular y se reafirma la “idea” que únicamente las personas dotadas de mayor nivel intelectual son las que podrán aprender y dominar las matemáticas (Chávez, Castillo, y Gamboa, 2008).

Díaz (s.f.) menciona que los aprendizajes previos de las matemáticas en los niveles de educación primaria y secundaria, son asimétricos entre los contenidos de las asignaturas matemáticas y los contenidos temáticos que imparten los docentes, pues en ocasiones el plan de actividades de la asignatura no se sigue conforme a lo estipulado. También, se analiza el desempeño académico del estudiante como parte de proceso enseñanza-aprendizaje en el

salón de clases, que en la actualidad la tecnología móvil ofrece una excelente herramienta que puede ser utilizada como estrategia en la formación de los estudiantes, en una reciente investigación realizada entre alumnos universitarios, se obtuvo la evidencia del uso que dan los estudiantes a la tecnología móvil, por medio de los denominados “teléfonos inteligentes”, este tipo de aparatos son utilizadas por 8 de cada diez alumnos, y el principal uso es para contactar a sus conocidos, ya sea mediante mensajes de tipo SMS o consultando algún tipo de redes sociales, de igual manera lo emplean para “jugar”, de igual manera se determinó que las actividades académicas que menos realizan los estudiantes universitarios durante la sesión de una asignatura es tomar notas durante clase (Ordóñez, Martínez y Chávez, s.f.).

Este rechazo típico entre los estudiantes se debe por el bajo aprovechamiento hacia las matemáticas, que viene a repercutir en el rechazo y apatía (Dorina y de la Torre, 2010). Quienes externa sin elementos y evidencia, que las matemáticas que no se requieren para desarrollar sus actividades laborales, y menos en la vida corriente de cualquier sujeto (Quadling, 1982). Por otra parte, se determina que la importancia de las matemáticas, tienen un impacto directo en las ciencias sociales, y son fundamentales, para manipular y establecer variables que permiten analizar y solucionar problemas, como es el caso de la generación de proyecciones económicas, que sirven para determinar el incremento o disminución de manera empírica en los precios de las acciones que se ofertan en las Bolsas de Valores, proyecciones financieras, cotizaciones, puntos de equilibrio, entre otras aplicaciones., de esta forma se puede demostrar la importancia de las matemáticas, en la adquisición del conocimiento científico en la actualidad, permitiendo que las ciencias sociales transforme, los hechos observables, en conocimiento e información sustancial y confiable (Peña, s.f.).

El uso de las matemáticas en las ciencias sociales y principalmente su aplicación en la economía, se remontan a más de un siglo y se destaca que el instrumento matemático de mayor uso en la economía es el cálculo diferencial, de igual manera, el cálculo integral, que son aplicados fácilmente para la solución de problemas de base económica, en el caso de la programación lineal se utiliza para solucionar problemas de minimización de costos relacionados con los niveles de producción o transporte, el álgebra ofrece a la economía una amplia gama de instrumentos para expresar la teoría económica, cuando se pretende “*estimar la relación e interrelación en el equilibrio general de walrasiano*”¹ (Hernández cita a Cámara, 2000, p. 105). Esto demuestra, que las matemáticas son una herramienta importante, como complemento para desarrollar las actividades relacionadas con los profesionistas de las áreas económico-administrativas.

Dentro de la enseñanza de las matemáticas, es común el uso de metáforas, que tienen como finalidad hacer accesible los nuevos conocimientos a los estudiantes, la cual tiene implicaciones en la percepción que los alumnos tiene hacia las matemáticas y bloquea su desarrollo en el aprendizaje, o en ciertos casos, las metáforas que utilizan los docentes, no son las adecuadas para compartir los contenidos en clase, y el uso y aplicación de las matemáticas para solucionar un problema genera confusión (Wenzelburger, 1992). En la antigua Grecia, las metáforas se utilizaron como estrategias de aprendizaje en la transmisión de los conocimientos (Pochulu, Abrate y Font, s.f.). La convivencia y el aprendizaje, entre los alumnos y los docentes es fundamental para desarrollar de manera conjunta las competencias socioemocionales que son necesarias en un salón de clase, con la finalidad de motivar el desarrollo de las capacidades personales y profesionales en un contexto adecuado, de esta manera se pretende incentivar la sinergia y vincularse, en la dinámica de aprendizaje que permita confrontar las adversidades, por medio de la educación de visión global, para neutralizar al pesimismo imperante que se tiene por El aprendizaje y estudio de las matemáticas, por medio de un clima de cordialidad, motivado y lo más productivo posible (CPAG, s.f.).

9 RESULTADOS

Los resultados de las 6 entrevistas a profundidad, presentan la información concerniente sobre las áreas de la ciencia matemática, que se involucran para desarrollar actividades laborales

¹ **Nota:** La Teoría del Equilibrio General Walrasiano constituye la contribución más elaborada frente al problema central de la Economía que busca explicar cómo, a través de la interacción de distintos universos microeconómicos, es decir, de individuos que se mueven por intereses diversos, se alcanza el equilibrio macroeconómico que involucra a toda la comunidad y que resuelve el problema central de la asignación y distribución de los recursos.

relacionadas con la ciencia económico-administrativa. Además, de conocer la percepción que tenía los entrevistados en relación al aprendizaje de las matemáticas, durante su formación académica que adquirió en el pregrado que cursó. De igual manera, la apreciación por esta ciencia continua siendo la misma o se ha modificado debido a la aplicación de las matemáticas como parte esencial para desarrollar consuetudinariamente sus actividades y responsabilidad laborales. Es conocido que el problema del bajo rendimiento, en el aprendizaje de las matemáticas es un fenómeno social que está ligado a diversos factores que influyen. A continuación se presentan las respuestas de los entrevistados.

1. *Percepción de las matemáticas durante la formación universitaria.*

Las creencias que se tienen de la ciencia matemática durante la formación de pregrado son variadas. De acuerdo a nuestros informantes, en el caso de Jesús Sánchez González, mencionó que *“En los primeros semestres más áridos y complicados, en los siguientes semestres fue más fácil e interesante”*. Otros informantes reflejan que su apreciación como algo que no sería de utilidad en el campo laboral, y únicamente sería un mero trámite para complementar el programa de la carrera:

“Bueno, cuando yo entre a la carrera de comercio internacional nunca pensé que fueran a llevar tantas matemáticas, la verdad es que en un principio yo pensaba que eran como materias que tenía que hacer porque eran cursos básicos y eran pues ahora sí que las materias “antes” para llegar a las que a mí me interesaban, y no era algo que le tomara mucha importancia porque yo en verdad pensaba que eso no lo iba a utilizar en el ámbito laboral, entonces en ese momento las tomaba porque así lo indicaba mi plan de estudios” (Sujeto 2).

“Como que siempre era el coco para todos la materia, específicamente en la carrera llevábamos, primero matemáticas básicas y después llevamos matemáticas financieras, me parece que pues si no en uno, dos cursos en donde se veía, interés simple, interés compuesto, anualidades. Quizá la mitad de los alumnos reprobaron” (Sujeto 6).

Además, algunos informantes mencionaron el gusto por el aprendizaje de las asignaturas relacionada con las matemáticas, y justificaron por medio de sus creencias, que se tenía habilidad para aplicar fórmulas y la aplicación de las mismas tal como menciona el Sujeto 3, *“Pues a mí siempre me han gustado las matemáticas y me desarrollé más como materia de matemáticas, más sin embargo nunca entendí su aplicación como estudiante, o sea, sabía hacer las formulas y las desarrollaba porque tenía esa habilidad, pero no entendía su aplicación”*. De igual forma el sujeto 4 menciona:

“Pues muy bueno, muy necesarias, muy bien, a mí siempre me han gustado los números y obviamente en mi carrera si yo era contadora pues las matemáticas eran fundamentales, la estadística, algebra, entonces este, eran parte fundamental del plan de estudios, y pues bien, ósea no eran propiamente que llevaras muchas matemáticas en sí, si no que las diferentes asignaturas obviamente que tu necesitabas el dominio de algebra o de operaciones básicas y pues para poder hacer el trabajo”.

Algunos profesionistas cuando entienden el sentido y la aplicación de las matemáticas en su contexto laboral, consideran que es necesario reforzar sus conocimientos o habilidades matemáticas. Esto refleja que el aprendizaje por medio de la aplicación de los conocimientos adquiridos, a una determinada situación o problemática, enfatiza en la técnica de aprendizaje por medio de la solución de problemas. Está comprobado que sus resultados son efectivos, pero se requiere seleccionar los problemas, la presentación de los contenidos implica el uso de una estrategia de aprendizaje efectiva, que permitan a los estudiantes asumir retos y fomenten nuevos conocimiento en ellos, también se debe reforzar la práctica constante, ya que sin ella los conocimientos se olvidarán (Bagur, 2011).

2. *Actividades laborales o profesionales aplicas las matemáticas para realizar tus actividades.*

Las matemáticas siguen siendo vigentes, y tienen aplicación en la mayoría de las labores que desarrollan los especialistas de las áreas económico-administrativas, como se puede apreciar en las respuestas de los informantes:

“Si, bueno yo la verdad es que pensé, como te decía, que nunca las iba a utilizar, sin embargo yo ahorita aquí en la empresa estoy en el área comercial, entonces básicamente tengo que generar estadísticas y proyecciones anuales en cuanto a cuáles son las ventas que nosotros necesitamos para que podamos cumplir con nuestras metas, entonces ahí son totalmente proyecciones en cuanto a números, son estadísticas en cuanto a cuantos clientes necesito con qué nivel de facturación para yo poder cumplir esas metas, también dentro del área comercial, bueno pues llevo todo lo que es la parte contable y facturación, que son totalmente números, que bueno básicamente me ayudan a tomar decisiones dentro de ciertas áreas para ver si vamos por buen camino o ver si tenemos que generar otra estrategia para poder realizarla, también la base de las cotizaciones de los clientes para, vamos, todo lo que genera en cuanto a transporte, en cuanto a agencia aduanal, pues tengo que determinarle y hacerles presupuestos a los clientes para que ellos realmente vean si mi empresa es factible para trabajar con nosotros, entonces básicamente utilizo los números todo el día” (Sujeto 2).

“Ok, en toda mi actividad llevamos a cabo la aplicación de las matemáticas, desde las estadísticas que llevamos en el nacional, cuántos hombres, cuántas mujeres, cuantas instituciones, cuantas cedes, el juego de roles, este la participación que se tuvo en el nacional, comportamientos que se pudieron medir con basé a números y gráficos, es dónde lo he aplicado últimamente” (Sujeto 3).

“Ah claro que sí, por ejemplo bueno yo ahorita como directora yo necesito números, necesitamos hacer el análisis de indicadores, y el análisis son números, a través de números de porcentajes, de cómo vas, cuanto necesitas por ejemplo proyecciones también, presupuestos, entonces realmente pues yo creo que en la vida los números están en todas partes y son esenciales, entonces yo por ejemplo cuando voy hacer mi proyección de matrícula, cuantos profesores, cuántos alumnos, proyección de recursos, proyectos, también proyectos para bajar recursos federales, por ejemplo, ¿qué necesitamos?, ah pues necesitamos un laboratorio, con cuántas computadoras, cuántos alumnos ¿vamos a poder atender con ese laboratorio?, este, cuánto dinero vamos a necesitar, ósea generalmente a nivel de toma de decisiones para poder tomar una decisión lo que necesitas son elementos cuantitativos, los cualitativos “ah esta bonito, esta feo o esta grande o esta chico” no nos dan una magnitud precisa, pero las cantidades si nos permiten identificar, diferenciar y poder tomar decisiones” (Sujeto 4).

“Sí, aplico las matemáticas, por ejemplo: En el cálculo de impuestos de importación, pago de gastos aduanales, costos de logística, así como también cuando se proyectan los gastos para años posteriores” (Sujeto 5).

“Por ejemplo, en la compañía que yo tengo, hacemos portafolios de inversión, entonces en el portafolio tenemos que calcular cuales son los flujos que esperamos de una inversión con x tasa de interés, calcular el precio de entrada de un CETE, de una operación que se llama reporto, calcular el rendimiento de cuanto llevamos de ganancia en alguna acción, en alguna inversión, entonces sí, es de uso diario” (Sujeto 6).

Todo lo anterior quizá tenga impacto en la estrategia que emplean los docentes, para vincular los temas y contenidos de las asignaturas de la ciencia matemática, de acuerdo al contexto y necesidades de los especialistas en las áreas económico-administrativas. Tal como señala Ruiz, el proceso de enseñanza de las matemáticas es afectado por diversos factores, como son: la vinculación y pertinencia de los contenidos de las asignaturas de la ciencia matemática, a la realidad y aplicación del contexto actual, en el cual se desarrollan las actividades del área económico-administrativa, de igual manera los contenidos de los planes de estudio es

fundamental que estén actualizados y vigentes, de acuerdo a las necesidades del contexto (2008).

3. *A manera de metáfora, las matemáticas en tu actividad laboral*

En la parte final de la entrevista se solicitó a cada informante mencionara a manera de complemento de una metáfora, con la finalidad de reflejar el impacto que tiene en sus actividades laborales que desarrollan en cada uno de sus contextos y entornos y se obtuvo la siguiente información. Las aportaciones de los informantes mencionan una proyección de qué significan las matemáticas como parte relevante de las actividades que desarrolla en su contexto laboral. Podemos comparar que la mayoría, mencionan que son importantes. Debido a la aplicación que han dado a la ciencia matemática como parte de su desempeño laboral.

“...necesarias y un reto, me gustaría conocerlas y explotarlas más. Y mejorar mi habilidad numérica” (Sujeto 1).

“...la basé para tomar decisiones” (Sujeto 2).

“...Indispensables; porque aunque no realizo todo el proceso como un Ingeniero, yo necesito conocer su aplicación, porque es el que me da datos estadísticos para la toma de decisiones” (Sujeto 3).

“...Esenciales, ¿por qué? pues porque yo me muevo con números, qué hicimos, cuántos alumnos tenemos, cuántos maestros, cuántas clases, cuántos laboratorios, ósea cuánto dinero, cuánto dinero se va a generar, cuánto dinero hay que pagar, ósea son esenciales, y además, los números son lo más divertido del mundo, porque solamente necesitas la lógica y con eso ya, ya tienes una visión precisa del paisaje” (Sujeto 4).

“...importantes” (Sujeto 5).

“...vitales” (Sujeto 6).

Entre los informantes se aprecia que existen diferentes enfoques que tienen hacia la ciencia matemáticas y su aplicación, durante su formación académica y la actividad laboral. Las personas sienten diferentes niveles de aceptación de las matemáticas, como es el caso de la aritmética, la probabilidad y estadística, son percibidas como agradables para su estudio, en el caso del álgebra y la trigonometría, son consideradas como desagradables para la formación académica, se debe mencionar que el contexto de aprendizaje es importante, pues el nivel de estrés influye en el desempeño de los estudiantes (Guzmán, 2009). Se ha evidenciado científicamente, que la ansiedad hacia las matemáticas, genera los mismos procesos neurofisiológico que cuando se procesan emociones de un evento negativo o una fobia, las causas de esta disfunción pueden ser genéticas o debido al contexto social del estudiante, que incentiva el estado de ansiedad (Romero, 2011).

Cabe resaltar que el entorno familiar es clave, pues influye de manera directa en el desempeño académico de los estudiantes, las condiciones de comunicación y la situación económica familiar, son factores que impactan directamente en el desempeño escolar y personal del estudiante, y pueden llegar a alterar en el aprendizaje (Díaz, s.f.). Repercutiendo en las matemáticas, al ser percibidas por los estudiantes como la asignatura más difícil en su formación universitaria y por consecuencia se aprecia como algo muy desagradable (Villegas y Cornejo, s.f.). Las fallas acumuladas a lo largo de la formación académica trascienden en los estudiantes, y se agudizan en la etapa de la formación profesional, la carencia y limitantes, que se presentan en la enseñanza elemental, se reflejan en la transición los aprendizajes de la educación media hacia la educación superior (Orozco-Moret y Morales, 2007).

De acuerdo con Hidalgo, Maroto y Palacios (2004, p. 92), quienes mencionan que *“El elemento vertebrador de este complejo sistema es la dificultad de las matemáticas y la vivencia de dicha dificultad”* esto hace alusión, a dos aspectos: a la dificultad objetiva que ostentan las

matemáticas como ciencia, y la manera subjetiva de cómo los alumnos hacen frente a los retos que presentan las matemáticas por medio del Método Matemático, que requiere de un sistemático rigor, reflexión, jerarquización, deducción inductiva y globalización acumulativa, y todos estas propiedades interactúan de manera general, y no de manera individual. Esto obliga a los estudiantes de las matemáticas a dedicar tiempo y estudio para practicar y asimilar el conocimiento de las matemáticas, gracias al esfuerzo personal y el uso de una adecuada estrategias cognitivas de orden superior, pues los aprendizajes matemáticas se acumulan no solo en las unidades temáticas de aprendizaje, sino que tienen transcendencia las fallas originadas en la educación primaria, que posteriormente se trasladan a la formación secundaria y se vuelven en ocasiones insuperables cuando ingresa a la etapa de la formación universitaria (Hidalgo, Maroto y Palacios, 2005).

Las actividades profesionales que se desarrollan en el área económico-administrativa, requieren y utilizan una amplia gama de elementos matemáticos, para generar información que será de uso en la toma de decisiones. La ciencia matemática en el campo de las ciencias sociales, ha crecido ampliamente su estudio, el impacto se refleja en la especialización de los contenidos matemáticos con el enfoque en las áreas económico-administrativas, que generan información para sustentar las decisiones de los implicados (Hartmann & Sprenger, 2010). Las matemáticas son vigentes y forman parte de los grandes desarrollo y avances, gracias a ellas, contamos por ejemplo, con aparatos médicos que por medio de programas (software) facilitan el diagnósticos de ciertas enfermedades, que pueden ser observadas de manera indirecta., además, la aplicación de modelos matemáticos para identificar el comportamiento de los mercados, de consumidores, las tendencias de consumo, son resultado de la aplicación de las matemáticas, que se desarrollan y usan en todo tipo de actividad económica (Pineda, 2009).

Cabe destacar que la apreciación que se tiene de la ciencia matemática es complejo, ya que los problemas sociales son multifactoriales y por consecuencia complejos, que reflejan de alguna forma el comportamiento de las personas (Pons, 2008). El elevado índice de fracasos escolares relacionadas al aprendizaje de las matemáticas, propicia entre los alumnos una actitud negativa, aversión y rechazo generalizado, hacia la ciencia matemática, debido a las implicaciones en los factores de índole afectivo, emocional y creencias, que pueden alterar la relación de los alumnos con las matemáticas (Caballero y Blanco, 2007). Se ha mencionado que para mejorar los resultados en lo referente al aprendizaje de las matemáticas, se requiere vincular dos factores el cognitivo y factores emocionales, la alfabetización emocional matemática, para revertir la tendencia del perfil anti-matemático entre los estudiantes, quienes se distinguen por obtener malos resultados en conocimientos, actitudes y destrezas, en las áreas de la ciencia matemática (Hidalgo, Maroto y Palacios, 2005).

10 SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

Este artículo se enfocó a explorar la percepción que se tenía de la ciencia matemática durante la etapa de formación universitaria y la importancia que han tenido en el desarrollo de las actividades laborales, además de la proyección de lo que se piensa en relación a esta ciencia. De acuerdo con los elementos obtenidos y valorados, se expone la posible línea de investigación: estudiar el impacto de la interacción emocional entre docentes y alumnos, como sus implicaciones en el aprendizaje de las matemáticas, además de valorar el contexto escolar en el que se imparte la asignatura.

REFERENCIAS

Bagur, A. R. (2011). Problema de las matemáticas. *Este país*. Obtenido el 18 de noviembre de 2014. Disponible en <http://estepais.com/site/2011/problemas-de-las-matematicas/>

Caballero, A. Y Blanco, L. J. (2007). Las actitudes y emociones ante las matemáticas de los estudiantes para maestros de la facultad de educación de la Universidad de Extremadura. Extraído el 20 de noviembre de 2014. Disponible en <http://www.eweb.unex.es/eweb/ljblanco/documentos/anacaba.pdf>

Cámara, A. (2000). Aportaciones de la matemática a la metodología económica. *Revista Psicothema*, 12(2), 103-107.

Centro Del Profesorado De Alcalá De Guadaíra [CPAG] (s.f.). Estrategias para la mejora de la gestión de aula. Extraído el 13 de noviembre de 2014. Disponible en http://www.xtec.cat/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/f90a12bb-7722-4e36-a558-d5fb6b02b531/estrategias_mejora_gestixn_aula_j.vaello.pdf

Chávez, E., Castillo, M., Y Gamboa, R. (2008). Creencias de los estudiantes en los procesos de aprendizaje de las matemáticas. *Cuadernos de investigación y formación educativa matemáticas*, (3), 29-44.

Díaz, E. A. (s.f.). Factores que podrían afectar el aprendizaje matemático. Extraído el 11 de noviembre de 2014. Disponible en http://cie.uach.mx/cd/docs/area_04/a4p7.pdf

Dorina, M. D. Y De La Torre, E. (2010). Evaluación de las actitudes hacia las matemáticas y el rendimiento académico. *PNA*, 5(1), 25-36. Extraído el 11 de noviembre de 2014. Disponible en http://dmle.cindoc.csic.es/pdf/PNA_2010_5_1_3.pdf

Guzmán, J. F. (2009). Percepciones de los alumnos sobre la ciencia matemática al inicio del nivel medio superior. *Selecciones temáticas*, 115-142.

Hartmann, S. & Sprenger, J. (2010). Mathematics and Statistics in the social sciences. Extraído el 9 de noviembre 2014. Disponible en <http://www.laeuferpaar.de/Papers/SAGE-Math+Stat+SocScience.pdf>

Hidalgo, S., Maroto, A., Palacios, A. (2005). El perfil emocional matemático como predictor de rechazo escolar: relación con las destrezas y los conocimientos desde una perspectiva evolutiva. *Educación matemática*, 17(2), 89-116.

Hidalgo, S., Maroto, A., Y Palacios, A. (2004). ¿Por qué se rechazan las matemáticas? Análisis evolutivo y multivariable de actitudes relevantes hacia las matemáticas. *Revista de educación*, (334), 75-95.

OCDE. (2012). Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA). *Obtenido el 16 de noviembre de 2014*. Disponible en <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-mexico-ESP.pdf>

Ordóñez, A. I., Martínez, E. N., Y Chávez, I. L. (s.f.). Aplicación de tecnologías móviles inteligentes. Caso de estudio: alumnos de octavo y noveno semestre de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Trabajo presentado en el XVI Congreso Internacional sobre innovación en Docencia e Investigación en Ciencias Económico Administrativas, México.

Orozco-Moret, C., Y Morales, V. (2007). Algunas alternativas didácticas y sus implicaciones en el aprendizaje de contenidos de la teoría de conjuntos. *Revista electrónica de investigación educativa*, 9 (1). Consultado el 11 de noviembre de 2014. Disponible en: <http://redie.uabc.mx/vol9no1/contenido-orozco.html>

Peña, D. (s.f.). Las matemáticas en las ciencias sociales. Extraído el 11 de noviembre de 2014, Disponible en: <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA23/Daniel%20Pe%C3%B1a%20S%C3%A1nchez%20de%20Rivera.pdf>

Pineda, D. J. (2009). Las matemáticas en nuestro mundo cotidiano. *Revista digital universitaria*, 10(1), 1-8. Extraído el 18 de noviembre de 2014. Disponible en <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num1/art02/art02.pdf>

Planas, J. A., Rodríguez, A., Y Valdizán, J. R. (s.f.). Ansiedad en el aprendizaje de las matemáticas y su relación cerebral. Consultado el 11 de noviembre de 2014 en: <http://www.apega.org/attachments/article/664/Ansiedad-aprendizaje-matematicas.pdf>

Pochulu, M. D., Abrate, R. S. Y Font, V. (s.f.). Implicaciones educativas del uso de metáforas en contexto de ecuaciones. Extraído el 11 de noviembre de 2014 desde http://www2.famaf.unc.edu.ar/rev_edu/documents/vol_22/pro_Pochulu_tra.pdf

Pons, X. (2008). Modelos interpretativos del consume de drogas. *Polis*, 4(2), 157-186.

Qualding, D. (1982). La importancia de las matemáticas en la enseñanza. *Perspectivas*, 12(4), 443-452.

Romero, N. (2011). Divulgación matemática: la pertinencia de la matemática. *Boletín de la asociación matemática venezolana*, 18(1), 59-69.

Ruiz, J. M. (2008). Problemas actuales de la enseñanza aprendizaje de la matemática. *Revista iberoamericana de Educación*, 47(3), 1-8.

Villegas, J.J., Y Cornejo, M. C. (s.f.) ¿Miedo a las matemáticas? Extraído el 11 de noviembre de 2014 Disponible en: <http://148.202.105.12/tutoria/encuentro/files/ponenciaspdf/Miedo%20alas%20Matematicas.pdf>

Wenzelburger, E. (1992). Las metáforas en la educación matemática. Perfiles educativos 55-56,8-16. Extraído el 11 de noviembre de 2014. Disponible en <http://132.248.192.201/seccion/perfiles/1992/n55-56a1992/mx.peredu.1992.n55-56.p8-16.pdf>

13 MATEMÁTICAS EN CRIPTOGRAFÍA: USOS EN SEGURIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Gilberto Sánchez Mares¹
Hexaware Technologies
ilbertos@hexaware.com

Carlos Jacob González Hernández²
Universidad Politécnica de Aguascalientes
jacob_goh@hotmail.com

Resumen

La criptografía se ha utilizado durante años para enviar mensajes confidenciales cuya finalidad es que sólo las personas autorizadas puedan entender el mensaje. Alguien que quiere enviar información confidencial aplica técnicas de criptografía para "ocultar" el mensaje (llamado cifrar), el mensaje se envía por una línea de comunicación que se supone es insegura y entonces sólo el destinatario puede leer el mensaje "oculto" (lo llamamos, descifrar).

La criptografía actual inicia en la segunda mitad de los años 70; no fue hasta la invención del sistema conocido como Cifrado de Datos Estándar (DES, por sus siglas en inglés de Data Encryption Standard) en 1976, que se da a conocer más ampliamente, sobre todo en el mundo industrial y comercial, transmisiones militares, transacciones financieras, comunicaciones por satélite, redes de computadoras, telefonía. Más tarde con el sistema de Rivest, Shamir, Adleman (RSA) en 1978, el principio de la criptografía en una amplia gama de aplicaciones se abre en transmisiones de televisión y así sucesivamente.

La criptografía se divide en dos ramas principales, la criptografía de clave privada o simétrica y la clave pública o asimétrica, DES pertenece al primer grupo y RSA al segundo.

El presente trabajo muestra las diferentes herramientas utilizada en la criptografía basadas en fundamentos matemáticos, que se utilizan actualmente para la seguridad de la información en la industria de las Tecnologías de la Información (TI).

Palabras clave: Criptografía Asimétrica - Función Hash – RSA - Compartiendo Secretos - Criptografía Simétrica

Abstract

Cryptography has been used for years to send confidential messages aimed only authorized people can understand the message. Someone who wants to send confidential information applies cryptographic techniques to "hide" the message (called encrypt) the message is sent via a communication line is supposed to be insecure and then only the recipient can read the "hidden" message (we call decrypt).

Current cryptography begins in the second half of the 70s; It was not until the invention of known as Encryption Standard Data System (DES, for its acronym in English Data Encryption Standard) in 1976, which is disclosed more widely, especially in the industrial and commercial world, military transmissions, transactions financial, satellite communications, computer networks, telephony. Later with the system of Rivest, Shamir, Adleman (RSA) 1978, the principle of cryptography in a wide range of applications opens in television broadcasting and so on.

Cryptography is divided into two main branches, private or symmetric cryptography and public key or asymmetric key, DES belongs to the first group and the second RSA.

This paper shows the different tools used in cryptography based on mathematical foundations, which are currently used for information security in the industry of Information Technology (IT).

Key Words: Asymmetric Cryptography – Hash Function – RSA - Sharing Secrets - Symmetric Cryptography

¹ Ingeniero Electrónico por la Universidad Politécnica de Aguascalientes

² Estudiante de Ingeniería Mecánica en la Universidad Politécnica de Aguascalientes

1 INTRODUCCIÓN

Desde su creación, la criptografía se convirtió en una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito militar, en la Segunda Guerra Mundial (SGM) tuvo un papel decisivo, una de las máquinas de cifrado más populares fue llamada ENIGMA. Después de la guerra, los organismos de seguridad invierten muchos recursos para la investigación. La criptografía tal como la conocemos hoy en día surgió con la invención de la computadora. Una buena referencia sobre la historia de la criptografía desde sus inicios hasta la SGM se puede encontrar en Kahn, D. (1976) y Deavors, et. Al. (1985).

Para entender un poco de la criptografía, es el momento de preguntar qué tipo de problemas resuelve. Los temas principales resueltos por la criptografía son: dispositivos de seguridad, confidencialidad, integridad, autenticación y no repudio.

1.1 Confidencialidad

Se refiere a que la información sólo puede ser leída por personas autorizadas. Por ejemplo: si la comunicación se establece por teléfono y alguien intercepta la comunicación o conversación en la otra línea se puede afirmar que no hay privacidad. En la comunicación por Internet es muy difícil estar seguro de que la comunicación es privada, ya que no se tiene control sobre la línea de comunicación. Por lo tanto, si ciframos (ocultar) información de cualquier interceptación no autorizada no podremos entender la confidencial de la información. Esto puede ser posible si se utilizan técnicas criptográficas, en particular, se logra la privacidad si el mensaje se cifra con un método simétrico.

1.2 Integridad

Esto significa que la información no puede ser modificada en el curso de ser enviada. Por ejemplo: cuando usted compra un boleto de avión, es muy prudente comprobar que los datos son correctos antes de completar la transacción, en un proceso común que se puede realizar en el mismo momento de la compra, como la compra en línea que se puede hacer desde dos ciudades distantes y la información necesaria para viajar a través de una línea de transporte que no tiene control. Es muy importante asegurarse de que la información proporcionada no se ha cambiado (en cuyo caso se dice que hay integridad).

1.3 Autenticidad

Significa que se puede confirmar que el mensaje recibido ha sido enviado por el propietario o que el mensaje recibido es el esperado. En ejemplo: las técnicas necesarias para verificar la autenticidad de las personas y de los mensajes, se está utilizando la aplicación más popular de la criptografía asimétrica, la firma digital.

1.4 No repudiación

Se refiere a que no se puede negar la autoría de un mensaje enviado. Cuando un sistema de seguridad es diseñado, muchos problemas se pueden evitar si se ponen en función de verificación de autenticidad, garantía de privacidad, para asegurar la integridad y evitar el no repudio.

1.5 Criptografía Simétrica

La criptografía simétrica se refiere al conjunto de métodos que permiten la comunicación segura entre las partes previstas que anteriormente han intercambiado la clave simétrica de llamada correspondiente. La simetría significa que las partes tengan la misma clave para cifrar y descifrar. Este tipo de criptografía también se conoce como criptografía de clave privada. Hay una clasificación de este tipo de criptografía, cifrado en bloque, cifrado de flujo y funciones hash.

La criptografía simétrica se ha utilizado a lo largo de la historia, ha sido capaz de implementarse en diferentes dispositivos, manuales, mecánicos, eléctricos, de los algoritmos

actuales que son programables en cualquier ordenador. La idea general es aplicar diferentes funciones para el mensaje a cifrar, de modo que sólo saber una clave se puede aplicar en orden inverso y descifrar.

Aunque no hay tipo estándar de diseño, tal vez el más popular es Feistel, que consiste esencialmente en la aplicación de un número finito de interacciones de una manera que finalmente resulta en el mensaje cifrado.

1.6 Criptografía Asimétrica

La criptografía asimétrica es por definición la que utiliza dos claves diferentes para cada usuario, uno para el cifrado la cual llama una clave pública y una decodificación que es la clave privada. El nacimiento de la criptografía asimétrica llegó a ser la búsqueda de una forma más práctica para el intercambio de claves simétricas, Diffie y Hellman (1976) proponen una manera de hacer esto, sin embargo, no fue hasta el método popular de Rivest, Shamir y Adleman (RSA), publicado en 1978, cuando se toma la forma de criptografía asimétrica, su funcionamiento se basa en la imposibilidad computacional de factorizar enteros grandes.

Actualmente la criptografía asimétrica (Odlyzco, 1993) se utiliza ampliamente, sus dos aplicaciones principales son, precisamente, el intercambio de claves privadas (ANSI X9.42, 1995) y la firma digital, la firma digital se puede definir como una cadena de caracteres en un archivo digital, añadiendo el mismo rol que la firma convencional cuando se escribe en un documento de papel ordinario.

2 METODOLOGÍA

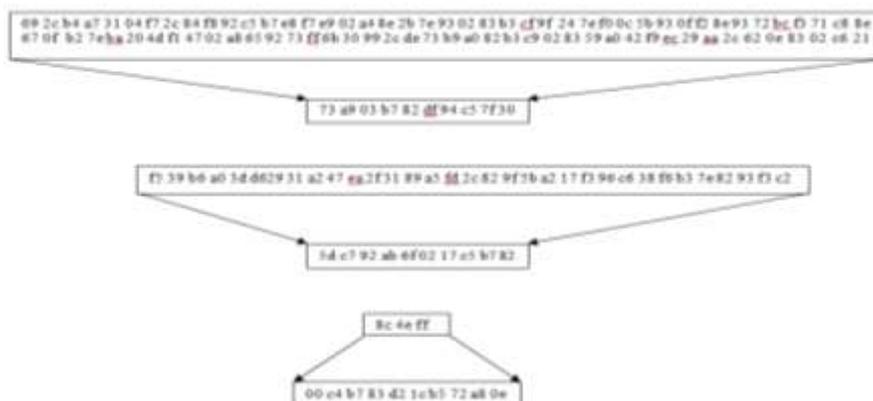
Se seleccionaron diferentes métodos de encriptación (de simétrico, asimétrico y otros tipos de criptografía), en base a estos, se desarrollaron softwares para demostrar sus usos. Los métodos usados son:

- Criptografía Simétrica:
 - Funciones Hash.
- Criptografía Asimétrica:
 - RSA.
- Otras:
 - Compartiendo Secretos.

2.1 Funciones Hash

Una herramienta importante en la criptografía son las funciones Hash (ISO 10118-1,2,3,4, 1996), se utilizan principalmente para resolver el problema de la integridad del mensaje y la autenticidad de los mensajes, así como su origen. La función hash es también ampliamente utilizada para las firmas digitales, ya que los documentos firmados pueden ser generalmente demasiado grandes, la función hash los asocia con una cadena de longitud de 160 bits que son más manejables para el propósito de la firma digital. ¿Cómo lleva a cabo una función hash en un mensaje de longitud arbitraria transformándola en "sólo" un mensaje de longitud constante? (Figura 1).

Figura 1. Método de Función Hash



La idea general es la siguiente: la función hash toma como entrada una cadena de longitud arbitraria, digamos 5259 bits, a continuación, se divide el mensaje en piezas iguales, digamos 160 bits, como en este caso y en general el mensaje original no es un múltiplo de 160, a continuación, para completar un número entero de bits de los últimos 160 bits se añade una carga, como ejemplo diremos que son ceros. En nuestro caso en 5259 puede encajar 32 piezas de 160 bits y de sobrante 139, luego 21 ceros más fueron añadidos.

Entonces, el mensaje toma la forma $x = x_1, x_2, x_3, \dots, x_t$ donde cada x_i es del mismo tamaño (por ejemplo 160 bits). Posteriormente un valor constante para inicializar un vector de IV es asociado, y se realizan las siguientes interacciones:

$$H_0 = IV \tag{1}$$

$$H_i = f(H_{i-1}, x_i) \quad 1 \leq i \leq t \tag{2}$$

$$h(x) = g(H_t) \tag{3}$$

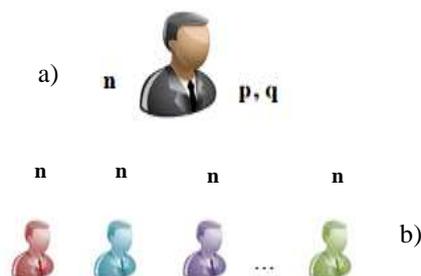
donde f es una función que combina dos cadenas de bits de igual longitud y las fija, y g es una función de salida.

2.2 Rivest, Shamir y Adleman

En el caso de RSA (Coutinho, 1998) el problema matemático es el factorizar n un número entero mayor (1024 bits), este entero que se sabe es el producto de dos números primos p, q de la misma longitud, entonces la clave pública del número n es privado p, q . El funcionamiento del razonamiento RSA es el siguiente:

- a) A cada usuario se le asigna un número entero n , que funciona como su clave pública.
- b) El usuario respectivo sólo conoce la factorización de n (es decir, p, q), que se mantiene como clave secreta y privada (Figura 2a).
- c) Hay un directorio de claves públicas (Figura 2b).
- d) Si alguien quiere enviar un mensaje m a un usuario y luego elige su clave pública n y la información adicional también es pública, puede enviar el mensaje cifrado c , que sólo puede descifrar el usuario correspondiente, el mensaje m se convierte en un número (codificación) con la ecuación (4).
- e) Luego, el mensaje c puede viajar sin ningún problema en un canal inseguro.
- f) Cuando la información cifrada llega a su destino, el receptor procede a descifrar el mensaje con la fórmula (5).
- g) Se puede demostrar que estas fórmulas se invierten y, por tanto, dan el resultado deseado (m, e) que es público y puede ser considerado como la clave pública, la clave privada es el par (p, q) o de forma equivalente el número d . La relación entre d y e es que uno es el inverso multiplicativo del módulo $\lambda(n)$ de la otra, donde $\lambda(n)$ es el mínimo común múltiplo de $p-1$ y $q-1$, esto significa que la clave privada asociada es p, q o el número d .

Figura 2. Ejemplificación del método RSA.



Fuente: propia del autor

$$c = m^e \bmod n \quad (4)$$

$$m = c^d \bmod n \quad (5)$$

Fuente: propia del autor

2.3 Compartiendo Secretos

El compartiendo secretos (Shamir, 1979) (Ahlsweide, 1993), como su nombre lo dice es una técnica criptográfica que va de un secreto, puede ser una clave secreta, la responsabilidad de varias personas y que sólo el número mínimo de personas puede reconstruir el secreto compartido.

Uno de los mejores métodos de comparación de secretos y más conocido es el esquema (n, k) límite de Shamir. Este método consiste en partir una clave K en n partes, y se tiene como mínimo (límite) el número k de partes para reconstruir la clave, es decir cualquiera k de los n custodios pueden reconstruir la clave K , pero ningún subgrupo de $k-1$ custodios podrá hacerlo:

- 1) Se define el número de custodios t , digamos $t = 2$.
- 2) Se generan aleatoriamente los coeficientes necesarios para construir un polinomio de $t-1$ grado, en nuestro caso (6)

$$f(x) = s + a_1x \quad (6)$$

donde el coeficiente es aleatorio y s el secreto a compartir.

- 3) Evidentemente el secreto se recupera conociendo el polinomio y evaluando $s = f(0)$
- 4) Para nuestro caso las partes serán:

$$s_1 = f(1), \quad s_2 = f(2)$$
$$s_1 = s + a_1 \quad \text{and} \quad s_2 = s + 2a_1$$

en general

$$s_i = f(i) \quad (7)$$

El método para recuperar el secreto s , es reconstruir el polinomio $f(x)$ a partir de t partes cualquiera, esto se hace por medio de la interpolación de Lagrange (Meijering, 2002). En nuestro caso el secreto se puede reconstruir de la siguiente equivalencia:

$$s = c_1y_1 + c_2y_2 \quad (8)$$

donde y_1 y y_2 son las partes, esto es

$$y_1 = f(1) = s + a_1, \quad y_2 = f(2) = s + 2a_1$$

y

$$c_1 = \frac{2}{2-1}, \quad c_2 = \frac{1}{1-2}$$

por lo tanto:

$$s = 2(s + a_1) - (s + 2a_1).$$

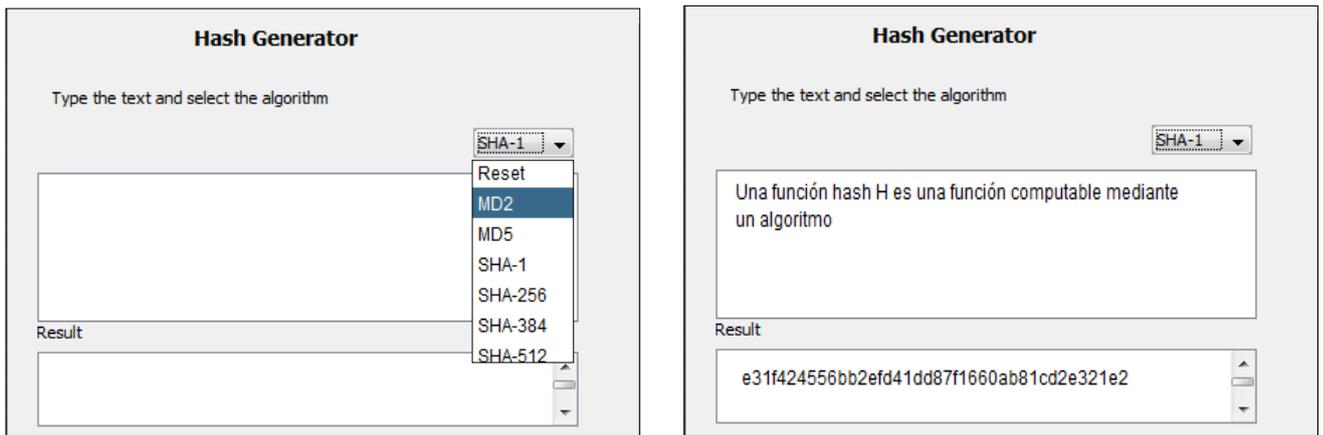
3 RESULTADOS

Las aplicaciones para el cifrado de señales se desarrollaron en diferentes lenguajes (java, ASP, Net y HTML), los resultados son los que se muestran a continuación:

3.1 Funciones Hash

Se desarrolló una aplicación en el lenguaje de programación Java (Figura 3) para generar cifrado usando diferentes funciones hash, las cuales pueden ser usadas para generar datos de prueba en bases de datos.

Figura 3. Aplicación de Funciones Hash, en la derecha se muestran las funciones de cifrado que contiene la aplicación, en el lado izquierdo el resultado con una de las funciones.

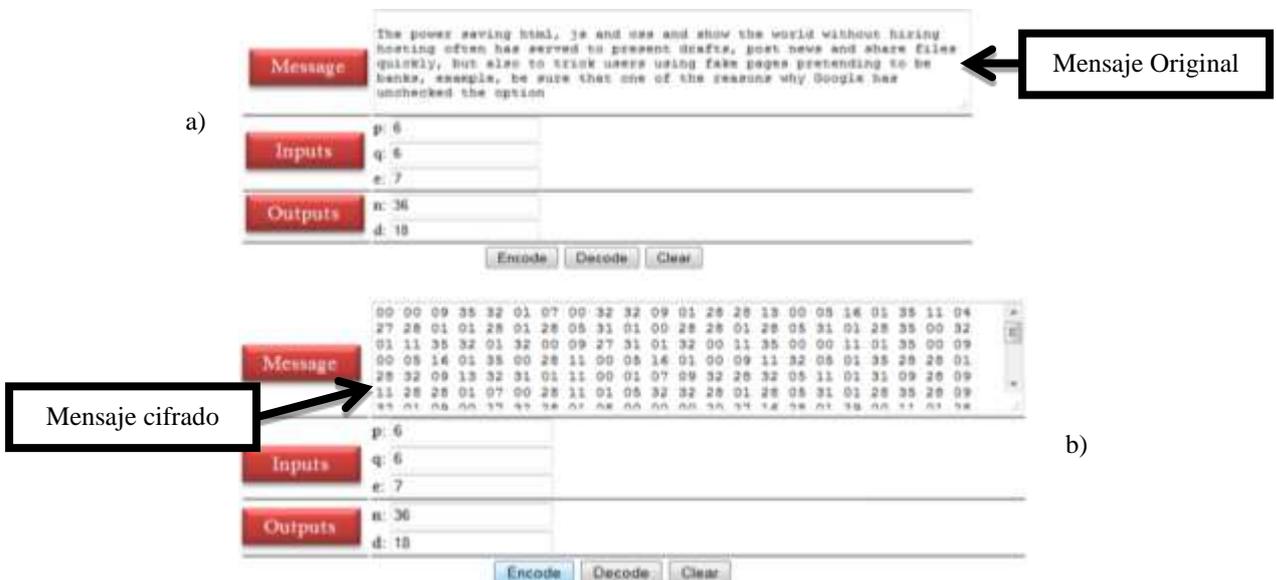


Fuente: propia del autor

3.2 Rivest, Shamir y Adleman

Se desarrolló una aplicación Web (Figura 4a) para generar cifrado usando RSA (Figura 4b), la cual puede ser usada para aplicaciones de correo electrónico.

Figura 4. a) Mensaje a cifrar con RSA (parámetros usados arbitrariamente), b) Mensaje cifrado.



Fuente: propia del autor

1.3 Compartiendo Secretos

Una "form" fue desarrollada en Visual Studio 2013® (ASP .Net) para cifrar documentos usando la técnica compartiendo secretos (Figura 5)

Figura 5. Sharing Secrets Form.



Fuente: propia del autor

4 CONCLUSIONES

Hoy en día, la información puede ser una de las posesiones más preciadas, o de las peores armas para atacar a alguien. Así que en esta sociedad en la que vivimos, las comunicaciones seguras son muy necesarias, y como exponente líder está el Internet, ya que este método de comunicación es cada vez más utilizado por los individuos, las universidades, las empresas, y cada vez más. Por lo tanto concebible que el tema de la seguridad de la información es uno de los más claros ejemplos a tener en cuenta en el futuro de la informática, sobre todo a la velocidad que se implementan nuevas tecnologías, que permiten el envío de información más valiosa y puede poner en peligro tanto los socios si es interceptada por otros. Es de ahí que nace la necesidad del desarrollo de aplicaciones como las que se presentaron en el presente artículo, como herramientas de pruebas en el área de aseguramiento de calidad, donde el saber si una base de datos (Java – Función Hash), un correo electrónico (HTML - RSA), o un documento (Visual Form – Compartiendo Secretos) están comprometidos, ya que en el área de las TI, la información de los clientes es de carácter delicado. En consecuencia, se debe llevar a cabo el desarrollo de nuevos métodos y técnicas, es necesario tener en cuenta la gestión y el dominio de las matemáticas para establecer procesos tanto más seguros y robustos.

REFERENCIAS

Ahlsweide, R. And Csiszar, I. (1993), Common randomness in information theory and cryptography I: secret sharing, *IEEE Transactions on Information Theory* 39, 1121-1132.

Ansi X9.42 (1995). Public Key Cryptography for Financial Service Industry: Management of Symmetric Algorithm Keys Using Diffie – Hellman.

Coutinho, S. C. (1998). *The Mathematics of Ciphers*, Arkansas: Peters

Deavors, C. A., Kruh, L. (1985). *Machine Cryptography and Modern Cryptanalysis*. United Kingdom: Artech House Inc.

Diffie, W, Hellman, M. E. (1976). New Directions in Cryptography. *Transactions on Information Theory* Vol. IT22 No 6, pp 644-654

ISO 10118-1,2,3,4 (1996). Information technology- security techniques- hash functions.

Kahn, D. (1976). *The Codebreakers, the Story of Secret Writing*. New York: Macmillan.

Meijering, E. (2002), A chronology of interpolation: from ancient astronomy to modern signal and image processing *Proceedings of the IEEE* 90 (3): 319–342

Odlyzco, A. M. (1993). *Public Key Cryptography, AT&T Bell Laboratories*. New Jersey: Murray Hill

Rivest, R. L., Shamir A., Adleman L. (1978). A Method for Obtaining Digital Signature and Public-Key Cryptosystems, *Communication of the ACM* Vol 21 No 2 pp 120-126

Shamir, A. (1979). How to share a secret, *Communications of the ACM*, Volume 22, 612-613

14 APLICACIONES DEL RECICLAJE DE UNICEL

Daniela Díaz Rodríguez ¹
Universidad Politécnica de Aguascalientes
up100664@alumnos.upa.edu.mx

Resumen

La espuma de poliestireno es considerado uno de los más fuertes agresores de nuestro medio ambiente, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología, el 60% de los residuos municipales son envases y embalajes, donde 1 de cada 4 están hechos de espuma de poliestireno, este material contaminante lleva de 500-800 años en degradarse, según el instituto de la ecología y la gestión ambiental de los EE.UU., la espuma de poliestireno no es biodegradable y térmicamente no puede ser reciclada, lo que representa el 86% de la contaminación de la tierra (Energies, 2013).

Estos hechos importantes no sólo de estadísticas, representan la principal razón de esta investigación y el punto de partida del desarrollo de la primera fórmula patentada en México para reciclar la espuma de poliestireno, para finalmente ayudar a resolver este problema ambiental el cual nos afecta a todos.

Palabras Clave: Poliestireno – reciclable - contaminación.

Abstract

Polystyrene foam is considered one of the strongest attackers of our environment, according to the National Institute of Ecology, 60% of municipal waste is packaging, where 1 in 4 are made of Styrofoam, this contaminating material takes 500-800 years to decompose, according to the institute of ecology and environmental management in the US, polystyrene foam is not biodegradable and cannot be recycled thermally, which represents 86% of pollution of land (Energies, 2013).

These important facts not just statistics, are the main reason for this investigation and the starting point for the development of the first formula patented in Mexico to recycle polystyrene foam, to finally help solve this environmental problem which affects us all.

Key Words: Polystyrene – recyclable - pollution.

¹ Estudiante de 10 cuatrimestres de Ingeniería Mecatrónica.

1 PROBLEMAS DE INVESTIGACION

Un inconveniente enfrentado a lo largo de la investigación fue el desarrollo de la fórmula, debido a la ausencia de métodos registrados y/o fórmulas para reciclar la espuma de poliestireno, ya que solo se obtuvieron métodos de reutilización registrados.

2 SITUACIÓN PLANTEADA

"Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras la humanidad no escucha." -Víctor Hugo.

La espuma de poliestireno está hecho de petróleo, un producto no sustentable, no renovable, no reciclable, altamente contaminante y de rápida desaparición. (Energies, 2013)

Los impactos ambientales generados por la producción de poliestireno, el consumo de energía desperdiciada, el gas de efecto invernadero, y el efecto ambiental total ocupan el segundo lugar más alto, detrás de aluminio. (Energies, 2013)

De acuerdo con el (Centro de Información de las Naciones Unidas) CINU el ruido más fuerte de dolor de nuestro planeta es causada por la contaminación de espuma de poliestireno, debido a los miles de millones de toneladas de residuos anuales, la Universidad de Washington declaró en octubre 2013 a través del artículo "El más dañino tóxico para el planeta ", utilizando el término -El mudo homicidio del planeta- al referirse al uso excesivo de este material, el artículo a través de diversos actos ejemplifica la contaminación inconsciente generada día a día, y como es disfrazado con hábitos que causan la felicidad, uno de esos ejemplos fue la rutina diaria de un edificio con 2432 empleados aproximadamente donde solo 314 utilizaban su propia taza de café mientras el resto continuaba usando vasos de unicef, sólo en EUA, 85 millones de toneladas de vasos de unicef se recolectan en un año.

El mismo artículo informó diferentes cifras de contaminación de espuma de poliestireno en diversas naciones, por ejemplo: Hong Kong con 87 millones de toneladas sólo en envases de comida rápida de espuma de poliestireno, México 65 millones de toneladas sólo de la espuma de poliestireno utilizado para la protección electrodoméstico; todas estas cantidades por año.

Además de necesitarse de 500 a 800 años para degradarse, es el residuo catalogado como el más voluptuoso, cubriendo el 73% del espacio de los vertederos de acuerdo con CINU, esto es una de las 5 principales causas de enfermedades de la población originados por la contaminación, debido a los microorganismos incubados en el unicef, producidos cuando los residuos orgánicos se mezclan con los residuos de unicef teniendo contacto con líquidos, agua de lluvia, etc...

CINU también declaró que el uso de unicef año tras año aumenta, porque es uno de los materiales más baratos, siendo el tipo de plástico más usado y el principal contaminante de los océanos, incluso cuando es uno de los más dañinos para nuestro organismo si se utiliza para contener en forma directa los alimentos, debido a las sustancias tóxicas del estireno y benceno que contiene, sospechoso carcinógeno y abundante en neurotóxicas que son peligrosos para los seres vivos. (Energies, 2013)

Desde un punto de vista económico, CINU, declaró la preocupación del hecho de no reciclar, porque no es económicamente viable para almacenar, transportar, desengrasar y lavar los residuos de espuma de poliestireno de cada país, si no tiene un destino o aplicaciones relevantes. (Energies, 2013)

En México, de acuerdo con la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), en 2013 fue declarado, que la principal razón del problema de contaminación de espuma de poliestireno es debido al hecho de ser un residuo no comercial y no rentable, como las latas de aluminio, botellas de PET, o el desperdicio de papel.

Así mismo SEMARNAT afirmó que el unicef no sólo es un problema de contaminación en nuestro planeta, o un continuo desperdicio de espacio en vertederos, es también una de las principales causas de problemas de salud debido a la contaminación, a partir y en base de esta

información, la primera fórmula para reciclar la espuma de poliestireno registrada en México y sus diferentes aplicaciones fueron y continúan siendo desarrolladas. (Vargas, I., 2011)

3 ANTECEDENTES

Debe ser mencionada la diferencia entre la reutilización y el reciclaje para comprender los métodos ya existentes y la diferencia con la nueva fórmula mencionada a lo largo del documento.

Reutilización: Proceso que utiliza residuos de cualquier tipo de material mezclados con otros materiales para modificar su forma física sin cambiar las propiedades del material, obteniendo una mezcla heterogénea como resultado.

Reciclar: Proceso que utiliza residuos de cualquier tipo de material para mezclarlo con otros materiales, cambiando su forma física y modificando las propiedades del material, obteniendo una mezcla homogénea y la producción de un nuevo material como resultado.

3.1 Historia del poliestireno extendido

Eduard Simon, boticario de Berlín, descubrió en 1839 el poliestireno del estoraque, la resina del árbol liquidámbar del turco Liquidambar orientalis, -que destila una sustancia aceitosa-, siendo un monómero que llamó estireno. Varios días después, Simón descubrió que el estireno se había espesado, presumiblemente de la oxidación, en una gelatina que llamó óxido de estireno ("Styroloxyd") (The history of plastics. Inventors.about.com (15 June 2010). Retrieved 25 December 2011)

El químico nacido en Jamaica, 1845 John Buddle Blyth y el químico alemán August Wilhelm von Hofmann demostraron que la misma transformación de estireno se llevó a cabo en ausencia de oxígeno. Lo llamaron metastyrol. Análisis posteriores mostraron que era químicamente idéntico al Styroloxyd.

En 1866 Marcelin Berthelot identificó correctamente la formación de metastyrol / Styroloxyd de estireno como un proceso de polimerización.

Unos 80 años más tarde se dio cuenta de que el calentamiento de estireno inicia una reacción en cadena que produce macromoléculas, siguiendo la tesis del químico orgánico alemán Hermann Staudinger (1881-1965). Esto llevó a la sustancia que recibe su actual nombre, poliestireno, y se convierten en forma de pellets.

La empresa IG Farben inició la fabricación de poliestireno en Ludwigshafen, alrededor de 1931, esperando que sería un sustituto adecuado para el zinc fundido a presión en muchas aplicaciones. En 1941, Dow Chemical inventó un proceso de espuma de poliestireno ("Invention of STYROFOAM™". Dow Chemical. Retrieved 23 December 2012).

Antes de 1949, el ingeniero químico Fritz Stastny (1908-1985) desarrolló bolitas pre-expandidas PS mediante la incorporación de los hidrocarburos alifáticos, tales como pentano. BASF y Stastny solicitó una patente que fue emitida en 1949. El proceso de moldeo se demostró en el Kunststoff Messe 1952 en Düsseldorf. Los productos fueron nombrados Styropor.

En 1954, la Compañía Koppers en Pittsburgh, Pensilvania, desarrolló poliestireno (EPS) de espuma expandida bajo el nombre comercial DYLITE.

En 1960, Dart Container, el mayor fabricante de vasos térmicos, envió su primer pedido.

En 1988, se declaró la primera prohibición estadounidense de espuma de poliestireno, promulgada en Berkeley, California.

3.3 Inicio del problema de contaminación

California fue en 1987 el único estado que prohibió los envases de alimentos CFC debido a la elevada cifra de envases en vertederos, hasta que las leyes del país se reformaron de nuevo para permitir el uso de espuma de poliestireno en general (Hevesi, Dennis, 4 March 1990).

Un año después, se desarrollaron nuevas aplicaciones, como material de construcción, la protección de los electrodomésticos, etc...

China se convierte en 1989 el país con la mayor producción de espuma de poliestireno (Ying Sun, et.al., March 21, 2013)

3.3 Reduciendo, Reusando y Reciclando

Reducción:

En 1990, el Ministerio de Medio Ambiente holandés, asesorara al CINU que el aumento de este material produciría un problema global de contaminación sugiriendo así crear con los líderes verdes de diferentes países un programa para reducir el uso de espuma de poliestireno.

China prohibió el uso de espuma de poliestireno en 1999, para los envases de alimentos, pero las empresas de plásticos dedicados a producir otras cosas, encontraron incluso más aplicaciones, aumentando un 600% la producción de espuma de poliestireno.

ONU (Naciones Unidas global) y CINU declararon en 2003, la contaminación de espuma de poliestireno como problema global y declararon el planeta "zona de alerta".

India y Taiwán prohibieron la espuma de poliestireno en el año 2007, para aplicaciones con contacto directo y constante con alimentos, animales y plantas.

Re-Uso:

En 1993, EE.UU. comienza a separar los residuos de espuma de poliestireno, que vuelve a utilizar y mezclar con otros materiales, sin cambiar las propiedades del unicel, su aplicación en la construcción de muros y paneles de techo, llamado rastra.

En 2001, la ONU hace un llamado oficial a cada país asociado para crear un programa de centros de acopio de la espuma de poliestireno en cada estado de cada país.

En 2003, en México, el primer centro de acopio fue creado por el gobierno.

En 2009, el Instituto Politécnico Nacional de México (IPN) creó el primer proceso para reducir de volumen de la espuma de poliestireno, lo que elimina el 98% del aire y la conservación del 2% de plástico, para la creación de aplicaciones como el pegamento exclusivo de papel.

En 2010, se fundó la empresa DART, en la Ciudad de México, la creación de un complejo proceso para convertir el 2% de reposo de plástico en forma de gránulos.

En 2011, se fundó la empresa UTILCEL, en Guadalajara, México, la aplicación de los conceptos básicos de la fórmula del IPN para producir impermeabilizante de bajo tráfico.

En enero 2014, los estudiantes de la UNAM colaboraron con DART, creando una máquina de re-uso que convierte el complejo proceso de DART para crear pastillas en un proceso sencillo y automático, sin embargo peligroso por su empleo térmico.

La reutilización de EPS también se utiliza en muchas operaciones de fundición de metales.

Desechos de poliestireno expandido pueden ser fácilmente añadidos a los productos, tales como hojas de aislamiento de EPS y otros materiales de BPA para aplicaciones de construcción; muchos fabricantes no pueden obtener suficiente chatarra debido a problemas de cobro. Cuando no se utiliza para hacer más EPS, chatarra de espuma se puede convertir en productos tales como ganchos de ropa, bancos de parque, macetas, juguetes, reglas, órganos grapadora, contenedores de plántulas, marcos y molduras arquitectónicas de reutilizada PS.

Reciclaje:

En general, el poliestireno no es aceptado en programas de reciclaje de recolección pública, y no se separa ni se recicla dentro de los basureros municipales, estatales ni federales.

Debido a ello, Alemania, como consecuencia origina la ley de envases (Verpackungsverordnung) que obliga a los fabricantes a asumir la responsabilidad de reciclar o

de desechar cualquier material de embalaje que venden después de que el consumidor final lo haya desechado.

La mayoría de los productos de poliestireno en la actualidad no se reciclan debido a la falta de incentivos para invertir en los compactadores y sistemas logísticos necesarios. Debido a la baja densidad de la espuma de poliestireno, no es económico para recoger. Sin embargo, si el material de desecho pasa a través de un proceso de compactación inicial, el material cambia de densidad a partir de típicamente 30 kg / m³ a 330 kg / m³ y se convierte en un re-uso de los productos básicos de alto valor para los productores de bolitas de plástico reciclados.

Pero incluso eso, no es un proceso de reciclaje formal, Científicos del MIT, declararon en el 2013 que todos los plásticos en la fase 6 se encuentran en su última fase por lo que no podían tener la resistencia a otro proceso térmico sin ser incinerados primero, lo cual produce gases altamente tóxicos.

Hoy en día, los diferentes programas de todo el mundo se concentran para encontrar la manera de realizar un método formal para el reciclaje de espuma de poliestireno, sin generar dichos gases tóxicos (Market Study on Expandable Polystyrene, www.ceresana.com)

4 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación pretende hacer un análisis y demostración de las aplicaciones de la primera fórmula para reciclar unicele en México. Al presentar el impacto sobresaliente de un nuevo material empleado en diferentes áreas: medicina, construcción, producción de muebles, etc....

Con el objetivo principal de ayudar a resolver un problema global de contaminación iniciando por el estado de Aguascalientes, México, teniendo en cuenta los diferentes beneficios y ventajas:

- **Labor Social:** se pretende que los resultados proporcionen a la sociedad una nueva alternativa para mejorar la cultura ecológica, fomentando así la nueva aplicación para programas educativos de reciclaje.
- **Relevancia Social:** los beneficios obtenidos a través de los exitosos resultados producen a gran escala la reducción de los daños del medio ambiente, también reduce una de las principales causas de las enfermedades originadas por la contaminación.
- **Implicación práctica:** la creación de un nuevo material basado en el reciclaje de otro, genera la reducción de la excesiva extracción del petróleo, proporcionando una amplia y nueva gama de aplicaciones.
- **Valor Económico:** este nuevo material representa un potencial generador económico para el país debido al origen de la materia prima en marcha para producir nuevos productos, material reciclado, que al mismo tiempo representa un beneficio adicional ya que en vez de pagar el gubernamental impuesto obligado, el gobierno paga los honorarios a los productores, ya que significa la eliminación de un problema de contaminación basado en la ley de cada estado.
- **Utilidad Metodológica:** la investigación y la fórmula proporcionan a los futuros lectores una nueva alternativa para innovar futuras aplicaciones con un nuevo polímero, fomentando el desarrollo sustentables, rentables y nuevos métodos y tecnologías para el reciclaje.

5 OBJETIVO

Desarrollar una solución rentable para el problema de la contaminación de espuma de poliestireno, a través de la creación de una fórmula química que recicle el unicele y demuestre las diferentes aplicaciones del nuevo material.

6 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

Partiendo del objetivo mencionado, se plantean diferentes preguntas, por ejemplo:

- ¿Por qué la espuma de poliestireno no cuenta con programas de reciclaje como otros Residuos Urbanos?
- ¿Qué impacto económico podría producir el logro del reciclaje del unigel?
- ¿Cómo hacer frente a la resistencia de la cultura para mejorar la educación del reciclaje en el país?

7 HIPÓTESIS

Basado en la historia registrada de los inicios de la producción en masa de espuma de poliestireno, y debido a la preocupación de las naciones para combatir el problema de la contaminación de manera notable, en el 2012 Carl Zimring y colaboradores, publicaron la "Enciclopedia de consumo y residuos: La ciencia Social de la basura " dividido en dos volúmenes del resultado de años de investigación a través de los diferentes países y su estado cultural respecto a la basura, respondiendo analíticamente preguntas como; ¿cómo la producción del unigel pudo iniciar a tal grado de crecer hasta convertirse en un problema?, ¿cuáles son los factores relevantes de la causa exponencial del uso de unigel y otros materiales?, demostrando que la mayoría de las respuestas se encuentran en los registros de los rezagos de la segunda guerra mundial debido a la gran crisis mundial que orillo a los países al desarrollo desatado de materiales provocado por la internacional comercialización interrumpida.

Por ello la siguiente hipótesis nos empuja a parar un minuto y pensar;

- "¿Qué pasaría si alguien publica y demuestra que la estabilidad de su propia economía se almacena en su propia basura”?

Dejarían las personas de tirar los mismos miles de millones diarios de toneladas de basura o de lo contrario lo enterrarían como un tesoro preciado, como consecuencia de que se supo su valor, pero aun no sabrían cómo gastarlo y seguir comprando cosas innecesarias de aquellas tiendas diseñadas para compradores compulsivos.

Pensando en una respuesta, que sería a su vez un desafío interesante, ver el impacto de "la supuesta llave mágica para la economía establecida" de cada ciudadano, serían acaso los países desarrollados aquellos que iniciarían la recolección y administración estratégica de residuos urbanos conflictivos como el unigel o bien solo continuarían mandándolos de un estado a otro para finalmente seguir enviándolos a países subdesarrollados contaminando legalmente tierras ajenas.

Técnicamente la raíz crítica del problema de contaminación del unigel sigue siendo la mala administración de los residuos urbanos conflictivos, causada por los envases y embalajes de todas aquellas cosas innecesarias que no requerimos, pero por razones psicológicas y culturales se siguen comprando, destacando que el unigel es el plástico más económico lo cual continua aumentando día a día su alta demanda.

Como sea que es la raíz, no se puede cambiar a cada individuo de cada pueblo en el mundo y hacernos conscientes de un día a otro el gran riesgo que el planeta sufre y enfrenta en manos humanas, por ello el propósito de esta investigación es demostrar las ventajas y beneficios de un nuevo material reciclado del unigel que permite combatir el problema ambiental que nos concierne a todos como consumidores potenciales de uno de los residuos urbanos más conflictivos, otorgando así como resultado no solo un método de reciclaje sustentable y tecnológico sino también una alternativa económica para el ciudadano común al administrar dicho residuo, como al sector industrial productor de objetos de plástico otorgando este nuevo polímero como posible sustituto de su materia prima.

Es realmente necesario mencionar que hoy en día estamos en un mundo multicultural, y al ser todos influencia sobre los demás, en esta época de globalización todos somos países fuertemente conectados, así que si nos capacitamos para hacer un ciclo de consumismo

sustentable uno de nuestros menores problemas sería la contaminación, provocando disminución en los espacios de vertederos, reduciendo la tasa de enfermedades originadas por la contaminación y a su vez originando una fuerte red como fuente de empleos.

8 FUNDAMENTO TEÓRICO

La espuma de poliestireno se obtiene a partir de poliestireno (PS) / ,pɒlɪstɑːrɪːn / es un polímero aromático sintético hecho del estireno monómero. El poliestireno puede ser sólido o espumado. El poliestireno de uso general es claro, duro, y más bien frágil. Es una resina de bajo costo por unidad de peso. Es una barrera bastante pobre para el oxígeno y vapor de agua y tiene un punto de fusión relativamente bajo. El poliestireno es uno de los plásticos más utilizados, la escala de su producción es de varios miles de millones de kilogramos al año (Invention of STYROFOAM. Dow Chemical, 2012)

El poliestireno puede ser naturalmente transparente, pero puede ser coloreado con colorantes. Los usos incluyen el embalaje de protección (como carcasas de embalaje de CD y cajas de DVD), envases como "almeja", tapas, botellas, bandejas, vasos y cubiertos desechables.

Como un polímero termoplástico, poliestireno se encuentra en un estado sólido (vítreo) a temperatura ambiente pero fluye si se calienta por encima de aproximadamente 100 ° C, su temperatura de transición vítrea. Se vuelve rígida de nuevo cuando se enfría. Este comportamiento de la temperatura se explota para la extrusión, y también para moldeo y formación al vacío, ya que puede ser fundido en moldes con detalles finos.

El poliestireno es muy lento en biodegradarse, por lo que es un foco de controversia. A menudo es abundante como una forma de basura en el ambiente al aire libre, sobre todo a lo largo de las costas y vías fluviales, especialmente en su forma de espuma (Common Plastic Resins Used in Packaging". Introduction to Plastics Science Teaching Resources, 2012).

8.1 Estructura Química

En términos químicos, poliestireno es un hidrocarburo de cadena larga en el que los centros de carbono alternantes están unidos a grupos fenilo (el nombre dado a la benceno anillo aromático). La fórmula química del poliestireno es $(C_8H_8)_n$; Contiene los elementos químicos de carbono e hidrógeno.

Las propiedades del material se determinan por corto alcance de van der Waals entre las cadenas de polímeros. Puesto que las moléculas son cadenas hidrocarbonadas largas que consisten de miles de átomos, la fuerza de atracción total entre las moléculas es grande. Cuando se calienta (o deformado a un ritmo rápido, debido a una combinación de propiedades visco elásticas y aislamiento térmico), las cadenas son capaces de asumir un mayor grado de conformación y se deslizan una sobre otra.

Esta debilidad intermolecular (frente a la alta resistencia intermolecular debido a la estructura de hidrocarburo) confiere flexibilidad y elasticidad. Poliestireno es casi tan fuerte como un aluminio sin alear, pero mucho más flexible y mucho más ligero (1,05 g / cm³ vs. 2,70 g / cm³ para el aluminio) (Maul, J, et.al., 2007)

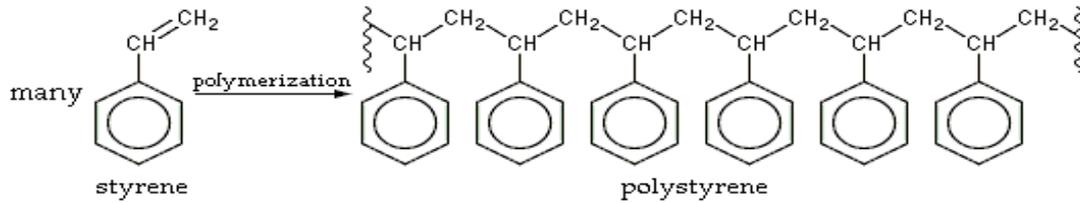
8.2 Polimerización

El poliestireno resulta cuando monómeros de estireno de interconexión. En la polimerización (fig.1), el enlace pi carbono-carbono (en el grupo de vinilo) se rompe y se forma una sola (sigma) de bonos nueva carbono-carbono, adjuntando otro monómero de estireno a la cadena. El enlace sigma recién formado es mucho más fuerte que el enlace pi que fue roto, por lo que es muy difícil para despolimerizar poliestireno. Acerca de unos pocos miles de monómeros comprenden típicamente una cadena de poliestireno, dando un peso molecular de 100,000-400,000.

Un modelo 3-D mostraría que cada uno de los carbonos quirales del esqueleto se encuentra en el centro de un tetraedro, con sus 4 enlaces apuntando hacia los vértices. Tenga en cuenta que los enlaces -CC- se giran de manera que la cadena principal se encuentra totalmente en el plano del diagrama. A partir de esta esquemática plana, no es evidente que del fenilo

(benceno) grupos están en ángulo hacia fuera desde el plano del diagrama, y cuáles son hacia adentro. El isómero donde todos los grupos fenilo están en el mismo lado se llama poliestireno isostático, que no se produce comercialmente.

Fig 1. Estructura Molecular del Poliestireno



Fuente: propia del autor

Poliestireno a tático, la única forma comercialmente importante de poliestireno es a tático, en el que los grupos fenilo están distribuidos al azar en ambos lados de la cadena del polímero. Este posicionamiento aleatorio impide que las cadenas de alinear con suficiente regularidad para lograr cualquier cristalinidad. El plástico tiene una temperatura de transición vítrea Tg de ~ 90 ° C. La polimerización se inicia con los radicales libres (Maul, J, et.al., 2007).

8.3 Propiedades

Tabla 1. Propiedades del poliestireno (Maul, J, et.al., 2007)

Propiedades	
Densidad EPS	16-640 kg/m ³
Modulo de Young (E)	3000-3600 Mpa
Tensión (St)	46-60 MPa
Elasticidad	3-4%
Test de Notch	2-5 KJ/m ²
Tensión en temperatura	100° C
Vicat B	90° C
Coefficiente de expansión (a)	8x10 ⁻⁵ /K
Calor específico (c)	1.3 kJ/(kg·K)
Absorción del Agua (ASTM)	0.03-0.1
Degradación	X (500-800 years)

Fuente: propia del autor

8.4 Problemas Ambientales

La producción de espumas de poliestireno se producen usando agentes de soplado que se forman burbujas y la espuma se expanden. En poliestireno expandido, por lo general son hidrocarburos tales como pentano, que pueden suponer un riesgo de inflamabilidad en la fabricación o almacenamiento de materiales de nueva fabricación, pero que tienen impacto ambiental relativamente leve. Poliestireno extruido se hace generalmente con los hidrofluorocarbonos (HFC-134a), que tienen potenciales de calentamiento global de aproximadamente 1.000 a 1.300 veces superior al del dióxido de carbono.

-No biodegradables, el poliestireno desechado no se biodegrada durante cientos de años, aproximadamente 500 a 800, y es resistente a la fotólisis de acuerdo con la Universidad de Washington.

La espuma de poliestireno es un componente importante de los desechos plásticos en el océano, donde se convierte en un peligro para la vida marina y "podría dar lugar a la transferencia de productos químicos tóxicos en la cadena alimentaria". Los animales no reconocen este material artificial e incluso suelen confundirla con comida. La espuma de poliestireno sopla en el viento y flota en el agua, y es abundante en el medio ambiente al aire libre. Puede ser letal para cualquier ave o animal marino que se traga cantidades significativas (Immortal Polystyrene Foam Meets its Enemy | LiveScience).

8.5 Incineración

Si el poliestireno se incinera correctamente a altas temperaturas (hasta 1000 ° C) y con un montón de aire (14 m³ / kg), los productos químicos generados son agua, dióxido de carbono, y posiblemente pequeñas cantidades de compuestos de halógenos residuales de retardantes de llama. Si sólo la incineración incompleta se hace, también habrá hollín de carbón sobrante y una mezcla compleja de compuestos volátiles. Según el Consejo Americano de Química, cuando poliestireno se incinera en instalaciones modernas, el volumen final es de 1% del volumen de partida; la mayor parte del poliestireno se convierte en dióxido de carbono, vapor de agua, y el calor. Debido a la cantidad de calor liberado, a veces se utiliza como fuente de energía para la generación de vapor o la electricidad, la razón de las reformas legales de energía se multiplican en diferentes países, que se doblan esta acción de incinerar aunque sea en la forma más adecuada.

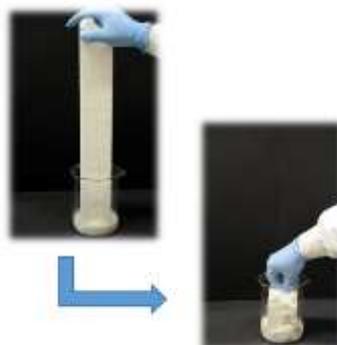
Cuando poliestireno fue quemado a temperaturas de 800-900 ° C (el rango típico de un incinerador moderna), los productos de combustión consistieron en "una mezcla compleja de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) de alquil bencenos a benzoperileno. Más de 90 compuestos diferentes eran identificado en los efluentes de combustión de poliestireno".

Esta cadena de elementos químicos que flotan en el aire producen una alta tasa de intoxicación en animales, plantas y seres humanos, se detectaron estos diferentes compuestos en otros países, siendo estos gases una de las principales causas de enfermedades virales, lo cual llevo a diversas naciones a prohibir la incineración del unice (Hawley-Fedder, R.A., 1884).

8.6 Técnica de reducción de volumen del unice

El poliestireno es químicamente inerte, siendo resistente a los ácidos y bases, pero se disuelve fácilmente por muchos disolventes clorados, y muchos disolventes hidrocarbonados aromáticos. La fórmula (fig.2) para eliminar el 98% del aire de espuma de poliestireno fue desarrollado por estudiantes del IPN de México, misma fórmula utilizada por otras empresas privadas para su reutilización mas no su reciclaje.

Fig. 2 Formula IPN



Fuente: propia del autor

La espuma de poliestireno debido a su capacidad de resistencia e inercia, se usa para fabricar muchos objetos de comercio. Y es atacado por muchos disolventes orgánicos, que disuelven el polímero.

9 FORMULA Y MÉTODO DE RECICLAJE DEL UNICEL

Utilizando como base de la fórmula IPN para obtener el 2% del polímero original, una serie de pruebas se hicieron con diferentes solventes orgánicos e inorgánicos para generar una nueva fórmula (fig.3) para un nuevo material, por razones de confidencialidad de la patente no se mencionan los elementos y las cantidades de la fórmula, pero si el proceso para obtener los diferentes tipos de materiales derivado de la fórmula.

Fig 3. Nueva Fórmula para reciclar unicel



Fuente: propia del autor

9.1 Fases del reciclado

La espuma de poliestireno pasa por un proceso de lavado, una vez terminado se introduce en la nueva fórmula lo cual cambia sus propiedades químicas transformándose en una masa moldeable.

Sin embargo debido a un error, la masa obtenida en la nueva fórmula cayó de nuevo en la fórmula de reciclaje, un día después se notó y comprobó que la masa cambia su densidad generando un segundo estado del nuevo material con diferentes propiedades.

De manera intencional, una vez más se deja en reposo durante 24 horas el segundo estado del material dentro de la nueva fórmula, para convertirla en un tercer estado del material siendo este rígido con propiedades similares a la de cualquier polímero resistente y ligero, con la peculiaridad de ser termo-establece, esto significa que apoya el cambio de temperaturas sin deformarse, a diferencia de los otros dos estados o fases que se deforman en función de la temperatura al que el material está expuesto.

La fig.4 muestra las tres fases del material y una de sus aplicaciones, siendo el número uno el que tiene la densidad más baja hasta que aumente al número tres con la densidad más alta y estable convirtiéndose en una pieza sólida, como lo muestran las cuatro piezas de colores.

Fig. 4 Fases del nuevo material reciclado



Fuente: propia del autor

9.2 Proceso del nuevo material reciclado

Fig. 5 Diagrama del proceso de reciclaje del unisel



Fuente: propia del autor

10 RESULTADOS

Los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación fueron tres estados diferentes del nuevo material, cada uno con sus propias aplicaciones en diferentes áreas, esta versatilidad del nuevo material ayuda a combatir el problema de contaminación del unisel y propicia una alternativa ecológica, económica y sustentable para la fabricación de nuevos productos. De acuerdo con la prueba terciaria realizada por gobierno y los laboratorios privados para aprobar

el uso del nuevo material, se confirmó y aprobó que en los tres estados se encuentra libre de sustancias tóxicas.

10.1 Aplicaciones

Debido a las propiedades de cada fase del material cada una es ideal para diferentes áreas y sus correspondientes aplicaciones.

10.1.1 Medicina

Las aplicaciones probadas y obtenidas con éxito por el momento para medicina son:

Para la segunda fase es una masa de rehabilitación para problemas físicos originados por problemas neurológicos, arteritis, diabetes, derrame cerebral, problemas de motrices en los niños o los ancianos y lesiones en general. (fig.6, fig.7) y para la fase tres son plantillas para corregir problemas ortopédicos. (fig.8)

Fig. 6 Masa terapéutica para rehabilitación



Fig. 7 Rehabilitación ortopédica para pie de diabetes

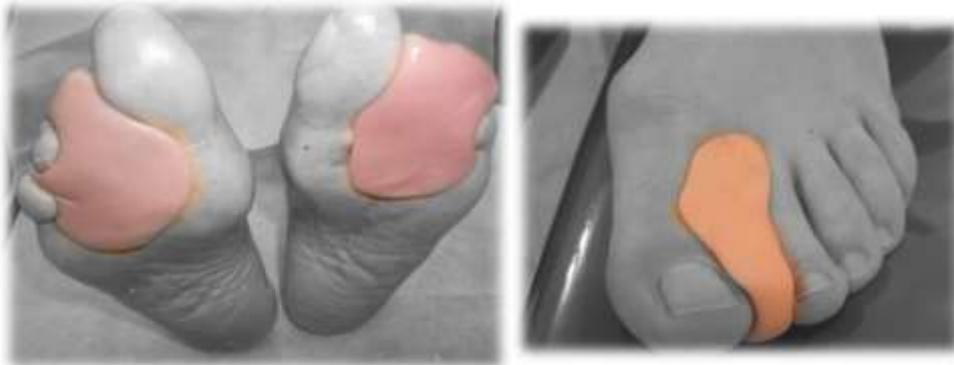


Fig., 8 Plantilla ortopédica obtenida con la fase tres del nuevo material



Fuente: propia del autor

10.1.2 Construcción

El sector de construcción, además del sector médico se considera un área potencial para explotar en aplicaciones, por el precio tan económico del material y las propiedades físicas que la tercera fase de reciclaje proporciona.

Los diseños de mobiliario se muestran en la (fig.9, fig.10, fig.11) utilizando el material verde como lámparas, mostradores iluminados, revestimientos para piso y pared.

Fig. 9 Paneles de luz con diseño exclusivo

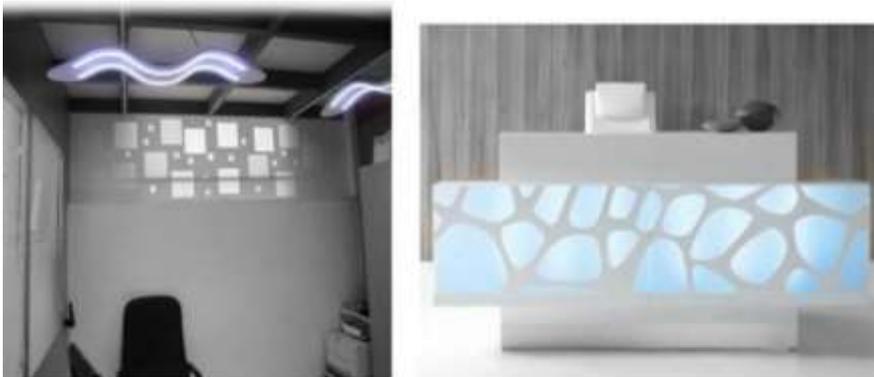


Fig.10 Revestimiento para piso



Fig.11 Revestimiento y divisor de pared



Fuente: propia del autor

10.2.2 Otras aplicaciones

Otras aplicaciones se encuentran en el área de la repostería como utensilios para la decoración del fondant de los pasteles y galletas, obteniendo uno en fase tres y otro en fase dos. A su vez se experimentó con un rodillo para la decoración de pintura estilo madera en fase dos y una masa en fase uno como herramienta de limpieza (fig.12, fig.13).

Fig. 12 Utensilio de repostería fase dos y fase tres

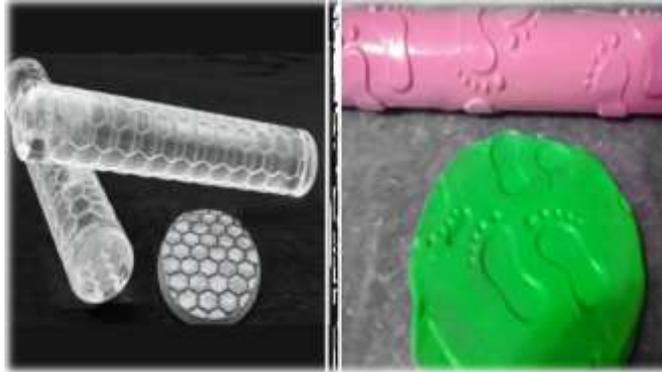


Fig.13 Rodillo para pintura y masa para limpieza.



Fuente: propia del autor

11 TRABAJO FUTURO

Con las ramas que este nuevo material proporciona, se consideran diversos futuros prototipos por ejemplo:

- Aplicación en el sector automotriz, creando piezas con la tercera fase.
- Aplicación en la construcción, para mobiliario y estructuras hechas de la tercera fase.
- En medicina, el desarrollo de prótesis, marcos de gafas y herramientas de rehabilitación.
- En la tecnología verde, la aplicación de la tercera fase como marco de paneles solares.
- En electrónica, como aislante de cables.

En general estos nuevos y verdes recuentos de fórmula contienen un infinito sector de producción, desde un diseño de silla minimalista hasta una compleja prótesis médica. Pero no sólo las aplicaciones es lo relevante, sino todo el movimiento que implica la nueva estandarización para la recolección de residuos, la mejora inconsciente de nuestra cultura, que

gana al contar con una solución verde y lucrativa y debido a ello, la disminución de contaminación, de las enfermedades causadas por contaminación y de los vertederos desperdiciados.

12 CONCLUSIÓN

Con los diversos productos obtenidos con éxito a través de la nueva fórmula para reciclar el unicel y mediante sus tres diferentes fases se ha logrado demostrar que un ciclo estratégico de los residuos urbanos es factible y que sus múltiples beneficios son obtenidos a corto, mediano y largo plazo.

Basta un fuerte motivo para un fuerte cambio, y motivando a la sociedad desde el punto de vista económico se desencadenan múltiples beneficios desde un cambio cultural y ecológico hasta el grado de disminuir las enfermedades locales y cercanas al área contaminada.

Se debe fomentar dentro del campo científico nuevas tecnologías que orillen a la sociedad de una manera inconsciente y consciente a aprender cómo administrar para conservar y transformar los recursos y residuos de una manera inteligente para un ciclo sano de la materia, ya que sin importar quien seamos y que hacemos a todos nos encapsula un mismo planeta al cual le debemos respeto y responsabilidad.

Esta nueva fórmula es la llave para muchas puertas, una solución para reducir la contaminación excesiva del unicel, un acceso a innovaciones con este nuevo polímero y una fructuosa alternativa para generar nuevos empleos.

REFERENCIAS

Bandyopadhyay, Abhijit; Chandra Basak, G. (2007). "Studies on photocatalytic degradation of polystyrene". *Materials Science and Technology* 23 (3): 307–317. doi:10.1179/174328407X158640.

Carl A. Zimring, William L.; "Encyclopedia of Consumption and Waste: The Social Science of Garbage, Volume 1", second Edition, 2012. All rights reserved.

Common Plastic Resins Used In Packaging". Introduction to Plastics Science Teaching Resources. American Chemistry Council, Inc. Retrieved 24 December 2012. EDUCATION, U. F. (2008). *Harvard's Technologies site*. Disponible en: <http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic967858.files/PolystyreneFactSheets.pdf>

Cohen, Joshua T.; Carlson, Gary; Charnley, Gail; Coggon, David; Delzell, Elizabeth; Graham, John D.; Greim, Helmut; Krewski, Daniel; Medinsky, Michele; Monson, Richard; Paustenbach, Dennis; Petersen, Barbara; Rappaport, Stephen; Rhomberg, Lorenz; Ryan, P. Barry; Thompson, Kimberly (2002). "A comprehensive evaluation of the potential health risks associated with occupational and environmental exposure to styrene". *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews* 5 (1-2): 1–265. doi:10.1080/10937400252972162. PMID 12012775. The McLaughlin Centre for Population Health Risk Assessment has published a no-charge summary.

Doroudiani S, Kortschot Mt (2004). "Expanded Wood Fiber Polystyrene Composites: Processing-Structure-Mechanical Properties Relationships". *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 17: 13–30. doi:10.1177/0892705704035405.

Doroudiani, Saeed; Chaffey, Charles E.; Kortschot, Mark T. (2002). "Sorption and diffusion of carbon dioxide in wood-fiber/polystyrene composites". *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics* 40 (8): 723. doi:10.1002/polb.10129.

Energies, S. A. (2013). *CINU*. Disponible en: <http://www.cinu.mx/temas/medio-ambiente/medio-ambiente-y-desarrollo-so/>

Goodier, K. (22 June 1961). "Making and using an expanded plastic". *New Scientist* 240: 706.
Mark, James E. (2009). *Polymer Data Handbook* (2nd Edition). Oxford University Press. ISBN 978-0-19-518101-2

Hevesi, Dennis (4 March 1990). "Ban on Plastics in Suffolk Is Overturned". *The New York Times*. Retrieved 23 December 2012.

Hawley-Fedder, R.A.; Parsons, M.L. And Karasek, F.W. (1984). "Products obtained during combustion of polymers under simulated incinerator conditions II. Polystyrene". *Products Obtained During Combustion of Polymers Under Simulated Incinerator Conditions, II Polystyrene* 315: 201. doi:10.1016/S0021-9673(01)90737-X. Quoted from a campaign site giving no details of the original source and experiment conditions.

Harris, Gardiner (10 June 2011). "Government Says 2 Common Materials Pose Risk of Cancer". *New York Times*. Retrieved 11 June 2011.

"Invention Of Styrofoam™". Dow Chemical. Retrieved 23 December 2012.

Little, M. (s.f.). *LiveStrong*. Disponible en: <http://www.livestrong.com/article/159954-facts-about-landfill-styrofoam/>

Maul, J.; Frushour, B. G.; Kontoff, J. R.; Eichenauer, H.; Ott, K.-H. And Schade, C. (2007) "Polystyrene and Styrene Copolymers" in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* Wiley-VCH, Weinheim, doi:10.1002/14356007.a21_615.pub2

Natta, G.; Corradini, P.; Bassl, I. W. (1960). "Crystal structure of isotactic polystyrene". *Il Nuovo Cimento* 15: 68. doi:10.1007/BF02731861. Edit Page 207 of *Rigid Plastics Foams* 2nd edition by T.H. Ferrigno published in 1967.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM (10 June 2011). "12th Report on Carcinogens". National Toxicology Program. Retrieved 2011-06-11.

The History Of Plastics. *Inventors.about.com* (15 June 2010). Retrieved 25 December 2011.

Vargas, I. (2011). UNAM'S technologies . *CNN EXPANCIÓN*, 25-42.

Wunsch, J.R. (2000). *Polystyrene – Synthesis, Production and Applications*. iSmithers Rapra Publishing. p. 15. ISBN 978-1-85957-191-0. Retrieved 25 July 2012.

Ward, Pg; Goff, M; Donner, M; Kaminsky, W; O'connor, Ke (2006). "A two step chemobiotechnological conversion of polystyrene to a biodegradable thermoplastic". *Environmental Science and Technology* 40 (7): 2433–7. doi:10.1021/es0517668. PMID 16649270.

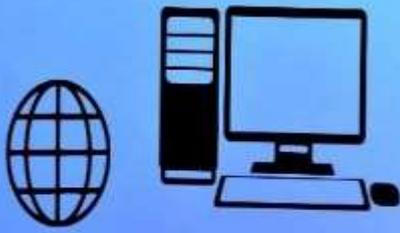
Ying Sun, Nina And Toloken, Steve (March 21, 2013). "China moves to end its 'ban' on PS food packaging". *Plastics News*. *Plastics News*. Retrieved 10 June 2013.

Apéndice A. Consejo Editor Universidad Politécnica de Aguascalientes

Dr. Arturo Córdova Rangel
Dr. Carlos Alejandro de Luna Ortega
M.C. Sandra Patricia Flores Esquivel
M.C. José Luis Gallegos Ramírez

Apéndice B. Comité Arbitral Universidad Politécnica de Aguascalientes

Dr. Arturo Córdova Rangel
Dr. Carlos Alejandro de Luna Ortega
M.C. Sandra Patricia Flores Esquivel
M.C. José Luis Gallegos Ramírez
Dra. Ma. De Lourdes Yolanda Margain Fuentes
Dra Araceli Gárate García
Dra. Karina Armas de Santos
M.C. Francisco Javier Ornelas Zapata Francisco
M.C. Marco Álvarez Medina
M.C. Irasema Mata Jiménez
M.C. Juan Fernando Aguirre Samano
Dr. Satish Kumar Kamaraj



Sistemas.



Energías.



Industrial.



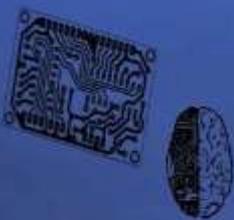
Mecanica



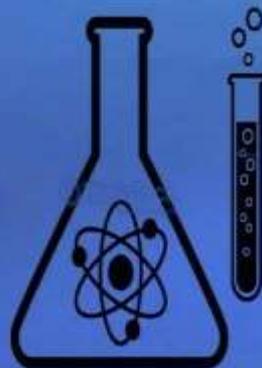
Negocios.

Ciencias en ingeniería.

Enseñanza en las ciencias.



Electronica.



Mecatronica.