

ISSN:1390-339X



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

INFOCIENCIA

VOLUMEN 10/2016

ISSN: 1390-339X
Vol. 10 / 2016

Revista
INFOCIENCIA

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

Latacunga, Ecuador



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**UNIVERSIDAD DE LAS
FUERZAS ARMADAS
ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA**

Revista
INFOCIENCIA
ISSN: 1390-339X
Vol. 10 / 2016

Rector

CrnI. CSM.
Ramiro Pazmiño Orellana

Director ESPE Extensión Latacunga

Tern. Esp.
Ricardo Sánchez

**Jefe de Investigación, Innovación y
Transferencia de Tecnología**

Ing. José Bucheli A., MSc.

Editor

Ing. José Luis Carrillo M., MSc.
Ing. José Bucheli A., MSc.

Comité Editorial

PhD. Edison Espinosa
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE -
Ecuador

PhD. Omar S. Gómez
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
ESPOCH - Ecuador

PhD. María Villapol
Universidad Tecnológica de Auckland - Nueva
Zelanda

PhD. Guillermo Palacios
Universidad de Zaragoza - España

Responsable Legal:

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA**

Quijano y Ordoñez s/n y Hermanas Páez

Telf.: (+593)32810206

Fax: (+593) 2810208

Página Web: <http://www.espe.edeu.ec>

sie-el@espe.edu.ec

Diseño: Imprenta y papelería universitaria ESPE

500 ejemplares

Publicación: Anual

Distribución: Gratuita



CONTENIDO

	Editorial	4
	José Luis Carrillo M.	
Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de resistencia estructural de alas y alerones		5
[Design and construction of a test bench for testing of resistance structural wings and flaps]		
Guido Torres, Mauricio Cruz, Stalin Mena, Cesar Sevillano/Alexander Suarez, Danilo Zambrano		
Control de Velocidad de un automóvil empleando una técnica de Inteligencia Artificial		12
[Speed control of a car using a technique Artificial Intelligence]		
Fernando Mejía, Alberto Arellano, Geovanny Vallejo, Eduardo Villa		
Mouse para personas con discapacidad en sus extremidades superiores controlado por medio de movimientos de cabeza y gestos		19
[Mouse for people with disabilities in their upper extremities controlled by movements of head and gestures]		
Jaramillo J., Manzano S., Chicaiza D., Encalada P.		
Procesamiento de video usando Apache Hadoop con OpenCV y JavaCV para reconocimiento facial		26
[Video processing using Apache Hadoop with OpenCV and JavaCV to face recognition]		
Lucas Rogerio Garcés Guayta, Yasser Cesar Alvarado Salinas, Nixon Rafael Paladines Enríquez		
Emulsión Agua y Diésel Formulación y Características Físicas para su utilización en motores de Combustión Interna para reconocimiento facial		33
[Water and Diesel Emulsion Formulation and Physical Characteristics for Use in Internal Combustion Engines]		
Germán Erazo Laverde, Diego Pucuji Pillajo, Pablo Bonilla Valladares, José Naranjo Hernández		
Framework para el Diseño de Base de Datos Espacial		39
[Framework for Spatial Database Design]		
Lucas Rogerio Garcés Guayta ^a , Jaime Asqui Poma		
Modelado y análisis del bastidor y carrocería de una limusina escarabajo		45
[Modeling and analysis of the chassis and bodywork of a limousine beetle]		
Guido Torres, Mauricio Cruz, Stalin Mena, Stalin Rosero, Roberto Vallejo, Danilo Zambrano		
Uso de Línea de Productos Software (SPL) en Aplicaciones Móviles Sensible al Contexto		51
[Use the paradigm of Software Product Line (SPL) in Mobile Context-Aware Applications]		
Patricio Espinel		



- Análisis de la Microestructura del Acero V320 Sometido a Tracción y Torsión luego de un Tratamiento Térmico de Temple Subcero 56
[Analysis of the Microstructure of V320 Steel Subjected to Traction and Torsion After a Heat Treatment of Subcero Temple]
Abel Remache Coyago, Fernando Jácome Mancheno, Jaime Molina Osejos, Santiago Fernando Celi
- Diagnóstico por Imagen del Sistema de Control Electrónico de Inyección Diésel Riel Común CRDI 64
[Diagnostic for Imaging Electronic Control System Injection Diesel Common Rail CRDI]
Germán Erazo, Eduardo Guangaje, Luis Murillo
- Ambientación de entornos expositivos mediante el uso de realidad aumentada 72
Environment of Expositive Environments through the Use of Augmented Reality
Juan José Tustón Quiroga, Víctor Santiago Manzano Villafuerte, Dennis Vinicio Chicaiza Castillo, Patricio Germán Encalada Ruiz
- Modelación matemática de la radiación no ionizante producida por las estaciones base de telefonía celular 76
Mathematical modeling of non-ionizing radiation produced by cell phone base stations
Lizbeth Bonilla, Julio Cují, Marco Jurado, Santiago Manzano
- Compresor de Imágenes Médicas con formato DICOM mediante Familias Wavelets basadas en Funciones Atómicas 83
[Compressor of Medical Images with DICOM Format by Families Wavelets based on Atomic Functions]
Espinosa Jimena A., Cují Julio E., Jurado Marco, Pallo Juan P.
- Modelo de semáforo inteligente empleando un algoritmo genético 89
[Intelligent traffic light model using a Genetic Algorithm]
Fernando Mejía, German Torres, Eduardo Villa
- La responsabilidad social empresarial analizada desde la estructura organizativa de las empresas del cantón Quevedo 97
[The managerial social responsibility analyzed from the organizational structure in the companies to Quevedo]
Mauricio Franco, Baldramina Velásquez



EVALUADORES

PhD. Silvia Teresita Acuña
Universidad Autónoma de Madrid - España

Ing. Ariana T. Rivas Lárez, MSc.
Universidad Carabobo - Venezuela

PhD. Aranda Alejandrina
Universidad Politécnica de Madrid

Ing. María Alexandra Corral, MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Ecuador

PhD. Martha Nieves Gomez
Universidad San Pablo Ceu – España

Ing. Johana Belén Tobar Quevedo, MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Ecuador

PhD. Dante Carrizo Moreno
Universidad de Atacama – Chile

Ing. Eddie Galarza Zambrano, MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Ecuador

PhD. Jhon Wilmar Castro
Universidad de Atacama - Chile

Ing. Nancy del Roció Velazco, MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Ecuador

PhD. José Antonio Pow – Sang
Universidad Pontificia Universidad Católica - Peru

Ing. David Rivas Lalaleo, MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Ecuador

PhD. Herminia del Rosario Sanaguano Salguero
Universidad Estatal de Bolívar - Venezuela

Dra. Magda Francisca Cejas
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Ecuador

PhD. Mónica Karel Huerta
Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador

Ing. Marcelo Álvarez Veintimilla, MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Ecuador

Dra. Darina Lara Coba
Universidad Tecnológica de la Habana
“José Antonio Echeverría CUJAE” – Cuba

Ing. Cecilia Hinojoza Raza
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Ecuador

Ing. Marcelo Ferreira, MSc.
Universidad Nacional Asunción – Paraguay

Ing. Jaqueline Llanos Proaño, MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Ecuador

Ing. Jorge Alexander Bosch Cabrer, MSc.
Universidad de Granma – Cuba

Ing. Félix Javier Manjarrés A., MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Ecuador

Ing. Vinicio Changoluisa, MSc
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Ing. Diego Ortiz Villalba, MSc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Ecuador

Ing. Yoan Manuel Ramos Botello, MSc.
Universidad de Granma – Cuba

EDITORIAL

INFOCIENCIA es una revista internacional editada por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Extensión Latacunga, desde 2007. **INFOCIENCIA** publica artículos científicos, revisados por pares, cubriendo todos los aspectos de la ingeniería. Nuestro objetivo es presentar y difundir nuevos conocimientos, nuevas perspectivas, experiencias e innovaciones en el campo de la ingeniería sobre aspectos teóricos o prácticos de las metodologías, métodos y técnicas usadas en ingeniería o conducentes a la mejora de la práctica profesional. La revista publica artículos de investigación científica y tecnológica, artículos de revisión y reportes de caso. Todos los resultados presentados en los artículos están basados en el estado actual del conocimiento y soportadas por un análisis riguroso y una evaluación equilibrada.

En esta oportunidad nos complace presentar a la comunidad académica y empresarial los trabajos de investigación aceptados por nuestros prestigiosos evaluadores nacionales y/o internacionales que han hecho posible que nuestra **revista INFOCIENCIA 2016 - Vol. 10** este publicada. Los artículos científicos recibidos son originales sobre ideas innovadoras, soluciones desarrolladas que abordan problemas reales, trabajos empíricos, estudios de caso, etc., en el dominio de la Ingeniería, mismos que se encuadran en las temáticas de la revista.

INFOCIENCIA publica artículos en las siguientes áreas:

- Mecatrónica,
- Software,
- Electrónica, Automatización y control
- Telecomunicaciones,
- Telemedicina,
- Sistemas eléctricos,
- Mecánica automotriz,
- Administración de empresas,
- Petroquímica. y
- Otras áreas relacionadas con la ingeniería

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con el fin de facilitar el proceso de sumisión, evaluación y edición de la revista, así como reducir los costos asociados al proceso editorial y facilitar la publicación de la **Revista INFOCIENCIA**, decidió pasar la revista a **open access**, a partir del año 2017. Ya que esta decisión beneficia tanto a nuestros autores como a nuestros lectores, ya que el proceso de publicación en línea, en el cual, los artículos son publicados en nuestra página web cuando terminan su proceso de edición; esto implica que nuestros autores no deben esperar el cierre del número a publicarse para que su artículo esté a disposición de nuestros lectores. La presentación de artículos para su publicación en la revista no tiene ningún costo.

Ing. José Luis Carrillo M., MSc
Docente Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Extensión Latacunga
E-mail: jlcarrillo@espe.edu.ec

Ing. José Gioberty Bucheli A., MSc
Docente Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Extensión Latacunga
E-mail: jgbucheli@espe.edu.ec

Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de resistencia estructural de alas y alerones

Design and construction of a test bench for testing of resistance structural wings and flaps

Guido Torres, Mauricio Cruz, Stalin Mena, Cesar Sevillano, Alexander Suarez, Danilo Zambrano

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

Correspondencia Autores: gtorres@espe.edu.ec, gmcruz@espe.edu.ec, jsmena@espe.edu.ec, cesar_edu88s@hotmail.com, salexrafa@hotmail.com, vdzambrano@espe.edu.ec

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— El proyecto tiene como objetivo diseñar y construir un banco de pruebas para ensayos de resistencia estructural de alas de aviones y alerones que permita comprobar experimentalmente las cargas estáticas sobre la estructura de un ala que se ejercen en seis puntos. El sistema wiffletree (distribución de fuerzas en forma de árbol) mediante un grupo hidráulico genera una fuerza a tracción cuya presión es una carga variable, para simular las cargas estáticas sobre el ala en vuelo (despegue, vuelo horizontal y aterrizaje) y con ello comprobar la resistencia de la composición de los distintos materiales que se utiliza en la industria aeronáutica para la construcción de las alas de los aviones. El motor electro hidráulico acciona al cilindro hidráulico, que transmite la fuerza a la distribución de tensión estática en el ala del avión de forma similar a la que el ala experimenta en vuelo horizontal para la prueba de resistencia estructural. Las celdas de carga miden la fuerza sobre el ala en seis puntos específicos y tienen una comunicación a una tarjeta de adquisición de datos (Arduino) esta información se muestra en un computador que proporciona el estado de fuerza al instante sobre el material. Por lo que el banco de pruebas inicia una etapa de experimentación en el área de materiales y estructuras realizando ensayos a tracción y flexión para el sector de la aeronáutica ligera y la aerodinámica del automóvil.

Palabras claves— Ingeniería Automotriz, Aeronaves, Alas y Alerones, Banco de Pruebas, Diseño y Construcción.

Abstract— The project aims to design and build a test bed for testing the structural strength of aircraft wings and spoilers that allows experimentally verify the static loads on the structure of a wing exerted on six points. The wiffletree system (distribution of forces in tree form) by a hydraulic unit generates a tensile force whose pressure is a variable load, to simulate the static loads on the wing in flight (takeoff, horizontal flight and landing) and thus check the strength of the composition of the different materials used in the aircraft industry for the construction of aircraft wings. The electrohydraulic motor drives the hydraulic cylinder, which transmits the force to the static stress distribution in the plane's wing similar to the wing experiences in horizontal flight test for structural strength. Load cells measure the force on the wing in six specific points and have a communication to a data acquisition board (Arduino) this information is displayed on a computer that provides status instantly force on the material. So the test began a period of experimentation in the area of materials

and structures performing tensile and flexural tests for light industry aeronautics and aerodynamics of the car.

Keywords— Automotive Engineering, Aircraft, Wings and Wings, Testbed, Design and Construction.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto responde a la necesidad de realizar una investigación en el diseño y construcción de alas de aviones y alerones con la finalidad de determinar la resistencia estructural de distintas composiciones de materiales y distintas fórmulas estructurales en la construcción de los mismos.

Este proyecto permite desarrollar investigación y desarrollo autónomos para adquirir y generar conocimientos en el área de la ciencia de materiales y sus aplicaciones. Optimizar las combinaciones de materiales y la fórmula estructural para el diseño de alas de un UAV, es la razón por la cual planteamos el diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de resistencia estructural de alas y alerones. Esto nos permitirá determinar la mejor combinación y forma del ala, a objeto de obtener la mejor relación de resistencia estructural sobre el peso total del ala, por lo que es necesario, diseñar y construir un banco de pruebas para ensayos de resistencia estructural de las alas de aviones y alerones, y verificar su resistencia a los tipos de carga y esfuerzos estáticos a los que se encuentran expuestas.

A. Parámetros de diseño

El banco de pruebas es capaz de soportar las cargas de prueba sobre el modelo. La carga estática es aplicada por medio de un cilindro hidráulico que soporta sobre la parte superior de la estructura del bastidor, la carga es aplicada sobre la viga superior del sistema de distribución de fuerzas que transmite la carga para simular la aplicación de carga distribuida sobre el sujeto de prueba.

Para la probeta de prueba se considera que uno de los extremos está empotrado y el otro libre.

Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de resistencia estructural de alas y alerones

El bastidor está formado por dos columnas apoyadas sobre el piso y sobre estas una viga que es la que soporta al elemento transmisor de carga.

La deflexión permisible no deberá ser mayor que $L/240$.

Las cargas que son parte del análisis son:

- Carga muerta: masa propia de la estructura.
- Carga Viva: carga de prueba (se considerará carga máxima)
- La combinación de carga se aplica de acuerdo a lo indicado en la norma ASCE 7.

Para el análisis se realizará el estudio de una carga distribuida triangular como se observa en la figura 1.

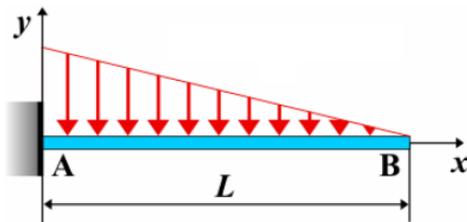


Figura 1: Carga distribuida triangular

Fuerza:

$$W_x = \frac{W(L-x)}{L} \quad (1)$$

Reacciones:

$$R_A = \frac{W \cdot L}{2} \quad (2)$$

Esfuerzo cortante:

$$V_{AB} = \frac{W}{2L} \cdot (L-x)^2 \quad (3)$$

Momentos flectores:

$$M_{AB} = \frac{W}{6L} \cdot (L-x)^3 \quad (4)$$

Pendiente:

$$\theta_{AB} = \frac{W}{24 \cdot E \cdot I \cdot L} \cdot (4L^2 - 6L^2 \cdot x + 4Lx^2 - x^3) \quad (5)$$

Deflexión:

$$Y_{AB} = \frac{W \cdot x^2}{120 \cdot E \cdot I \cdot L} \cdot (10L^3 - 10L^2 \cdot x + 5Lx^2 - x^3) \quad (6)$$

Dónde:

W = Fuerza aplicada (N/m)

W_x = Fuerza en un punto x (N)

R1 = Fuerza reactiva (N)

V = Esfuerzo cortante (N)

l = Longitud de la viga (m)

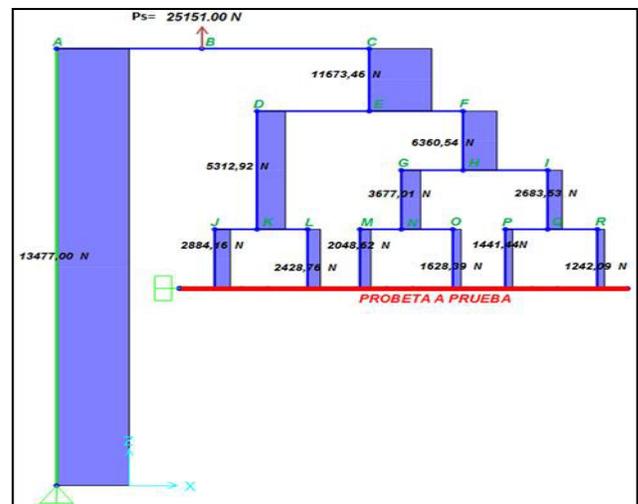
I = Momento de Inercia (m^4)

B. Análisis de los elementos mecánicos del banco de resistencia estructural de alas y alerones.

Cada uno de los elementos del banco de pruebas están diseñados y simulados aplicando cargas muertas y cargas vivas con la ayuda de un software CAE para seleccionar el material ASTM A 36 que se encuentra en el mercado de nuestro país.

1. Análisis en la distribución de fuerzas

Para el análisis en la distribución de fuerzas se aplica una carga (Ps), que es igual a la sustentación máxima de un ala de avión UNASUR I más la carga muerta de la estructura, y se distribuye esta carga sobre el ala para determinar las fuerzas en cada punto, como se muestra en la figura 2.



Ps = 25151 N

Figura 2: Cargas aplicadas

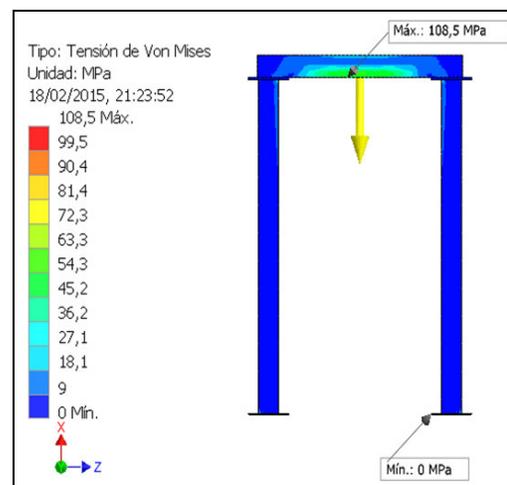


Figura 3: Tensión de Von Mises

En la figura 3 se determina que la estructura del bastidor tiene una tensión de Von Mises máxima de 108,5 MPa. Esta tensión es menor que el límite de elasticidad del material ASTM A36 de 250 MPa. Por lo tanto se concluye que puede resistir la tensión máxima a la que está sometido.

2. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico se encarga de suministrar la fuerza a tracción con sus componentes como se indica en la figura 4:

- 1.- Cilindro hidráulico doble efecto
- 2.- Regulador de caudal unidireccional
- 3.- Válvula 4/3 tipo tándem - Doble control eléctrico
- 4.- Manómetro
- 5.- Válvula de seguridad
- 6.- Motor eléctrico
- 7.- Bomba unidireccional
- 8.- Filtro
- 9.- Depósito atmosférico

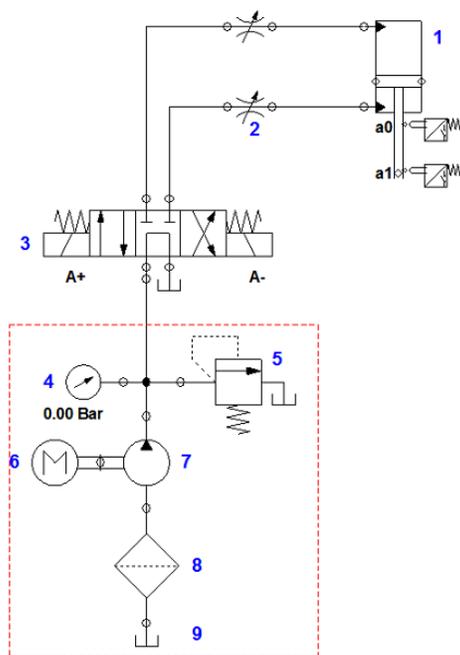


Figura 4. Circuito Hidráulico

El área del pistón del cilindro hidráulico es $2,12 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ donde la presión necesaria para generar 25151 N es 13,79 MPa, el caudal de 1,73 gal/m y la potencia del motor eléctrico sugerida basada en el caudal de la bomba hidráulica y la presión es de 2,02 HP~3HP

3. Sistema electrónico del banco de pruebas de resistencia estructural de alas.

El sistema de medición de carga consta de una celda de carga, un amplificador de instrumentación, y el conversor A/D dentro de la tarjeta Arduino Leonardo. Los que están conectados para poder obtener los datos de las pruebas mediante un interfaz hacia el computador.

4. Selección de las celdas de carga

De acuerdo a las cargas obtenidas en cada punto sobre la probeta, que se determina en la distribución de fuerzas de la Figura 2, se seleccionan las celdas de carga de 1000 lb y 500 lb que cumplen con los requerimientos del banco de pruebas.

5. Acondicionamiento de la señal de la celda de carga

La señal proveniente de la celda de carga no es suficiente para procesarla por lo que es necesario amplificarla con un amplificador de instrumentación AD 620 y un conversor analógico/digital que cuenta el Arduino Leonardo.

C. Componentes del banco de pruebas

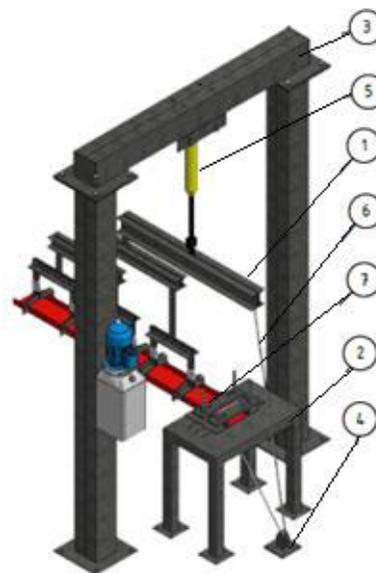


Figura 5. Componentes del banco

Tabla 1.
Componentes del banco de pruebas

Nº DE PIEZA	ELEMENTO
1	DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS
2	MESA DE SUJECIÓN DE LA PROBETA
3	ESTRUCTURA DEL BASTIDOR
4	CONTRAPESO DE ANCLAJE
5	CILINDRO HIDRÁULICO
6	CABLE DE ANCLAJE
7	PROBETA DE PRUEBA

II. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

El banco de pruebas de resistencia estructural de alas fue diseñado para soportar una carga de 25151 N, sus valores ideales de funcionamiento oscilar entre 245 N a 28694 N dependiendo del material de la probeta de ensayo.

A. Ensayos de resistencia

Los ensayos de resistencia estructural son realizados sobre una sección rectangular de madera como se indica en la figura 6.

Tabla 2
Datos de la probeta

Base (b)	190 mm
Longitud (L)	1700 mm
Altura (h)	50 mm

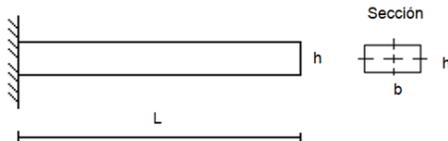


Figura 6: Probeta de madera

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (7)$$

I: Momento de inercia de la sección transversal de la viga

Es necesario conocer el momento de inercia de la sección y las propiedades mecánicas de la probeta para el cálculo de la fuerza, reacción, esfuerzo cortante, momento flector y deflexión. El cálculo se desarrolló en función de una carga distribuida triangular como se indica en la figura 1.

Tabla 3
Propiedades mecánicas de la madera

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Densidad	400 Kg/m ³
Módulo de elasticidad	9000 MPa
Resistencia a la tracción	70 MPa

Fuente: (Castaño, En línea)

El análisis se desarrolló en las distancias de ubicación de las celdas de carga que se indican a continuación.

$$x: [0,14 \quad 0,49 \quad 0,69 \quad 1,04 \quad 1,24 \quad 1,59] \text{ m}$$

Para las pruebas se tomó como referencia el peso de un avión UAV de 4410 N. La fuerza que se ejerce sobre el ala es de 2205 N en función del factor de carga 2G en condiciones de vuelo con turbulencias que pueden afectar a la estructura alar.

B. Prueba I al 1 G de carga

En esta prueba se consideró una carga de 1 G sobre el ala de 2205 N y la carga muerta de la distribución de fuerzas de 1445,7 N. Para poder determinar la fuerza que debe ejercer el cilindro hidráulico es necesario sumar la fuerza sobre la probeta más la carga muerta de la distribución de fuerzas obteniendo 3650,7 N.

En la tabla 4 se puede observar los datos de la carga que debe soportar la probeta a 1G del peso del avión UAV.

Tabla 4
Fuerza y presión estimada para el ensayo

n	PRESION	FUERZA	Σ FUERZA	CARGA
	CILINDRO (Pa)	CILINDRO (N)	SENSORES (Lb)	MUERTA (N)
1 G	1,74X10 ⁶	3650,7	490	2179,63

Tabla 5
Fuerza en las celdas de carga

TABLA GENERAL DE VALORES OBTENIDOS EN EL TIEMPO

	SENSOR1	SENSOR2	SENSOR3	SENSOR4	SENSOR5	SENSOR6
t01	113	76	42	15	5	2
t02	127	91	55	30	14	5
t03	133	96	58	31	16	7
t04	152	112	76	43	26	14
t05	163	121	83	47	31	18
t06	167	124	85	52	33	22
t07	165	124	84	56	34	23
t08	168	126	88	56	36	25
t09	167	125	87	54	35	24
t10	166	125	86	54	35	24

La tabla 5 indica los valores de la carga distribuida obtenidas en las seis celdas de carga en Lb que se muestran en la pantalla de Excel en función del tiempo en la prueba a 3650,7 N.

En la tabla 6 se muestra los datos de las fuerzas obtenidas de las celdas de carga, las fuerzas cortantes, los momentos flexionantes y la deflexión en los seis puntos distribuidos a lo largo de la probeta. Estos resultados se utilizan para determinar las respectivas gráficas y el análisis de la prueba.

Tabla 6
Análisis de los resultados de la prueba

PUNTOS	DISTANCIA (m)	FUERZA CELDAS DE CARGA (N)	FUERZAS CORTANTES (N)	MOMENTOS (Nm)	DEFLEXION (m)
P0	0	-	-1852,684	1049,8541	0,000
P1	0,14	738,405	-1560,101	811,2523	0,001
P2	0,49	556,028	-938,586	378,5631	0,005
P3	0,69	382,547	-653,952	220,1640	0,009
P4	1,04	240,204	-279,249	61,4347	0,018
P5	1,24	155,688	-135,650	20,7996	0,023
P6	1,59	106,757	-7,757	0,2844	0,034

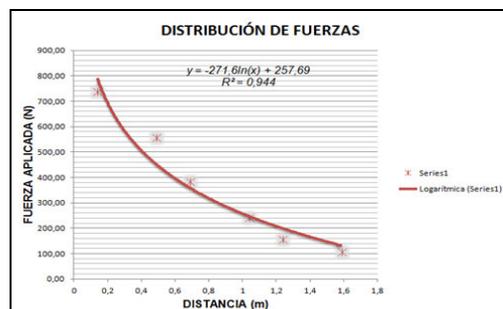


Figura 7: Distribución de fuerzas

1. Distribución de fuerzas

En la figura 7 se observa la fuerza con respecto a la distancia obteniendo una gráfica que cumple con la distribución de fuerzas que sea mayor en el empotramiento y vaya disminuyendo hacia el extremo libre de la probeta.

2. Fuerzas cortantes

En la figura 8 determinamos que el punto más crítico es en el empotramiento P0 con un esfuerzo cortante de -1852,684 N y el punto P1 con -1560,101 N, debido al valor de su carga que se aplica en esa distancia.

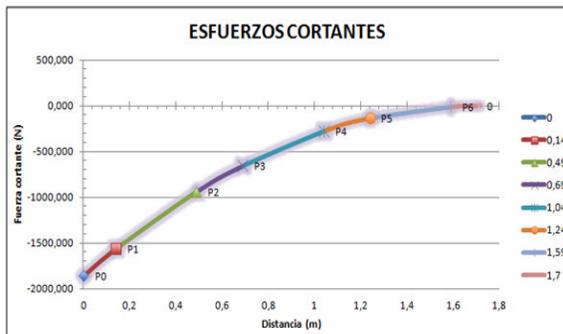


Figura 8: Diagrama de esfuerzos cortantes

3. Momento flector

En la figura 9 determinamos que el punto más crítico es en el empotramiento P0 con un momento flector de 1049,8541 Nm y el punto P1 de 811,2523, debido a la carga que se aplica en esas distancias.

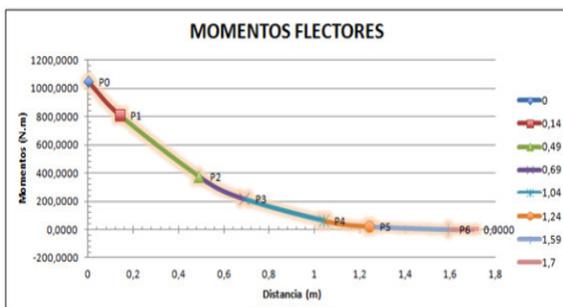


Figura 9: Momento flector

4. Deflexión

En la figura 10 se observa que la deflexión máxima sobre la probeta de madera a una carga de 3650,7 N se produce en el punto seis obteniendo un valor de 0,034 m.

C. Prueba II a 2 G de carga

En esta prueba se consideró el peso del avión sobre una de las alas multiplicado por un factor de carga de 2 G que es 4410 N y la carga muerta de la distribución de fuerzas de 1445,7 N. Para poder determinar la fuerza que debe ejercer el cilindro hidráulico es necesario sumar la

fuerza sobre la probeta ms la carga muerta de la distribución de fuerzas obteniendo 5855,7 N.

En la tabla 12 se puede observar los datos de la carga que debe soportar la probeta a 2 G del peso del avión UAV.

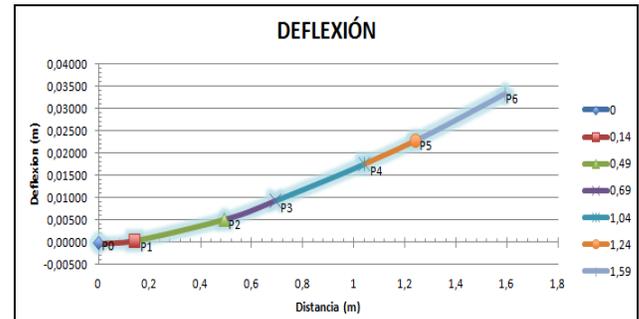


Figura 10: Curva de la deflexión

Tabla 12
Fuerza y presión estimada para el ensayo

	PRESION CILINDRO	FUERZA CILINDRO	Σ FUERZA SENSORES	CARGA MUERTA
n	(Pa)	(N)	(Lb)	(N)
2G	12,8X10 ⁶	5855,7	1160	5159,94 1445,7

La tabla 13 se indica los valores de la carga distribuida obtenidos en las seis celdas de carga en la pantalla de Excel en función del tiempo de la prueba a 5855,7 N.

Tabla 13
Fuerza en las celdas de carga

TABLA GENERAL DE VALORES OBTENIDOS EN EL TIEMPO						
	SENSOR1	SENSOR2	SENSOR3	SENSOR4	SENSORS	SENSOR6
t01	66	41	8	1	-3	-2
t02	162	127	83	54	32	17
t03	225	182	132	101	66	55
t04	230	218	167	130	90	80
t05	230	241	193	151	105	97
t06	228	241	204	165	117	108
t07	228	241	218	173	124	117
t08	228	240	225	180	130	123
t09	228	241	230	186	135	125
t10	228	240	237	187	137	131

En la tabla 14 se muestra los datos de las fuerzas obtenidas de las celdas de carga, las fuerzas cortantes y momento flector en los seis puntos distribuidos a lo largo de la probeta.

Tabla 14
Análisis de los resultados de la prueba

PUNTOS	DISTANCIA (m)	FUERZA (N)	FUERZAS CORTANTES (N)	MOMENTOS (Nm)	DEFLEXION (m)
P0	0	-	-4385,945	2485,3688	0,0000
P1	0,14	1014,19	-3693,300	1920,5157	0,0013
P2	0,49	1067,57	-2221,959	896,1902	0,0125
P3	0,69	1054,23	-1548,132	521,2045	0,0221
P4	1,04	831,82	-661,079	145,4373	0,0418
P5	1,24	609,41	-321,130	49,2399	0,0542
P6	1,59	582,72	-18,363	0,6733	0,0795

1. Distribución de fuerzas

En la figura 11 se observa la fuerza con respecto a la distancia obteniendo una gráfica que cumple con la distribución de fuerzas que sea mayor en el empotramiento y vaya disminuyendo hacia el extremo libre de la probeta.

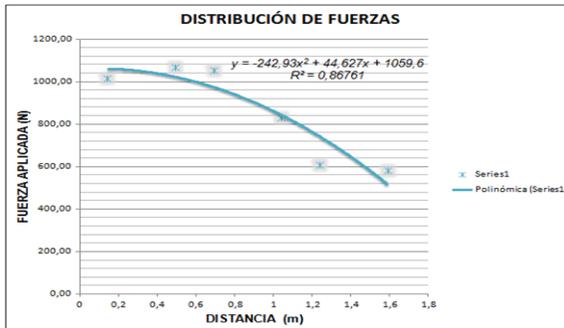


Figura 11: Distribución de fuerzas

2. Fuerzas cortantes

En la figura 12 determinamos que el punto más crítico es en el empotramiento P0 con esfuerzo cortante de -4385,945 N y el punto P1 con -3693,300 N, debido al valor de su carga que se aplica en esa distancia.

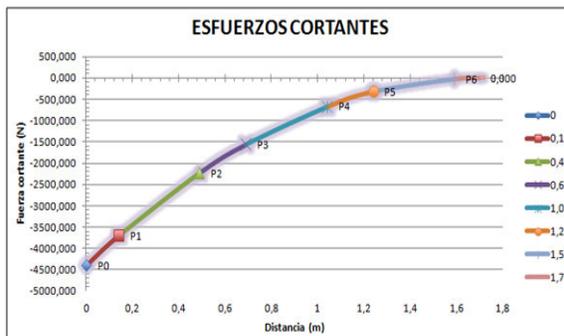


Figura 12: Diagrama de fuerzas cortantes

3. Momento flector

En la figura 13 determinamos que el punto más crítico es en el empotramiento P0 con un momento flector de 2485,3688 Nm y en el punto P1 de 1920,5157 Nm, debido a la carga que se aplica en esas distancias.

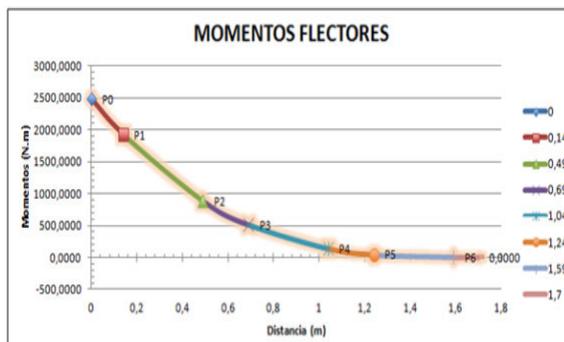


Figura 13: Diagrama de momento flector

4. Deflexión

En la figura 14 se observa que la deflexión máxima sobre la probeta de madera a una carga de 3683,18 N se produce en el punto seis obteniendo un valor de 0,0795 m.

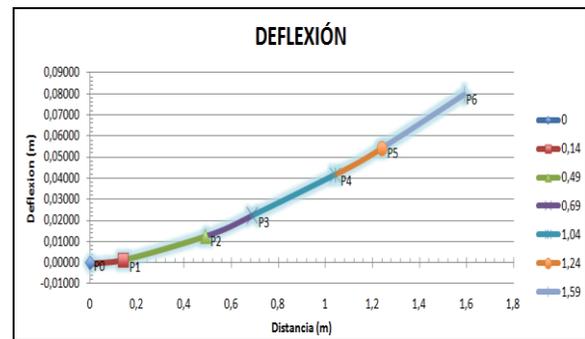


Figura 14: Curva de la deflexión

III. CONCLUSIONES

- Las estructuras del banco de pruebas para ensayos de resistencia estructural de alas y alerones soportan una carga máxima de 25151 N, y se puede determinar para una longitud de 1700 mm que garantiza el funcionamiento.
- Los modelos matemáticos para el dimensionamiento de los elementos constitutivos del banco de prueba se compararon con el análisis de elementos finitos con un factor de seguridad mínimo de 2 para estructuras bajo cargas estáticas, lo que da una idea clara de que el banco de pruebas podría trabajar con un rendimiento óptimo a la máxima carga.
- Los perfiles, tubo cuadrado y plancha de acero ASTM A36 utilizado en la construcción de la estructura del banco de pruebas ofrece las mejores características mecánicas, que permite un amplio margen de diseño de la estructura.
- El banco de pruebas para ensayos de resistencia estructural de alas permite obtener los valores de carga en seis puntos sobre el ala para determinar los valores de esfuerzo cortante, momento flector y deflexión, gracias a las seis celdas de carga colocadas sobre la probeta de prueba.
- El sistema hidráulico utilizado tiene una presión hidráulica de 13,79 MPa que genera una fuerza a tracción máxima de 25151 N necesaria para realizar las pruebas.
- El diseño de un módulo de control electrónico para el funcionamiento del banco de pruebas, se realizó en función de las necesidades de accionar la electroválvula que direcciona el aceite al cilindro hidráulico y el acondicionamiento de las celdas de carga.

REFERENCIAS

[1] AISC. (2005). Manual of Steel Construction. 8th Edition. Chicago

- [2] Coughlin & Driscoll, R. F. (1999), *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales*. Mexico D.F.: Prentice Hall
- [3] Creus, N. E. (2011). *Hidraulica*. Mexico D.F.: Alfaomega
- [4] Megson, & Gordon, T. H. (2010). *An Introduction to Aircraft Structural Analysis*. London: ELSEVIER B.H.
- [5] Saavedra, A. R. (1990). *Manual del Piloto Privado (5° Edicion)*. Madrid-España: PILOT'S, S.A.Suministros Aeronáuticos
- [6] Castaño, F. (En línea).*Materiales Utilizados en la Industria Aeronautica*. (Citado 12-10-2014) de:
<http://es.scribd.com/doc/140981268/Materiales-Utilizados-en-la-Industria-Aeronautica-Fernando-Castano-Membrives>
- [7] INTERDEFENSA. UNASUR I. (Citado 15-12-2014) de:
<http://interdefensa.argentinaforo.net/t9239-el-entrenador-unasur-i-depura-sus-lineas>.
- [8] THALES. *Sistemas y soluciones para vehículos aéreos no tripulados*. (Citado 20-10-2014) de:
https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/sistemas_y_soluciones_para_vehiculos_aereos_no_tripulados.pdf

Control de Velocidad de un automóvil empleando una técnica de Inteligencia Artificial

Speed control of a car using a technique Artificial Intelligence

Fernando Mejía^a, Alberto Arellano^b, Geovanny Vallejo^c, Eduardo Villa^d

^a Academia Microsoft/Facultad de Informática y Electrónica /Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

^b Academia Cisco/ Facultad de Informática y Electrónica/Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

^c Facultad de Informática y Electrónica/Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

^d Facultad de Informática y Electrónica/Escuela de Ingeniería en Sistemas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Correspondencia Autores: msmejiaedwinf@yahoo.com, aarellano@epoch.edu.ec, gvallejo@epoch.edu.ec, villa@epoch.edu.ec

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— En los últimos años la inteligencia artificial ha ido aumentando su nivel en cuanto a investigación se refiere, los sistemas difusos se han venido consolidando como una herramienta útil para modelar sistemas complejos y no lineales. Las técnicas de la inteligencia artificial se han convertido en una herramienta fundamental para abordar problemas complejos incluyendo el área de control automático. A diferencia de la lógica tradicional que solo utiliza dos valores de verdadero o falso, la lógica difusa permite definir valores intermedios en un intento por aplicar un modo de pensamiento similar al del ser humano. En esta situación los sistemas expertos tienen mucho que ver con lo que significa inferir conocimiento, utilizando las famosas reglas de inferencia o también conocidas como reglas de producción, dentro de la lógica difusa se utilizará el método de inferencia de Mandani que hace uso de las reglas Si X Entonces Y, si predicado entonces conclusión. En este artículo se ha desarrollado un algoritmo de inferencia difuso para controlar la velocidad y detectar los obstáculos que se presentan en el camino y evitar que el automóvil choque cuando el conductor sufre cualquier alteración de su cuerpo, el prototipo recoge información de su entorno para la toma de decisiones, la simulación está hecha en Matlab y la experimentación en tiempo real con Arduino empleando java como interfaz.

Palabras Claves— Inteligencia Artificial, Sistemas Difusos, Lógica difusa, Inferencia de Mandani, Reglas de Inferencia, Algoritmo Difuso.

Abstract— In recent years, artificial intelligence has been increasing its level in research is concerned, fuzzy systems have been consolidated as a useful tool for modeling complex and nonlinear systems. The techniques of artificial intelligence have become a fundamental tool for addressing complex problems including the area of automatic control. Unlike traditional logic that only uses two values true or false, fuzzy logic allows to define intermediate values in an attempt to apply a similar way to human thought. In this situation, expert systems have much to do with what it means to infer knowledge, using the famous rules of inference or also known as production rules, within the fuzzy logic method of inference Mandani that makes use of the rules will be used If X then Y, then if premise conclusion. This article has developed a fuzzy algorithm to function and detect obstacles that arise along the way and prevent the car crash when the driver

suffers any alteration of his body, the prototype collects information from its environment for decision-making, simulation is made in Matlab and experimentation in real time using java as arduino interface.

Keywords— Artificial Intelligence, Fuzzy Systems, Fuzzy Logic, Inference Mandani, Inference Rules, Fuzzy Algorithm.

I. INTRODUCCIÓN

Los primeros estudios que se realizaron tienen su consecuencia por los años 60's, el ingeniero Lotfy A. Zadeh en el año 1965 fue quien hizo estos estudios con el principio de incompatibilidad: "Conforme la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre un comportamiento disminuye hasta el umbral más allá del cual, la precisión y el significado son características excluyentes" [1].

La aplicación del nuevo principio ha dado lugar a un abundante material teórico denominado "Matemática Difusa"; y a toda una tecnología de aplicación en las más diversas ramas [2].

"Los conjuntos difusos y la lógica difusa, que son el fundamento de los sistemas difusos, han sido desarrollados buscando modelar la forma como el cerebro manipula información inexacta e imprecisa" [3].

La gran oportunidad surgida con el auge de Lógica Difusa, es "la formalización del pensamiento lógico dialéctico, la aplicación de las matemáticas para lograrlo; uniendo la tradición clásica aristotélica, continuada y transformada en el seno de la comunidad matemática, con la Lógica Dialéctica" [3].

Esta oportunidad se potencia con el auge del paradigma de la Teoría de la Complejidad, que privilegia la no linealidad, la irreversibilidad y el no determinismo, en esferas que recorren todo el universo científico [2].

Los Sistemas Expertos son pioneros en la idea de obtener modelos partiendo de expresiones verbales, de manera que los decisores humanos pueden aplicar su experiencia esencial en problemas concretos. La

representación del conocimiento sobre la base de la Lógica es aquí protagonista. En los últimos tiempos se ha desarrollado una disciplina matemático-informática llamada Soft-Computing o Inteligencia Computacional [3]. Entre los fundamentos de esta disciplina está la Lógica Difusa [4-6].

Para entender las razones de utilizar la lógica difusa como método rector [7]; para evaluar la sostenibilidad de un auto en cuanto a su velocidad es necesario estudiar este tipo de lógica.

La lógica difusa [8][9], se desarrolla a partir del concepto de conjunto difuso [4][10]. Dado que un conjunto difuso es aquel que no presenta fronteras claramente definidas y puede contener elementos con un grado parcial de pertenencia [11], a diferencia de los conjuntos clásicos los cuales incluyen completamente o excluyen completamente un elemento determinado, por ejemplo, X debe estar en el conjunto A o en su complemento, el conjunto NOT-A, es decir o en uno o en otro.

Algunas de sus características generales son:

- Es conceptualmente fácil de entender.
- Es flexible.
- Tolera datos imprecisos.
- Puede modelar funciones no lineales de cualquier complejidad.
- Utiliza al máximo la experiencia de los expertos.
- Puede combinarse con las técnicas convencionales de control.
- Está basada en el lenguaje natural.

En este artículo se revisa una de las técnicas de inteligencia artificial que es la lógica difusa, los sistemas difusos, la importancia en el desarrollo de sistemas automáticos en el complejo mundo del automovilismo, se describe cuáles son los dispositivos más comunes, así como los que aumentan los costos a la reparación y que consumen mucho tiempo en términos de desarrollo de este tipo de aplicaciones, así como también las medidas de éxito que se pueden adoptar.

Debido a los índices de accidentes de tránsito en el Ecuador respecto a que los conductores se quedan dormidos ya sea por cansancio o agotamiento, ha motivado para realizar este proyecto, con el propósito de reducir el porcentaje de accidentes.

El objetivo es implementar y analizar un algoritmo de inferencia difuso que permita controlar la velocidad de un automóvil, detectar obstáculos en el camino, evitar que el conductor choque y reducir los accidentes de tránsito.

II. GENERALIDADES

En este trabajo de investigación se desarrolla un análisis de dispositivos que se van usar para la captura de los datos, para la automatización en sí, los cuales pueden resultar complejos, principalmente si el entorno de trabajo es desconocido para el equipo de investigadores, y depende mucho de las personas que participen en el mismo. Por la complejidad que todo esto puede implicar, la lógica difusa

ha trabajado desde hace años en desarrollar algoritmos que permitan hacer este proceso de una forma más eficiente y precisa. [5]

En muchos sentidos, y retornando a la línea de la fusión de tecnologías, merece la pena recordar el inmenso trabajo que se desarrolla en sistemas neuro – difusos, los cuales pueden aprovechar la capacidad de aprendizaje que deberían tener sistemas de este tipo. Por otro lado, la equivalencia que se establece en ciertos modelos neuronales y difusos [6] puede ser empleada para extraer las reglas que una red neuronal ha encontrado el entrenamiento, eliminando uno de los grandes problemas que tienen este tipo de técnica de Inteligencia Artificial que es operación en forma de caja negra. Por todo ello la combinación de redes neuronales y sistemas difusos es un campo de intenso trabajo en la actualidad [7-9] del que ambas técnicas se benefician.

En el campo de automatización con sistemas de tiempo real destaca el control de un helicóptero por órdenes pronunciadas de viva voz [10], y el control con derrapaje controlado de un modelo de coche de carreras de [11]. Dentro del sector del automovilismo existen grandes números de patentes sobre sistemas de frenado, y cambios de marcha automáticos.

A. Lógica Difusa

El concepto de Lógica difusa fue concebido por Lofti A. Zadeh [8], profesor de la Universidad de California en Berkeley, quien inconforme con los conjuntos clásicos (crisp sets) que sólo permiten dos opciones, la pertenencia o no de un elemento a dicho conjunto, la presentó como una forma de procesar información permitiendo pertenencias parciales a unos conjuntos, que en contraposición a los clásicos los denominó conjuntos difusos (fuzzy sets). Este concepto fue expuesto por Zadeh en un artículo del año 1965, hoy clásico en la literatura de la lógica difusa denominado “Fuzzy Sets” y que fue publicado en la revista Information and Control. El mismo Zadeh publica en 1971 el artículo, “Quantitative Fuzzy Semantics”, en donde introduce los elementos formales que acabarían componiendo el cuerpo de la doctrina de la lógica difusa y sus aplicaciones tal como se conoce en la actualidad.

“La lógica difusa trata de copiar la forma en que los humanos toman decisiones. Aunque se baraja información imprecisa, esta lógica es en cierto modo muy precisa: se puede aparcar un coche en muy poco espacio sin darle sin darle al de atrás. Suenan a paradoja, pero es así.”

B. Sistemas Difusos

Un sistema basado en reglas difusas (SBRD) está formado por:

- Base de conocimientos
 - Base de reglas
 - Base de predicados
 - Base de datos
- Motor de inferencia

- Ejecuta las reglas de inferencia para llegar a una conclusión.

Además, en este tipo de sistemas se debe tener entradas y salidas de acuerdo a los predicados y reglas de inferencia usados, incluye una interfaz de fuzzificación y una interfaz de defuzzificación.

C. Método de Mamdani

El método de Mamdani es el más usado en aplicaciones, dado que tiene una estructura muy simple de operaciones "min.max", aquí se presenta como usamos el mismo.

Tenemos una regla presentada, para resolverlo con Mamdani:

If x_1 is A and x_2 is B and x_3 is C
then u_1 is D, u_2 is E

Donde x_1 , x_2 y x_3 son las variables de entrada (por ejemplo, tipo de movimiento del volante, detecta objetos y chofer dormido), A, B y C son funciones de membresía de entrada (p.ej., alto, medio, bajo, detecta, no detecta), u_1 y u_2 son las acciones de control (p.ej., frenar, mover volante, desacelerar, bajar marcha) en sentido genérico son todavía variables lingüísticas (todavía no toman valores numéricos), D y E son las funciones de membresía de la salida, en general se emplean singleton por su facilidad computacional, y AND es un operador lógico difuso, podría ser otro. La primera parte de la sentencia "IF x_1 is A AND x_2 is B AND x_3 is C" es el antecedente y la restante es el consecuente. Un ejemplo es IF objeto is detectado and chofer is cabeza abajo and volante is sin_movimiento THEN freno is medio and señal_de_parqueo is activada.

Ventajas

- Es intuitivo,
- Tiene una amplia aceptación,
- Está bien adaptado a la incorporación de conocimiento y experiencia.

En un sistema difuso tipo Mamdani se distinguen las siguientes partes:

1. Fuzzificador

La entrada de un sistema de lógica difusa tipo Mamdani normalmente es un valor numérico proveniente, de un sensor; para que este valor pueda ser procesado por el sistema difuso se necesita convertirlo a un "lenguaje" que el mecanismo de inferencia pueda procesar. Esta es la función del fuzzificador, que toma los valores numéricos provenientes del exterior y los convierte en valores "difusos" que pueden ser procesados por el mecanismo de inferencia. Estos valores difusos son los niveles de pertenencia de los valores de entrada a los diferentes conjuntos difusos en los cuales se ha dividido el universo de las diferentes variables de entrada al sistema. [8]

2. Mecanismo de inferencia difusa

Teniendo los diferentes niveles de pertenencia arrojados por el fuzzificador, los mismos deben ser procesados para generar una salida difusa. La tarea del sistema de inferencia es tomar los niveles de pertenencia y apoyado en la base de reglas generar la salida del sistema difuso. [10]

3. Base de Reglas Difusas

La base de reglas es la manera que tiene el sistema difuso de guardar el conocimiento lingüístico [11] que le permite resolver el problema para el cual ha sido diseñado. Estas reglas son del tipo IF-THEN. Una regla de la base de reglas o base de conocimiento tiene dos partes, el antecedente y el consecuente como se observa en el siguiente ejemplo:

Si el volante no tiene ningún movimiento
entonces activar la señal de parada o parqueo.

IF volante = sin movimiento
Then activar parqueo

En la figura 1 se muestra el modelo estándar de automatización con lógica difusa, que se usa para realizar este proyecto, en donde se traslada al arduino PRO-MICRO, el cual se utiliza para controlar las señales que van a llegar de los sensores y las señales que van a salir para actuar tanto en el frenado como en el volante.

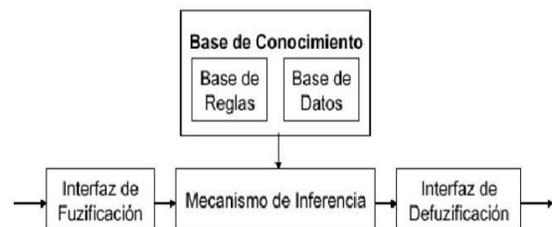


Fig.1. Modelo estándar con lógica difusa

El modelo a usar será el que proporciona el sistema de reglas difusas para poder emprender con el trabajo de investigación.

D. Método Takagi-Sugeno

La regla siguiente, nos muestra como este método actúa para darnos una respuesta óptima en el sistema difuso:

IF x_1 is A AND x_2 is B AND x_3 is C
THEN $u_1 = f(x_1, x_2, x_3)$, $u_2 = g(x_1, x_2, x_3)$

En principio es posible emplear $f()$ y $g()$ como funciones no lineales, pero la elección de tal función puede ser muy compleja, por lo tanto en general se emplean funciones lineales.

Ventajas

- Es computacionalmente eficiente.
- Trabaja bien con técnicas lineales (por ejemplo, como lo disponible para controladores PID).
- Trabaja bien con técnicas de optimización y control adaptable.
- Tiene garantizada una superficie de control continua.
- Está bien adaptado al análisis matemático.

Existe una gran cantidad de métodos de inferencia difusa, pero hay cuatro que generan mejores resultados en el campo del control, estos son inferencia de Mamdani por mínimos (Mamdani minimum inference), RM, la inferencia del producto de Larsen (Larsen product inference), RL, la inferencia del producto drástico (Drastic product inference) RDP y la inferencia del producto limitado (Bounded product inference), RBP. [12] [13]

E. PROPUESTA

Para este trabajo de investigación utilizaremos la figura 2. en donde se muestra las reglas de inferencia como estarán almacenadas en la base de conocimiento.

La idea principal de este trabajo de investigación es dar solución al problema de la velocidad cuando una persona no tenga control del automóvil y entonces de manera automática controlar el mismo para que pueda salvarse y salvar a su familia o a los pasajeros con los cuáles viaja.

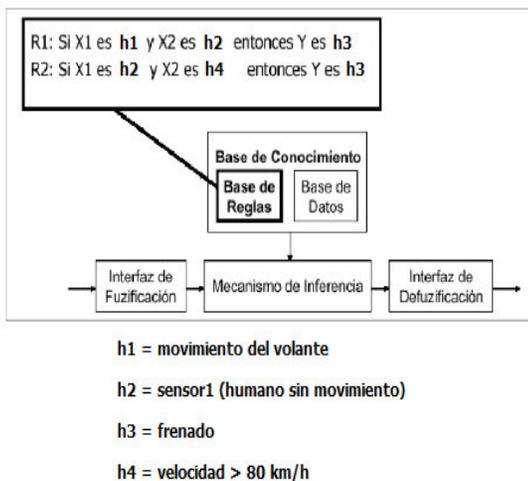


Fig.2. Almacenamiento de las reglas de inferencia en la base de conocimiento y bloques de interconexión entre las entradas y salidas.

El proceso de la toma de decisiones por parte del sistema difuso depende de los sensores y especialmente de la máquina de inferencia que decide basada en la base de conocimiento donde se encuentran los predicados y las reglas de inferencia. El algoritmo que controla esto se basa en el principio de Mamdani con reglas de producción para inferir la mejor regla que se adapte a esta circunstancia.

Con respecto del controlador difuso, este se implementa con varias entradas y salidas. El controlador recibe señales de parte de los sensores, que dicen si el conductor está inclinado la cabeza hacia abajo, hacia derecha, hacia izquierda, inclinado el cuerpo, brazos

derechos abajo, brazo izquierdo abajo, con sus respectivos tiempos de inclinación. El controlador envía una información que contiene el tiempo de salida del mismo para que el frenado se sincronice, esto se guarda en los estados x (12) y el estado x (13) del controlador guarda el tiempo que ha transcurrido desde que el controlador ha asumido un nuevo estado, es decir que se ha enviado una señal de frenado o de permanencia del volante recto. El estado x(15) del controlador representa el estado del mismo, en donde 1 es encendido y 0 apagado; debe decirse que un controlador está apagado cuando el conductor se encuentra en el led de color rojo, para sensor se tiene su correspondiente led. El estado x(11) almacena la salida del controlador, es decir el tiempo que se ha decidido mantener el frenado encendido; por último el estado x(16) indica si el controlador debe hacer un nuevo cálculo o no, es decir si el controlador ha recibido una señal de los sensores antes descritos para el conductor, al hablar de estados x(i) nos referimos al vector y su posición en donde se está almacenando dicho evento; debe decirse que por programación se ha decidido que el controlador únicamente decida en tiempo real el tiempo que permanece encendido para el frenado al principio de cada ciclo y si el volante va centro, izquierda o derecha, para lo cual este utiliza la información que se obtiene de una cámara que indica el sentido de la carretera. La parte principal del código anterior se detalla a continuación:

```

cmuestreo = 18;
if (x[15]==1)
{
    if (x[16]==1)
    {
        /*Se asignan los anchos a las MF de entrada y salida*/
        for (i=0;i<3;i++)
            freno[i]=mxGetPr(MF_WIDTH)[i];
        /*Se asignan los frenos de las MF de entrada y salida*/
        for (i=0; i<11; i++) {
            freno1[i] = (-1 + i*widths[0]);
            freno2[i] = (-1 + i*widths[1]);
            freno_out[i] = x[i];
        }
        /* Fusificacion en primera vuelta o frenado*/
        dom1[0] = leftall(u[1], widths[0],freno1[0]);
        for (i=1; i<10; i++)
            dom1[i] = triangle(u[1], widths[0],freno1[i]);
        dom1[10] = rightall(u[1], widths[0],freno1[10]);
        /* Fusificacion en segunda vuelta o volante*/
        dom2[0] = leftall(u[2], widths[1], freno2[0]);
        for (i=1; i<10; i++)
            dom2[i] = triangle(u[2], widths[1], freno2[i]);
        dom2[10] = rightall(u[2], widths[1], freno2[10]);
        for(i=0; i<11; i++)
        {
            for(j=0; j<11; j++)
            {

```

```

if ( (dom1[i] != 0) && (dom2[j] != 0) )
{
    outdom = 0;
    out_index = MAD[i][j];
    out_index += 5;
    //Mover indices hacia la derecha para comenzar
    //desde el indice 0 hasta 10
    outdom = MIN((dom1[i]), (dom2[j]));
    //Determinar el valor de verdad de la predicado
    area = 2*widths[2]*(outdom -
(outdom*outdom)/2);
    Atot += area;
    WAtot += area*freno_out[out_index];
}
}
}
y[12] = (WAtot/Atot)-(0.05+0.05*18*x[18]);
//Salida del tiempo dado por el controlador
x[18] += 1;
x[12] = 0;
x[13] = y[12]; //Realimentación del tiempo
x[14] = 1;
//x[14] es el update 1 significa que se debe hacer
//update
//x[15]= 0;
x[16]=0;
y[0] = 1;
for (i=1;i=x[13]) //Cambio de tiempo
{
    x[15]=0;
    x[16]=1;
    x[12]=0;
    //Reset de la activación del controlador
}
//cmuestreo;
y[0] = 1;
for(i=1;i= u[3]) //Cambio de tiempo
{
    x[12]=0;
    //Set de la activación del controlador
    x[15]=1;
}
}
else
{
    x[12] += (0.05/cmuestreo);
    y[12] = x[13];
}
}
y[0] = 0;

```

Lo anterior, es una parte del código que se utiliza para la correspondiente frenada y uso del volante de forma automática.

En la figura 3 se muestra cómo queda el auto luego de la insertada de dispositivos para la frenada y el volante, para poder evitar accidentes trágicos y que los seres humanos se puedan salvar.



Fig.3. Auto prototipo con sensores frontales para detectar obstáculos y una cámara de largo alcance.

La ecuación siguiente muestra cómo se usa la inferencia dentro del sistema fuzzy, para actuar de forma real en el sitio donde ocurre el suceso.

$$RI = Rd + E * (t - t_1) \quad (1)$$

Donde:

- RI → regla de inferencia calculada
- Rd → regla de inferencia almacenada
- E → error causado en vista del tiempo
- t → tiempo desde la activación o inicio
- t₁ → tiempo final

Se debe tener en cuenta que la ecuación 1 corresponde al uso de este trabajo de investigación en cuanto a la inferencia que se puede calcular.

Finalmente se utilizó las siguientes ecuaciones para dos conjuntos difusos:

$$\text{Complemento } \mu_A(X) = 1 - \mu_A(X) \quad (2)$$

Unión. Operador lógico OR de Zadeh (max)

$$\mu_{A \cup B}(X) = \max[\mu_A(X), \mu_B(X)] \quad (3)$$

Intersección. Operador lógico AND de Zadeh (min)

$$\mu_{A \cap B}(X) = \min[\mu_A(X), \mu_B(X)] \quad (4)$$

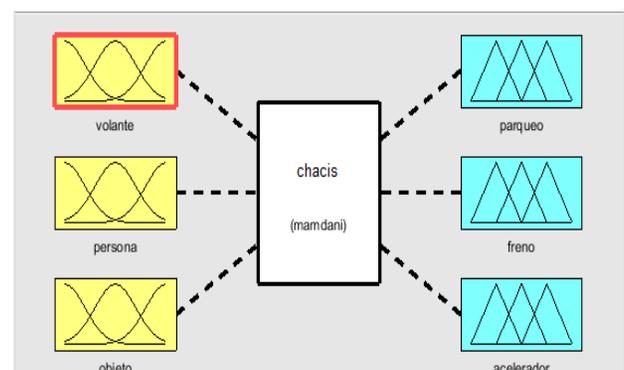


Fig.4. Herramienta Toolbox de MATLAB – entradas de las señales y salida.

III. RESULTADOS

Para comprobar el correcto funcionamiento del controlador difuso diseñado y programado en el arduino, todo esto se realizó en MATLAB utilizando la herramienta Fuzzy Logic Toolbox. Esta herramienta permite elegir el método de inferencia, el método de defusificación, define los conjuntos de entrada y salida e incorporar las reglas que especifican el comportamiento del control como se muestra en la figura.4.

En la figura 5 se observa cómo se va a controlar cada una de las variables de entrada y las variables de salida, para luego formar las inferencias con las mismas.

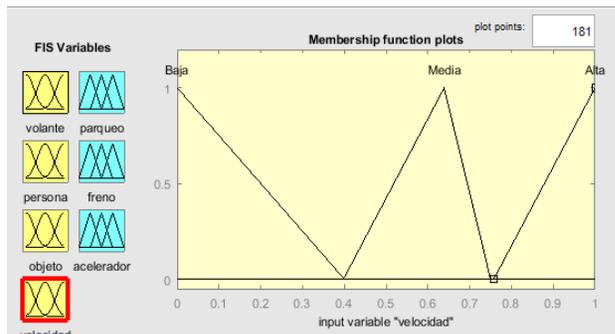


Fig.5. Sistema de inferencia difusa con sus variables de entrada y sus variables de salida.

Las reglas de inferencia difusa usadas se observan en la figura 6, son las que se hicieron para la simulación y que demostraron ser consistentes y son las siguientes:

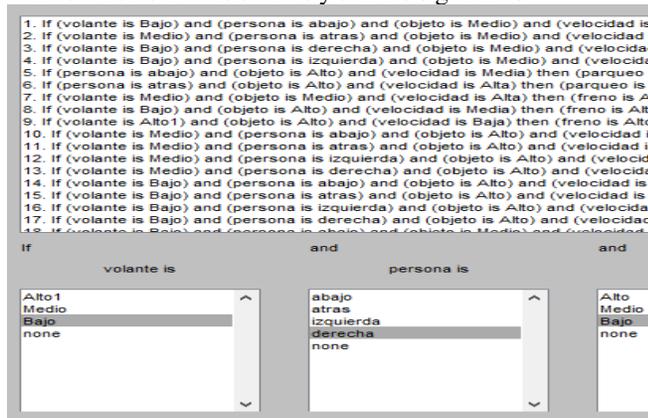


Fig.6. Reglas de inferencia difusa usadas en el trabajo de investigación y sus correspondientes predicados.

La figura 7 nos muestra que con dos reglas bien ejecutadas dentro del sistema de inferencia difusa podemos obtener un buen resultado, siempre y cuando sepamos insertar los predicados correctos.

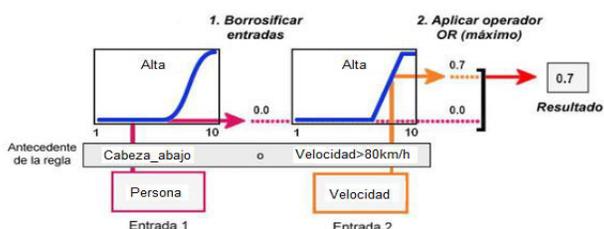


Fig.7. Dos predicados usados en el sistema de inferencia difusa y con sus resultados obtenidos.

En la figura 8 se observa una operación que se realiza en todo instante de tiempo, es la puerta de entrada al sistema difuso. Es un procedimiento matemático en el que se convierte un elemento del universo que tenemos, en un valor en cada función de membresía a las cuales pertenece.

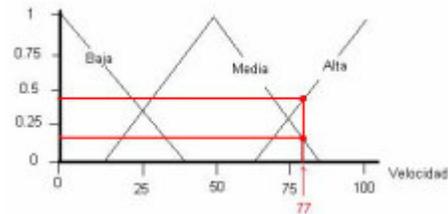


Fig.8. Ejemplo de fuzzificación de una variable

Para entender mejor sistemas de este tipo, esta situación de la fuzzificación veamos que la figura 8 nos entrega los siguientes cálculos matemáticos:

$$U_{Alta}(77)=0,47 - U_{Media}(77)=0,23 - U_{Baja}(77)=0,00$$

El valor de la velocidad igual a 77 pertenece a los dos conjuntos difusos con distintos grados en cada uno.

A partir de ahora y durante el resto de las operaciones en el interior del corazón fuzzy estos datos (0.47, 0.23 y 0.00, son valores de las funciones de membresía) representarán a las variables sensadas del proceso. A tales datos les llamaremos μ en sentido genérico para diferenciarlos de otras funciones de membresía. $\mu A(x) = \mu$.

Como se dijo la verificación de los datos obtenidos, se ha utilizado la herramienta fuzzy logic toolbox de Matlab, la cual sirve como referencia para corroborar que el algoritmo realiza las operaciones correspondientes a la lógica borrosa de manera adecuada, obteniéndose un error mínimo en comparación con los cálculos teóricos. Para verificación de las placas realizadas se utilizó el multímetro digital Fluke, con el cual se hicieron las pruebas de continuidad, medición de voltajes, detección de falsos contactos entre terminales y algunos análisis en las salidas de los pines y las interfaces.

IV. DISCUSIÓN

La toma de decisiones la debe generar el sistema difuso planteado para presencia o ausencia de una señal en el motor de inferencia, en el caso planteado que es la de una persona que puede sufrir cualquier tipo de alteraciones en el momento que está conduciendo, resulta muy beneficioso utilizar esto.

La dimensión del tiempo en cuanto a respuesta del sistema esta medido en segundos. Los predicados usados como antecedentes nos permitieron inferir conocimiento basados en las reglas de inferencia difusa para que funcione correctamente el prototipo.

Un resultado final inesperado fue que cuando se quiso aplicar otro dispositivo como una FPGA, el sistema difuso

no podía asumir bien ciertas señales internas, debido a que un arduino no tiene los mismos complementos que posee este tipo de dispositivo tecnológicamente diseñado para estas cosas.

Ahora también hay que decir que se presentó un problema en el momento de ejecutar el prototipo, es el de las dimensiones de los autos. Hay que prever que los automóviles tienen una dimensión, las camionetas, las busetas, los buses, camiones y tráileres tienen otras; por eso se tomó la situación sólo para automóviles. Sin embargo, en el desarrollo de automatizaciones tradicionales, los profesionales y expertos en procesos consideran a la ingeniería de requisitos como una fase de relevancia crucial en el proceso de desarrollo. Es bien sabido que los errores más comunes y que consumen mucho tiempo, así como los más caros a la reparación, son los errores que surgen de la ingeniería inadecuada de requisitos. Por lo tanto, aunque la relevancia de Ingeniería de Requisitos es bien conocida, estas técnicas deben ser estudiadas más ampliamente en la comunidad de Ingeniería Electrónica y además software [7]. En este sentido muy profundo del desarrollo de la automatización en sentido industrial los nuevos modelos de procesamiento y control vistos, junto con otros de relativa novedad, se engloban en la denominada Soft Computing.

V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha demostrado que con una herramienta de lógica difusa se puede lograr el control de la velocidad de un automóvil y por ende salvar vidas.

Sin dejar de lado las reglas de inferencia, motor de inferencia y base de conocimiento realizado para este prototipo, basado en 1 (5 voltios) positivo y -1 (0 voltios) negativo.

El uso de los sensores y del Arduino es de gran ayuda para este tipo de trabajos de investigación, pero hay que saber escogerlos, al momento de realizarlos en la realidad.

El número de reglas aumenta exponencialmente con el número de variables en la parte predicados, cuantas más reglas haya que construir, más difícil es saber si son adecuadas.

Si el número de variables en la parte predicados es demasiado grande, será difícil comprender la relación causal entre los antecedentes y los consecuentes, y por tanto, serán difíciles de construir las reglas, para solucionar esto, existen otros métodos como el de Sugeno.

En un próximo trabajo se estará mostrando las simulaciones realizadas con ejemplos prácticos y los tiempos que se demoran cada uno de los autos en pasar de un estado activo a uno inactivo. Así como también se estará presentando el modelado del automóvil en 3D usado en este trabajo de investigación.

RECONOCIMIENTOS

El camino recorrido no ha sido fácil, pero gracias a ti mi DIOS, Jesús y Virgen de Agua Santa por su infinita misericordia. Agradezco a mi esposa Paty, a mis hijos Andy, Nore y Antho por permitirme seguir en esta labor tan larga de seguir investigando. (Mejia, F.).

REFERENCIAS

- [1] Piedrafita Moreno R. (2000) Ingeniería de la Automatización, Alfaomega, México
- [2] Espín R (2004) El Paradigma de la Lógica Difusa: Oportunidades para la Ciencia, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Haban - Cuba.
- [3] Verdegay J.L. (2005). Una revisión de las metodologías que integran la SoftComputing Actas del Simposio sobre Lógica Fuzzy y SoftComputing LFSC 2005 (EUSFLAT).151-156.
- [4] Zadeh L. A. (1965). Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 338-353.
- [5] Dubois D. and Prade H. (1980). Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications. Academic Press Inc, N. York.
- [6] Lindley D. (1994). En: Wright G., and P. Ayton (eds.) Subjective Probability, Wiley & Sons, Chichester.
- [7] Cassel-Gintz M. A., Liidike M. K. B., Petschel- Held, G., Reuswig F., Pliich, M. and Lamme, G (2003) "Fuzzy logic based global assessment of the marginality of agricultural land use", Climate Research, (8): 135-150.
- [8] Zadeh L. A.(1978) "Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility", Fuzzy Sets and Systems, (1): 3-28.
- [9] Yoshinari Y and Pedrycz W.K. H.(1993) "Construction of fuzzy models through clustering techniques", Fuzzy Sets and Systems, (54): 157- 165.
- [10] Zimmermann, H. J.(1985) Fuzzy sets and its applications, Publications Kluwer Nijhoff, Dordrecht, Southern Holland.
- [11] Kaufmann, A. and Gil Aluja, J(1993) Introducción de la teoría de los subconjuntos difusos a la gestión de las empresas, Editorial Milladoiro, España.
- [12] Hao Ying. "The simplest fuzzy controllers using different inference methods are different nonlinear proportional-integral controllers with variable gains". Automática, vol 29 N° 6, pp. 1579-1589. 1993.
- [13] Ambalal V. Patel, "Transformation Functions for Trapezoidal Membership Functions", International Journal of Computational Cognition <http://www.YangSky.com/yangijcc.htm> Volume 2, Number 3, Pages 115-135, September 2004.

Mouse para personas con discapacidad en sus extremidades superiores controlado por medio de movimientos de cabeza y gestos

Mouse for people with disabilities in their upper extremities controlled by movements of head and gestures

Jaramillo J.; Manzano S.; Chicaiza D.; Encalada P.

Faculta de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Universidad Técnica de Ambato
Correspondencia Autores: j.esteban_92@hotmail.com, victorsmanzano@uta.edu.ec,
dv.chicaiza@uta.edu.ec, pg.encalada@uta.edu.ec

Recibido: agosto 2016, Publicado: diciembre 2016

Resumen: La presente investigación desarrolla un prototipo de mouse encaminado a la inclusión de las TIC'S en personas con discapacidades en las extremidades superiores. El diseño y funcionamiento del mouse controlado por ligeros movimientos de cabeza y gestos, ofrece un manejo simple e intuitivo de una computadora. El dispositivo simula el funcionamiento de un mouse convencional, este equipo consta de un sensor acelerómetro que permite el movimiento del puntero del mouse, y de electrodos superficiales, que adquieren señales de gestos y las transforman en acciones dentro de la computadora. La metodología del diseño está centrada en usuarios con capacidades especiales en sus extremidades superiores.

Palabras clave: Acelerómetro, Discapacidad en las extremidades superiores, Electrodo Superficiales, Electromiografía, Mouse.

--Abstract: This research develops a prototype mouse to promote the inclusion of TIC'S in people with disabilities in the upper extremities. The design and operation of mouse controlled by head movements and gestures, provides a simple and intuitive operation of a computer. The device simulates the operation of a conventional mouse, this equipment consists of an accelerometer sensor that allows movement of the mouse pointer, and surface electrodes, acquiring signals gestures and transformed into action in the computer. The design methodology is center in users with disabilities in their upper extremities.

Keywords: Accelerometer, Disability in the upper extremities, Surface electrodes, Electromyography, Mouse.

I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial determinan que las personas con algún grado de discapacidad conforman uno de los grupos excluidos de la sociedad. Estas personas presentan deficientes resultados académicos y su contribución al desarrollo económico de un país es bajo, registrando altas tasas de pobreza. Se estima que alrededor de un 15% de la población mundial tienen alguna discapacidad de las cuales el 3,8% tienen una "discapacidad grave" (discapacidad asociada a afecciones tales como la tetraplejía) [1].

La discapacidad en las extremidades superiores, se refiere a las restricciones que tienen algunas personas para utilizar sus manos y brazos por la pérdida parcial o total de

ellos, y aquellas personas que aun teniendo sus miembros superiores (manos y brazos) han perdido el movimiento, por lo cual no pueden realizar actividades propias de la vida diaria como agarrar cosas, empujar, cerrar y abrir puertas y ventanas, derribar o jalar con sus extremidades superiores etc [2].

En Ecuador existe un 1.1% de personas con alguna discapacidad física, las cuales por su condición física no pueden acceder al uso de las TIC'S con lo cual se les niega oportunidad de ser parte del mercado laboral, de los servicios públicos o simplemente tener acceso a la educación, evitándoles ser productivos para la sociedad [3].

Se encontraron varios proyectos similares al propuesto, uno de ellos es el ratón USB desarrollado por Gomez, Morales, y Mendez el cual utiliza únicamente un acelerómetro para simular todo el funcionamiento del mouse generando errores al momento de la realización del click tanto derecho como izquierdo, el sistema no es intuitivo y no es de uso general ya que algunas personas tetrapléjicas no poseen total dominio de la cabeza [4].

Jordi Palleja desarrollo un prototipo de mouse que se basa en una cámara y algoritmos de visión artificial, este sistema a pesar de ser cómodo para el usuario no es tan confiable, por lo que necesita cierta cantidad de luz para su correcto funcionamiento además de no ser adaptable a rostros pequeños y cubrimiento total o parcial de ojos y cejas [5].

Ortega, Nebreda, y Angulo construyeron un conjunto de software y hardware que permite trabajar con cualquier aplicación del computador, el control del computador se realiza mediante el manejo del cursor en un entorno gráfico usando pegatinas que reflejan el espectro de infrarrojo con lo cual se convierte pequeños movimientos del cuerpo en movimientos del cursor en la pantalla. Este sistema requiere tanto de software y hardware trabajando conjuntamente, mientras que el prototipo propuesto es plug and play es decir que no necesita de un software adicional [6].

Koichi Kuzume desarrollo un mouse controlado por medio de sonidos producidos por los dientes y señales de espiración, Este sistema resulta ser de costo elevado al

Mouse para personas con discapacidad en sus extremidades superiores controlado por medio de movimientos de cabeza y gestos

implementar el uso de un chip FPGA además de generar errores en ambientes ruidosos y en estado de agitación del usuario [7].

Xiong, Chen, Zhao, Han, & Liu proponen propone un controlador de mouse basado en EMG-IMU, Este sistema es similar al prototipo planteado, aunque la señal EMG es tomada de un solo musculo, invitando a tener una independencia en la simulación del click y evitando errores [8].

Laxmikanta Gupta ha realizado una investigación sobre el desarrollo de un HCI inalámbrica para personas con discapacidad, el funcionamiento del mouse está basado en la medición de las rotaciones de cabeza del usuario y un electrooculograma (EOG). La implementación del Software y Hardware se han hecho en base de la plataforma Linux y el microcontrolador ATMEGA328 respectivamente, Este equipo detecta el parpadeo del ojo mediante EOG trabajando en canales horizontales y verticales mientras la EMG adquiere la señal de un solo musculo fijo que el usuario tenga la factibilidad de controlar, además es compatible con cualquier sistema operativo [9].

Williams y Kirsch realizaron una Interfaz Hombre-Máquina, tomaron en consideración tres tipos de señales de electromiografía, las de la cara, cuello y de los músculos, al realizar una comparación entre todas estas señales establecieron que las dos primeras sirven para seleccionar o a su vez realizar el desplazamiento hacia la izquierda y derecha, mientras que el otro se utilizaba para el movimiento de arriba hacia abajo. Este sistema a pesar de ser fiable resulta ser de costo elevado y de complicado manejo ya que para cada señal generada implica el uso de un sensor EMG y la constante salida del reposo y entrada en movimiento de un musculo, lo que podría generar cansancio en el usuario [10].

El proyecto se centra en el control de la computadora a través de movimientos de la cabeza y gestos permitiéndoles a las personas discapacitadas acceder al manejo de las TIC's con el objetivo de reducir el analfabetismo digital, disminuir deserción escolar, aumentar plazas de trabajo en el Ecuador.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera; en la sección uno se presenta una introducción, en la sección dos se describen materiales y métodos, donde se muestran las etapas del prototipo, en el tercer ítem se muestran los resultados finales y pruebas de funcionamiento, en la cuarta sección realizan las conclusiones de la presente investigación y finalmente en la sección cinco se muestran las referencias bibliográficas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación bibliográfica documental que registró una descripción concreta y concisa de los avances que se obtuvieron durante el desarrollo del presente proyecto de investigación, estudiando los problemas con el propósito de solucionarlos. Se tomó en

cuenta una investigación aplicada, cumpliendo objetivos fundamentales como el resolver problemas prácticos que otorgue el desarrollo de la investigación, bajo los siguientes parámetros:

- Analizar el comportamiento de las señales mioeléctricas
- Determinar el tipo de sensor para la captación de señales mioeléctricas
- Amplificación y filtrado de las señales mioeléctricas
- Examinar el funcionamiento de un mouse convencional
- Analizar el tipo de comunicación a utilizar
- Analizar el funcionamiento de un acelerómetro de 3 ejes
- Adquisición de datos procedentes de los diferentes sensores

El diagrama de bloques del funcionamiento del dispositivo es presentado en la figura 1, dividido en 4 fases (Sensado, Acondicionamiento, Procesamiento, Control y Visualización) las cuales se describen a continuación:

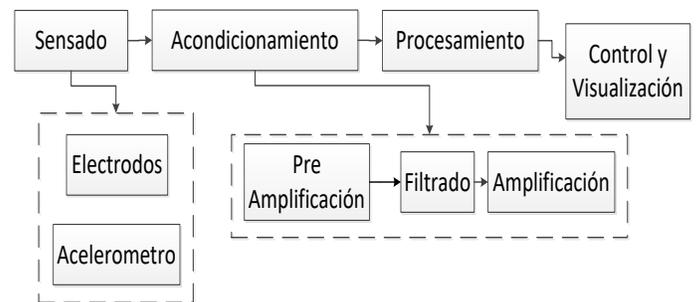


Figura 1. Diagrama de bloques del dispositivo

A. Fase de Sensado

Es la encargada de recolectar los datos de los diferentes sensores ocupados para el movimiento del cursor del mouse y para la realización de los diferentes click's, para lo cual se utilizó el sensor Adxl345, ya que posee comunicación I2C y SPI, el consumo de energía es inferior respecto a los otros acelerómetros (ver tabla 1).

Tabla 1: Tabla comparativa de los sensores acelerómetros

Acelerómetro	Mma845 1	Mpu-6050	KXCNL	Adxl345
Voltaje de trabajo	1.95 a 3.6 v	2.375V a 3.46V	17 a 3.6 V	3v a 5v
Temperatura de trabajo	-40° a 85°	-40° a 85°	-40° a 85°	-40° a 85°
Corriente de trabajo	6uA a 165uA	500uA	250uA	23 uA
Comunicación	I2C	I2C	I2C	I2C y SPI
Rango de medición	+/- 2 , 4 , 8 g	+/- 2, 4, 8 y 16 g	+/- 2, 4, 8 y 16 g	+/- 2, 4, 8 y 16 g
Costo	7	10	39.90	8

Además se ha utilizado el amplificador de instrumentación AD620 por tener un bajo voltaje de compensación, una ganancia alta (ver tabla 2).

Acondicionamiento

Dada las características de los sensores se realiza un acondicionamiento para que la tarjeta de adquisición de datos reconozca la señal EMG.

Tabla 2: Tabla comparativa de amplificadores de instrumentación

Características	ina125	AD620	PGA204
low quiescent current	460µA	1.3 mA	5mA
Voltaje	±1.35V to ±18V	±2.3 V to ±18 V	±4.5V
sleep mode	Si	No	No
low offset voltaje	250µV max	50 µV max	50µV max
low offset voltage drift	2µV/°C max	0.6 µV/°C max	0.25µV/°C
low noise:	38nV/√Hz at f = 1kHz	9 nV/√Hz f=1 kHz,	fB=0.1Hz to 10Hz
Ganancia	4 to 10,000.	1 to 10,000	G=1, 10, 100, 1000V/V
Costo	11,49	5,50	26,92

El acondicionamiento de las señales mioeléctricas se presenta en la figura 2 la cual está dividida en 4 etapas:

Etapas 1 - Amplificador de instrumentación

Las señales mioeléctricas son de baja amplitud, por lo que es necesario que los amplificadores de señal contengan características de un amplificador de instrumentación.

Se utilizó un amplificador de instrumentación AD620, cuya ganancia (G) es 500 veces su valor nominal, Para obtener dicha ganancia se aplican las fórmulas dadas por el datasheet:

$$R_g = \frac{49.4K\Omega}{G - 1} \quad [11]$$

$$R_g = \frac{49.4K\Omega}{500 - 1}$$

$$R_g = 99\Omega$$

Utilizando una resistencia comercial de 100Ω, tenemos:

$$100 = \frac{49.4K\Omega}{G - 1}$$

$$G = 495$$

En la figura 3 se puede observar una señal mioeléctrica (señal amarilla), amplificada mediante el OPAM AD620 con una ganancia de 495 (señal azul).

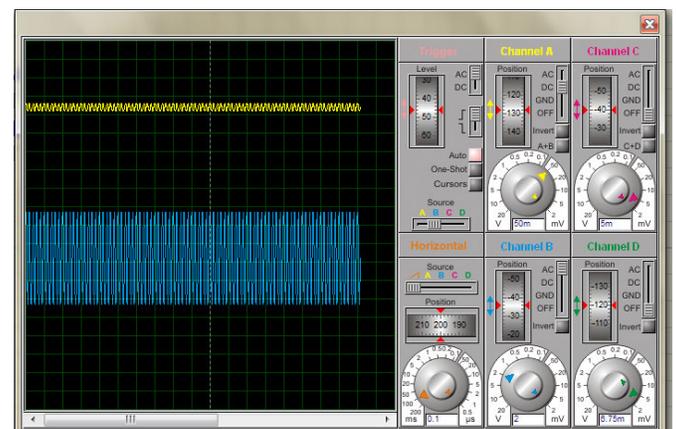


Figura 3. Salida de señal del amplificador de instrumentación

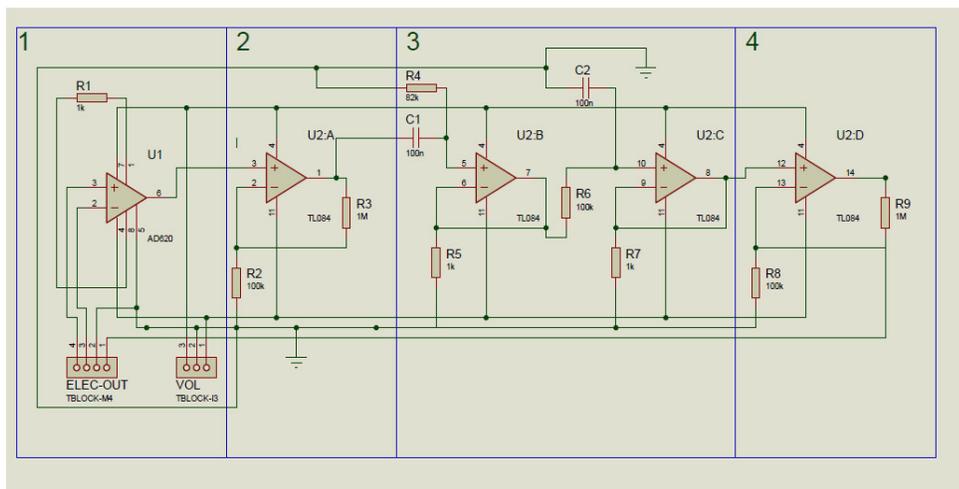


Figura 2. Etapas para al acondicionamiento de la EMG

Etapas 2 – Pre amplificación

Para esta etapa se ha utilizado un amplificador no inversor, utilizando el circuito integrado TL084 que

internamente conlleva 4 amplificadores operacionales y tiene un voltaje máximo de operación de ± 18 V.

Se han **utilizado** las siguientes resistencias:

$$R1=100K\Omega$$

Mouse para personas con discapacidad en sus extremidades superiores controlado por medio de movimientos de cabeza y gestos

$$Rf = 1M\Omega$$

Con estos valores de resistencias tendríamos una ganancia:

$$G = \frac{R1 + Rf}{R1} [12]$$

$$G = \frac{100K\Omega + 1M\Omega}{100K\Omega}$$

$$G = 11$$

Como podemos evidenciar en la figura 4 se puede identificar 3 señales, la primera es la proporcionada por los electrodos, la segunda es la salida del amplificador operacional de instrumentación y la tercera es la salida del primer amplificador no inversor.

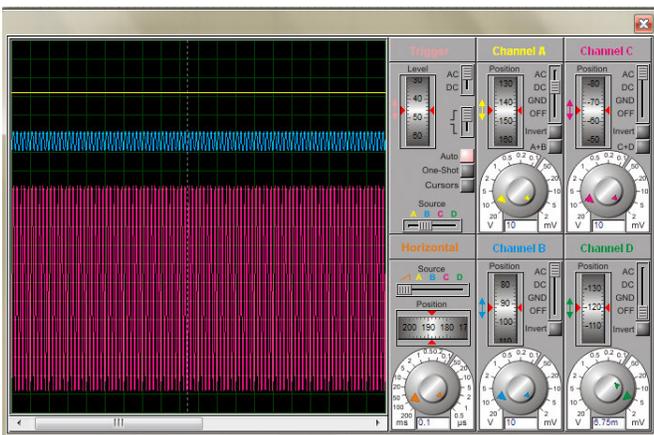


Figura 4. Señal amplificada de la etapa de pre amplificación

Etapa 3 – Filtrado

Se utilizó un filtro pasa bandas Butterworth de orden uno con el propósito de limitar el rango de frecuencias entre 20Hz y 500Hz, un filtro pasa bandas está formado por un filtro pasa altas y un filtro pasa bandas, para este diseño también se utilizó un CI. TL084

La frecuencia de corte del filtro pasa altas es de 20Hz, necesario para eliminar ruido proveniente de músculos aledaños y de otros movimientos musculares, así como potenciales de repolarización de los músculos.

$$FH = \frac{1}{2\pi RC} [12]$$

$$R = \frac{1}{2\pi * 20 * 0.1\mu F}$$

$$R = 79,58 K\Omega$$

La frecuencia de corte del filtro pasa bajas es de 500HZ.

$$FH = \frac{1}{2\pi RC} [12]$$

$$R = \frac{1}{2\pi * 500 * 0.1\mu F}$$

$$R = 3,18 K\Omega$$

En la figura 5 encontramos la salida de un filtro Butterworth de orden uno que limita un rango de frecuencias entre 20Hz y 500Hz.

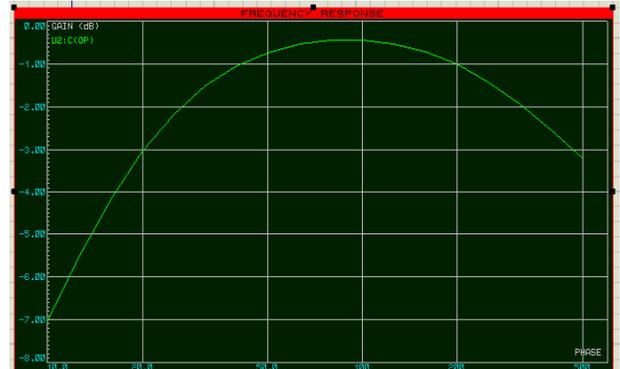


Figura 5. Respuesta de frecuencias de un filtro Butterworth de orden uno

Etapa 4 – Amplificación

Para esta etapa se ha utilizado un amplificador no inversor, utilizando el circuito integrado TL084.

Se han utilizado los mismos valores de resistencias de la etapa de pre amplificación:

Con estos valores de resistencias obtenemos una ganancia:

$$G = \frac{R1 + Rf}{R1} [12]$$

$$G = \frac{100K\Omega + 1M\Omega}{100K\Omega}$$

$$G = 11$$

En la figura 6 se puede mostrar una señal acondicionada (señal azul) para el reconocimiento de la tarjeta de adquisición de datos.

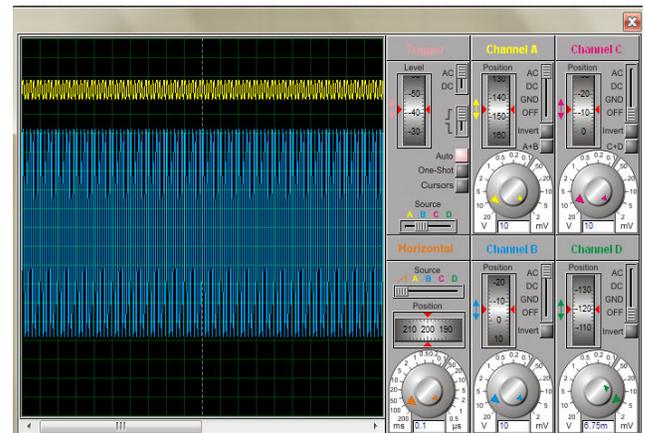


Figura 6. Salida de señal de un amplificador no inversor

Con el montaje de este circuito se obtiene una señal mioeléctrica reconocible por la tarjeta de adquisición de datos mostrado en la figura 7.

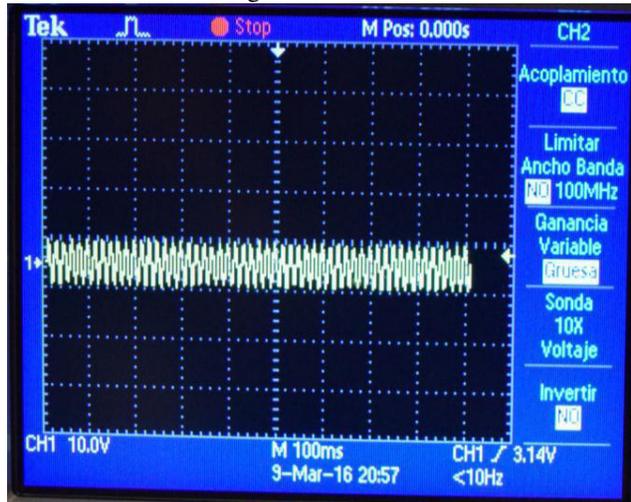


Figura 7. Señal mioeléctrica amplificada y filtrada de un músculo facial en reposo

En la figura 8 se puede evidenciar una señal amplificada y filtrada con picos de voltaje constantes, ya que el músculo se encuentra en reposo. En la siguiente imagen el músculo saldrá del reposo y se mostrará una evidente subida de picos de voltaje, los cuales posteriormente serán procesados.

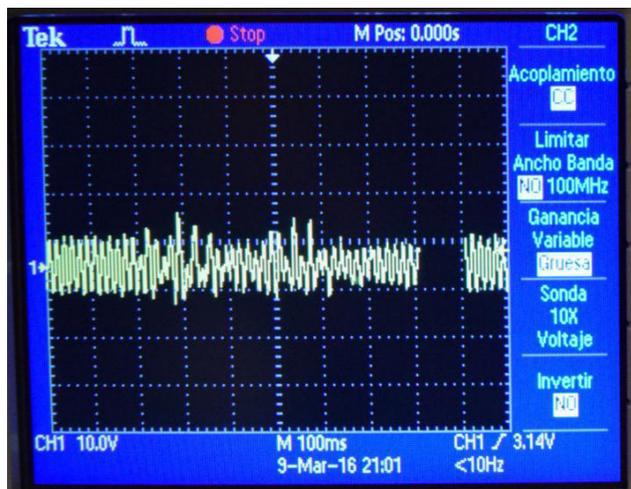


Figura 8. Señal mioeléctrica amplificada y filtrada de un músculo facial en movimiento

Procesamiento

En esta etapa se adquieren los diferentes valores proporcionados por los sensores para posteriormente ser enviados al equipo terminal.

Se ha utilizado una tarjeta arduino que posee una comunicación directa con el ordenador a través de una interfaz USB.

El sensor acelerómetro al ser un equipo que proporciona su posición en los ejes XYZ no es utilizado totalmente ya que el espacio de trabajo del computador se mantiene únicamente reservado a los ejes XY por lo que el valor del eje Z no es tomado en cuenta, para el sensor análogo de electromiografía se realizó una discriminación de los valores medios y únicamente se tomó el valor más alto según la resolución de la tarjeta de adquisición de datos.

Control y Visualización

Esta es la última fase del sistema, consiste en la visualización del movimiento del puntero del mouse y la realización de los diferentes clicks dentro del computador, para esta fase se conecta la tarjeta de adquisición de datos con el computador mediante una interfaz USB, por donde se transmiten los datos obtenidos en la fase de sensado, tanto los datos analógico proveniente de los electrodos, así como los datos transmitidos por el acelerómetro bajo comunicación I2C.

En donde se utiliza una tarjeta Arduino la cual sigue el siguiente flujo de programación para cumplir el objetivo:

- Inicialización de programa y Librerías I2C, Comunicación Serial y Mouse.
- Establecimiento de la Comunicación I2C.
- Adquisición y registro de datos del acelerómetro y de las señales mioeléctricas.
- Visualización de los registros de sensados bajo comunicación serial.
- Establecimiento de rangos de movimientos.
- Movimiento del mouse según los datos adquiridos.
- Análisis de ejecución de funciones de click derecho o izquierdo.

III. RESULTADOS

Por medio del monitor serial propio de la tarjeta Arduino micro, se verifica una constante lectura de datos, los cuales provienen de los diferentes sensores interconectados (acelerómetro, sensor EMG).

En la figura 9 se observa la lectura del sensor acelerómetro en sus tres ejes, XYZ respectivamente.

```
-18 12 209
-18 13 210
-18 12 210
-17 13 211
-18 12 210
-18 13 210
-18 13 211
-4 25 213
-12 10 211
```

Figura 9. Posición del sensor acelerómetro en los ejes XYZ

Al realizar varias pruebas se determinó que la señal EMG varía desde los 400 hasta los 700 bits de resolución del músculo facial (orbicular del ojo), en un rango de 0 a

Mouse para personas con discapacidad en sus extremidades superiores controlado por medio de movimientos de cabeza y gestos

1023 que provee el conversor análogo digital Arduino, por lo tanto se considera que las señales dentro de este rango son válidas.

En la figura 8 se puede identificar los picos de voltaje generados por un músculo en movimiento.

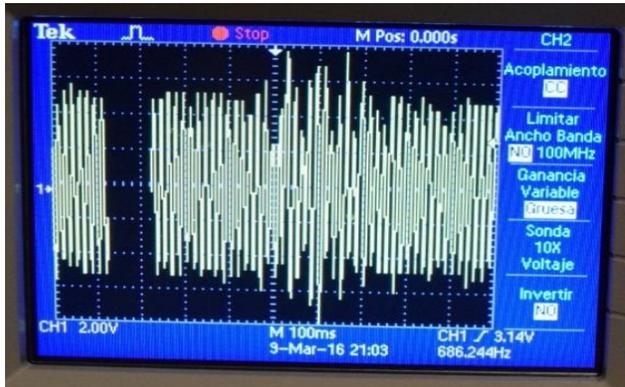


Figura 9. Captación de una señal mioeléctrica de un músculo facial en un osciloscopio

Para la EMG se necesitan 2 electrodos por músculo y una señal de referencia, son colocados como la figura 10.



Figura 10. Colocación de electrodos

En el monitor serial también se puede observar el valor analógico del sensor de electromiografía como se muestra en la figura 11.

```
Value = 450
Value = 460
Value = 460
Value = 463
Value = 470
Value = 569
Value = 644
Value = 639
Value = 540
Value = 455
Value = 480
Value = 454
Value = 440
Value = 441
```

Figura 11. Adquisición de señales mioeléctricas en el Arduino micro

El sistema fue probado con conexión directa al computador en uno de sus puertos USB ya sea en versión 2.0 o 3.0 como el de la figura 12.



Figura 12. Puerto USB

El prototipo de mouse empieza a funcionar desde el momento que se le conecta, al computador, sin la necesidad de instalar un driver adicional, fue probado en los siguientes sistemas operativos:

- Windows Vista, 7, 8, 8.1 y 10
- En Windows Vista tuvo que ser reconectado para su reconocimiento.
- Linux (Ubuntu 16.04)
- Mac OS X

En la figura 13 se observan pruebas realizadas con el dispositivo bajo la plataforma Windows 10.



Figura 13. Pruebas de funcionamiento en Windows 10

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El prototipo construido permite simular las funciones de un mouse convencional dentro del computador, desplazamiento libre del cursor con una efectividad del 100% y realización de click derecho e izquierdo con una efectividad del 95%, ambos parámetros pueden ser modificables por software propio de los sistemas operativos.
- En el prototipo se utilizan dos modos de comunicación, el sensor acelerómetro establece una comunicación síncrona con el Arduino micro mediante el protocolo I2C con una velocidad de 1Mbps en modo Maestro-Eslavo y 5cm de distancia, mientras que el Arduino se

comunica por medio de USB 2.0 o 3.0 con la computadora.

- En el proceso de electromiografía (EMG), se debe tratar cuidadosamente ya que se está trabajando con señales sumamente pequeñas menores de 10mV que deben ser amplificadas y posteriormente filtradas en un rango entre 20Hz y 500Hz, para evitar la captación de señales no deseadas (ruido) proveniente del usuario o del medio ambiente, por los que se ocupa amplificadores de instrumentación y filtrado.
- El prototipo de mouse tiene una aplicabilidad de modo Plug and Play, es decir se conecta y funciona en cualquier computadora que tenga un puerto USB, además es compatible con cualquier sistema operativo

RECOMENDACIONES

- Utilizar el prototipo de mouse con la cabeza seca ya que la humedad puede hacer que las placas entren en corto circuito, evitar movimientos bruscos.
- Para el correcto funcionamiento del protocolo de comunicaciones I2C las líneas SDA y SCL se deben polarizar en estado alto es decir deben ir conectadas a alimentación por medio de resistencias pull up.
- Para la adquisición de las señales mioeléctricas la distancia entre electrodos debe estar entre 2 y 3 cm, y si son músculos pequeños la distancia entre electrodos debe ser máximo $\frac{1}{4}$ de la longitud de fibra muscular, con lo que se evita distorsión de la señal debido a tendones y terminaciones de las fibras musculares, además se debe evitar el uso de cremas o lociones y limpiar las zonas de colocación de los electrodos caso contrario se adhiere el gel adhesivo a la capa externa de la piel y esto genera un efecto aislante.
- Si el prototipo no entra en funcionamiento al momento de establecer una comunicación con la computadora, este debe ser reconectado.
- El sistema realizado viene a ser un proceso de adquisición de señales tipo invasivo, por lo que se propone realizar trabajos futuros utilizando métodos no invasivos como es la visión por computador, para detectar gestos y procesarlos para transformarlos a eventos que realiza un Mouse.

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, «¿Qué sabemos sobre la discapacidad?», *Informe mundial sobre la discapacidad*, pp. 7 - 8, 2011.
- [2] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, «Clasificación de Tipo de discapacidad», Mexico, 2015.
- [3] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, «<http://www.telecomunicaciones.gob.ec/>», [En línea].

Available:

<http://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-redujo-el-analfabetismo-digital/>. [Último acceso: 25 10 2015].

- [4] D. A. R. Gomez, O. S. Morales y J. J. S. Mendez, «Raton USB para personas tetrapléjicas controlado con el movimiento de la cabeza», *Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas INGENIERIA*, vol. 19, n° 2, pp. 41 - 62, 2014.
- [5] T. Pallejà, E. Rubión, M. Teixidó, M. Tresanchez, A. Fernández, C. Rebate y J. Palacín, «Ratón Virtual Relativo Controlado con los Movimientos de la cabeza», *Universidad de Lleida, Jaume II*, 2008.
- [6] P. L. S. Ortega, J. C. Nebreda y B. N. Angulo, «Interacción con ordenador mediante dispositivos inalámbricos para usuarios con movilidad muy reducida», *Las Tecnologías de Apoyo en Parálisis Cerebral*, n° IV Jornadas Iberoamericanas de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad, pp. 45 - 49, 2009.
- [7] K. Kuzume, «Evaluation of Tooth-touch Sound and Expiration Based Mouse Device for Disabled Persons», Yuge National College of Maritime Technology, Yuge, 2012.
- [8] A. Xiong, Y. Chen, X. Zhao, J. Han y G. Liu, «A Novel HCI based on EMG and IMU», International Conference on Robotics and Biomimetics, Phuket, 2011.
- [9] T. Gupta, H. Verma, G. Verma y L. Sahoo, «A Portable & Cost Effective Human Computer Interface Device for Disabled», Jaypee Institute of Information Technology, Kanagawa, 2015.
- [10] M. R. Williams y R. F. Kirsch, «Evaluation of Head Orientation and Neck Muscle EMG Signals as Command Inputs to a Human-Computer Interface for Individuals With High Tetraplegia», IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING, 2008.
- [11] A. Devices, «Instrumentation Amplifier AD620», Analog Devices, Inc, 2003-2011.
- [12] Escuela de ingeniería de Antioquia, «<http://bioinstrumentacion.eia.edu.co/>», [En línea]. Available: <http://bioinstrumentacion.eia.edu.co/WebEstudiantes/2005I/EMG/materialesymetodos.htm>. [Últ: 20 01 2016].

Procesamiento de video usando Apache Hadoop con OpenCV y JavaCV para reconocimiento facial

Video processing using Apache Hadoop with OpenCV and JavaCV to face recognition

Lucas Rogério Garcés Guayta^a, Yasser Cesar Alvarado Salinas^b, Nixon Rafael Paladines Enríquez^c

^a Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

^b Facultad de Ingeniería en Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad de Especialidades Espíritu Santo UEES
Maestrante en Auditoría de Tecnologías de la Información

^c Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Rey Juan Carlos
Maestrante en Ingeniería de Sistemas de Información

Correspondencia Autores: lrgarces@espe.edu.ec, yalvarado@uees.edu.ec, nr.paladines@alumnos.urjc.es

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— El presente artículo propone una solución informática de bajo coste, que permite realizar análisis de video para la identificación de personas haciendo uso de tecnología *open source* como Apache Hadoop y las librerías OpenCV y JavaCV. Estas herramientas permitirán el análisis, detección y reconocimiento facial, desde los videos alojados en una base de datos, alimentada no solo por las cámaras del ECU-911, sino también por todas las que se encuentran instaladas en establecimientos públicos y privados del país. La rapidez para procesar este gran volumen de información dependerá de los nodos implementados para ejecutar el MapReduce. Además, se indican los campos de aplicación para este sistema interconectado de video-vigilancia.

Palabras Claves— Procesamiento de video, reconocimiento facial, Apache Hadoop, OpenCV, JavaCV

Abstract— This paper proposes a low-cost computing solution, to perform video analysis to identification of people making use of open source technology such as Apache Hadoop and OpenCV and JavaCV libraries. These tools enable the analysis, detection and face recognition, from videos hosted on a database, fueled not only by the ECU-911 cameras, but also by all security cameras are installed in public and private establishments in Ecuador. The speed to process this huge volume of information depend on the implemented for running the MapReduce nodes. In addition, the fields of application for this interconnected system of video.

Keywords— Video processing, face recognition, Apache Hadoop, OpenCV, JavaCV.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la inseguridad ciudadana se ha convertido en un problema social, que afecta no solo al Ecuador sino también a otros países. Cada día se cometen actos delictivos en las calles, sea de día o de noche.

El trabajo que realiza el personal de la policía nacional para aprehender a los delincuentes es arduo, pero les toma mucho tiempo.

Por ello, implementó un sistema de recompensas a quien proporcionase información sobre los más buscados en el país.

El gobierno nacional, en su afán de combatir la delincuencia y minimizar la inseguridad, ha implementado en las principales ciudades del Ecuador cámaras de seguridad, denominadas ojos de águila.

Asimismo, en los medios de transporte como buses y taxis, se ha instalado kits de seguridad que incluye: un dispositivo de ubicación, dos cámaras y botones de auxilio; todo esto conectado al Servicio Integrado de Seguridad ECU-911. Los videos captados por las cámaras les han permitido a la policía nacional actuar de forma rápida y eficiente, logrando identificar, detener y sentenciar a muchos, pero no a todos.

En este sentido, aprovechando que la detección y reconocimiento facial ha sido investigada ampliamente, y que gracias a ello se han construido sistemas informáticos de alto rendimiento, capaces de reconocer un rostro en entornos distintos, como por ejemplo: aeropuertos, centros comerciales, estadios, etc.; se presenta una propuesta como solución informática, con la capacidad de realizar análisis de video para el análisis, detección y reconocimiento de personas, haciendo uso de tecnología libre.

En este artículo se detallan las herramientas a utilizar para el manejo y análisis de grandes volúmenes de información, así como la tecnología utilizada para el reconocimiento facial. También se hace una descripción general de la integración de los componentes a implementar. Al final se analizan los resultados y también se presentan los posibles campos de aplicación.

II. GENERALIDADES

Antes de iniciar es necesario definir y diferenciar los términos detección facial y reconocimiento facial. Luego se describirán los componentes principales y se detallará la propuesta.

A. Detección y reconocimiento facial

Son términos diferentes, pero están muy relacionados. Para hacer reconocimiento facial es necesaria una detección facial.

El proceso de detección facial [1] hace uso de algoritmos para determinar si hay rostros humanos en una foto o video, es decir, solo determina si hay alguna cara, mas no a quien pertenece.

En cambio, el reconocimiento facial [2] identifica el rostro de una persona en una foto o video, comparándolas con las imágenes que ya se encuentran previamente almacenadas en la base de datos.

Estas imágenes del rostro deben ser registradas siguiendo ciertas reglas de calidad, como la iluminación, frontalidad o el tamaño de la cara en píxeles.

B. Adquisición de información a escalas de Big Data

Big Data [3], [4] ya no es una palabra desconocida, cada vez se hace más evidente y necesario el uso de este término para referirse a grandes conjuntos de información, incluyendo datos semiestructurados y no estructurados que resultan difíciles de administrar y analizar con herramientas tradicionales [5].

Las fuentes de este flujo de datos son de dos tipos: huellas digitales generadas por los humanos y los datos de máquina [6]. Las primeras pueden ser un clic, comentarios de foros o redes sociales, correo electrónico, entre otros. Los datos de máquina corresponden a los sensores, radares, satélites, cámaras de video, servidores, entre otros.

Ahora bien, en este caso, los datos que serán procesados y analizados podrían provenir de los video capturados por las cámaras de seguridad del ECU-911. Según informes publicados en el portal web de esta institución, indica que tienen instaladas más de 2000 cámaras, distribuidas en diferentes sectores de las principales ciudades del Ecuador.

En efecto, se instalaron 55000 kits de seguridad en los transportes, de los cuales 17000 pertenecen a buses interprovinciales y 38000 a unidades de taxis como se observa en la figura 1.

Según la Agencia Nacional de Tránsito aún faltan de instalar cámaras en 14500 unidades de taxis. Estas cámaras instaladas deben detectar los rostros de todas las personas que hacen uso de estos medios de transporte.

Además, existen otras fuentes de información que deben ser consideradas por la importancia que representan, estas son las cámaras de seguridad de establecimientos públicos y privados.

Principalmente, deben estar interconectados los lugares de mayor concurrencia de personas, como, por ejemplo: restaurantes, bares, hoteles, aeropuertos, cajeros automáticos, mercados y centros comerciales.

Por lo tanto, todas las cámaras de seguridad interconectadas, proporcionarán diariamente imágenes en tiempo real de todas las personas capturadas en video. Para lograr almacenar, gestionar y manipular este gran volumen de información será necesario utilizar una base de datos

NoSQL (*not only SQL*, no solo SQL), además una plataforma de análisis como el Framework Apache Hadoop y para la detección y reconocimiento facial se hará uso de las librerías de OpenCV, FFmpeg y JavaCV.

C. Framework Apache Hadoop

Apache Hadoop [7] es un software libre que soporta aplicaciones distribuidas para almacenar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos estructurados y no estructurados, sean estos cientos de terabytes, petabytes, zettabyte o yottabyte. Su diseño permite a las aplicaciones trabajar con miles de nodos. Ofrece un sistema robusto tolerante a fallos puesto que usa una arquitectura *Master-Slave*, para almacenar su sistema de archivos distribuidos Hadoop (*Hadoop Distributed File System*, HDFS), inspirado en el sistema de archivos de Google y el algoritmo de *MapReduce*, para hacer cálculos mediante el procesamiento paralelo a través de los nodos del clúster.

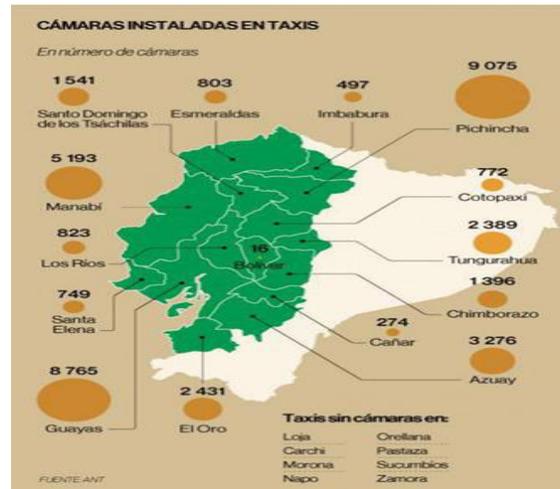


Figura 1. Total de cámaras instaladas en taxis
Fuente: Agencia Nacional de Tránsito, 2016 [8]

Su sistema de archivos distribuidos facilita la rápida transferencia de datos entre nodos y permite que el sistema siga funcionando sin interrupción en caso de un fallo. Además, el uso del código [9] escrito en otros lenguajes como Python y C es posible a través de *Hadoop Streaming*. Trae incorporado Hadoop Job y Trackers, que realizan el seguimiento de la ejecución de los programas a través de los nodos del clúster.

D. Arquitectura principal de Apache Hadoop

1. MapReduce

El algoritmo MapReduce [10 pág. 177] es un modelo de computación distribuida basado en Java, permite escribir aplicaciones que procesan grandes cantidades de datos estructurados y no estructurados en paralelo a través de un grupo de miles de máquinas, de una manera fiable y tolerante a fallos.

Contiene dos operaciones importantes: el *Map* (*mapper*) y el *Reduce*. La primera se encarga del mapeo y se aplica a los datos de entrada, donde toma un conjunto de datos y lo convierte en otro conjunto de datos agrupándolos en una lista ordenada en pares clave/valor [11 pág. 2]. En cambio la tarea *Reduce* toma la salida del *Map* como entrada, combinando toda la lista de pares ordenados y agrupa los valores por medio de las claves.

Ayuda a los desarrolladores [12] a realizar estos dos pasos de manera eficiente. Por lo tanto, Hadoop hace que sea fácil de procesar grandes conjuntos de datos al permitir que los desarrolladores se centren en la lógica de la base de datos en vez de preocuparse por la complejidad y el tamaño de los datos.

2. HDFS

El Sistema de Archivos Distribuido Hadoop (HDFS) está diseñado para almacenar grandes conjuntos de datos de forma fiable, y para transmitir los conjuntos de datos con alto ancho de banda para aplicaciones de usuario.

Tiene una arquitectura master/esclavo. Un clúster HDFS consta de una sola *NameNode*, un servidor maestro que gestiona el espacio de nombres del sistema de archivos y regula el acceso a los archivos de los clientes. Además, hay una serie de *DataNodes*, por lo general un nodo por clúster, que gestionan de almacenamiento conectado a los nodos que se ejecutan.

HDFS expone un espacio de nombres del sistema de archivos y permite que los datos de usuario se almacenen en archivos. Internamente, un archivo se divide en uno o más bloques y estos bloques se almacenan en un conjunto de *DataNodes*.

El *NameNode* ejecuta operaciones de espacio de nombres del sistema de archivos como abrir, cerrar, y renombrar archivos y directorios. También determina la asignación de bloques para *DataNodes*. Los *DataNodes* son responsables de atender las solicitudes de lectura y escritura de los clientes del sistema de archivos, realizan la creación de bloques, eliminación, y la replicación en la instrucción de la *NameNode*.

El *NameNode* y *DataNode* [13] son piezas de software diseñados para funcionar con sistema operativo GNU / Linux. HDFS utiliza Java, cualquier máquina que soporte este lenguaje puede ejecutar el *NameNode* o el *DataNode*.

3. Hive

Apache Hive [14 pág. 28] fue construido inicialmente por Facebook como solución de almacenamiento de datos de código abierto construido en la cima de Hadoop para facilitar el acceso a MapReduce. Permite la gestión de grandes conjuntos de datos que residen en almacenamiento distribuido.

Hive [15] proporciona un lenguaje similar a SQL conocido como *HiveQL* (*Hive Query Language*). Estas consultas se compilan automáticamente en trabajos

MapReduce que se ejecutan usando Hadoop. *HiveQL* permite a los usuarios convertir scripts MapReduce personalizados en consultas.

Admite instrucciones del lenguaje de definición de datos (DDL), que usan para crear, eliminar y alterar tablas de una base de datos. Permite cargar datos desde fuentes externas e insertar los resultados de las consultas en tablas Hive, a través de las instrucciones del lenguaje de manipulación de datos (DML).

Sin embargo, tiene restricciones al momento de actualizar y borrar filas de las tablas existentes. El componente MetaStore es el catálogo del sistema Hive, que almacena metadatos sobre la tabla subyacente como sus columnas, privilegios, y más. Estos metadatos se especifican durante la creación de la tabla y se reutilizan cada vez que se referencia la tabla en HiveQL.

4. Fuse-DFS Project

Fuse DFS [16] es un subproyecto de Apache Hadoop, proporciona una interfaz para salvar la brecha entre el HDFS y el sistema de archivos local, de manera que miles de bibliotecas de programación diseñadas para el sistema de archivos local pueden tomar la ventaja de Hadoop. Admite muchas operaciones como leer y escribir, y las operaciones de directorio; sin embargo, no es totalmente compatible con POSIX.

5. OpenCV, FFmpeg y JavaCV

OpenCV y *FFmpeg* son librerías que se utilizan frecuentemente en visión por computador y proyectos de procesamiento de video y reconocimiento facial. Sin ellos el procesamiento seguiría siendo teoría en lugar de implementaciones. Son diseñadas y desarrolladas para C++ mientras que Hadoop se ha desarrollado y diseñado para Java.

Para solucionar esto se ha creado un proyecto denominado JavaCV, que es una librería de código abierto que proporciona una solución estable y eficiente para hacer uso de los beneficios OpenCV y FFmpeg, así como muchos otros procesamientos de video en múltiples plataformas como Windows, Linux, Mac OS y Android, con la aceleración de hardware compatible [17].

FFmpeg [18], es una biblioteca de procesamiento de video que ofrece la fluidificación de grabaciones de audio y de video, conversión y una solución completa. Contiene una biblioteca de códec de audio/video muy avanzada que garantiza la calidad de alta portabilidad. Es muy utilizada para analizar el video, fotogramas y enviar datos *OpenCV* para su procesamiento.

E. Descripción general de la integración del sistema

Con los componentes previamente detallados se puede empezar a describir la integración de Apache Hadoop con las librerías OpenCV y JavaCV, para la construcción del

sistema de procesamiento de video para el reconocimiento facial. En la estructura del sistema se destacan 4 aspectos importantes que son: 1) El HDFS que ofrece el servicio de almacenamiento distribuido para datos del video; 2) Fuse DFS se carga el sistema de archivos distribuido en el sistema de archivos local; 3) JavaCV mediante dos puertos llama a las librerías de procesamiento de video: OpenCV y FFMPEG, con lenguaje Java para que estén disponibles para todo el procesamiento de video; 4) El modelo de programación *MapReduce* de Hadoop procesa datos de video al mismo tiempo [17].

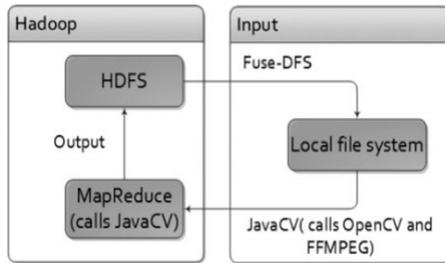


Figura 2. Descripción del sistema Fuente: Tan H y Chen L., 2015 [17]

La idea clave del modelo de programación *MapReduce* es encapsular los datos en pares de clave-valor, de modo que los *Mappers* y *Reducers* puede procesar simultáneamente en líneas de corriente paralelas, lo que aumenta drásticamente el rendimiento del sistema.

Se puede observar en la figura 2 que Fuse DFS carga el HDFS al sistema de archivos local y hace que los datos de video almacenados en HDFS estén disponibles para JavaCV. JavaCV, que hereda poderosa capacidad de análisis de video de OpenCV y FFMPEG, hace que las bibliotecas de video estén a disposición de todo el procedimiento para el *MapReduce*.

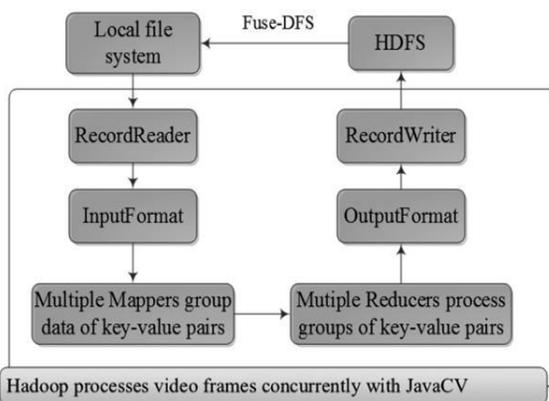


Figura 3. Modelo de programación del sistema Hadoop propuesto Fuente: Tan H y Chen L., 2015 [17]

Se corta el video usando FFmpeg, dividiéndolo en varios clips y cada uno de ellos se procesa como una unidad Hadoop. El usuario puede extraer el resumen de videos mediante fotograma clave y entender brevemente su contenido. FFmpeg podría utilizarse para analizar cualquier

formato de video en la secuencia que podría ser procesada por OpenCV.

El programa de procesamiento de imágenes OpenCV se puede modificar arbitrariamente para completar diferentes funciones [18 pág. 2187].

El procedimiento de video [17] [19] puede describirse a continuación: 1) *RecordReader* lee los datos de video de HDFS a través de la interfaz proporcionada por JavaCV, que encapsula los datos en pares clave-valor (Identificación del marco, datos del marco) y los somete a *InputFormat*; 2) Una *InputFormat* puede aceptar varios tipos de pares clave-valor proporcionados por *RecordReaders* e *InputFormat* combina todos los pares clave-valor para someterlos a *mappers*; 3) El grupo de *mappers* de pares clave-valor de acuerdo a los requerimientos de los algoritmos los envían a *Reducers*; 4) Cada *Reducer* procesa un grupo de pares clave-valor y presenta los resultados a *OutputFormat*; 5) *OutputFormat* emplea *RecordWriter* para escribir resultados al HDFS [20 pág. 4080].

1. Entrada de video

Antes que nada se requiere leer los fotogramas del video para luego aplicar los algoritmos correspondientes. El primer paso es cargar fotogramas de los archivos de video que se almacenan en HDFS con JavaCV. El segundo paso es transformar el tipo de datos de los marcos de JavaCV (*IplImage*) en pares clave-valor de Hadoop (<texto, BytesWritable>), donde la clave es un identificador único y el valor es el cuadro de imagen correspondiente en bytes. Al llegar a la programación, estos dos pasos se encapsulan en una clase Java *VideoRecordReader* que se extiende desde la clase abstracta *RecordReader* de Hadoop [21].

2. Estrategia del Map

El objetivo principal del *Map* es pasar los grupos de fotogramas de video al *Reducer*. Por lo general, hay dos tipos de aplicaciones de procesamiento de video.

El primero, el análisis orientado a un solo cuadro. Un ejemplo de esta aplicación es la detección de rostros. Este es un trabajo repetido en cada fotograma sin correlación entre cuadros. Simplemente se pasa pares clave-valor (Identificación del marco, los datos de trama) para reducir el proceso.

El segundo, es el *frame-series* orientado al análisis de video. Registrando detección de movimiento y de seguimiento, para ello se requiere una serie de fotogramas en orden de tiempo para el análisis. Para este tipo de aplicación se combina pares clave-valor de <Identificación del *frame*, datos del *frame*> en pares clave-valor de <Id serie del *frame*, los datos de serie del *frame*>. Cada serie del *frame*, constituye un subproblema similar del problema original y se puede ejecutar simultáneamente por los *Reducer* de Hadoop. Lo único nuevo es asegurar que es posible sintetizar resultados de los subproblemas para obtener resultados del problema original. Para la detección

de movimiento y de seguimiento las series de *frames* se supone que son parcialmente solapadas, por lo que se puede vincular los resultados de diferentes series de acuerdo a los marcos superpuestos.

3. Estrategia del Reducer

La tarea del *Reducer*, como muestra la figura 3, es llevar a cabo las operaciones principales de procesamiento de video para la detección de imagen. Los datos de entrada para reducir son una serie de fotogramas de video. Para el análisis de video orientado a un solo cuadro, las tareas *Reducer* simplemente realizan algoritmos como en un solo equipo.

Con la ayuda de JavaCV, la implementación no es difícil. Para los *frame-serie* orientado al análisis de video, las tareas *Reducer* toman la serie del marco de entrada como un pequeño periodo de video y también realizan algoritmos como en un solo equipo [17] [19].

4. Proceso posterior

Los resultados de la tarea del *Reducer* del *frame-serie* de análisis de video orientado, pueden requiere algún proceso posterior para formar un resultado monolítico. De acuerdo con los números de orden de los archivos de salida y marcos superpuestos de los contenidos de video, un resultado monolítico puede ser construido.

5. Detección facial

En caso de querer localizar todos los rostros en cada cuadro de los archivos de video de entrada y generar registros de texto, como se indicó anteriormente, este es un trabajo repetido en cada fotograma sin correlación entre cuadros. Así que el orden del grupo de Map no importa. En el *Reducer*, cada cuadro se analiza con un clasificador de detección de rostro humano, que es una cascada de clasificadores de características similares llamadas *Haar-Like* implementados con JavaCV [2], [22]. Los resultados de detección son lugares de rostros en cada cuadro y escrito a HDFS.

F. Detección de movimiento y seguimiento

Esto aplica si se desea detectar todos los objetos que se mueven en los archivos de video de entrada y realizar un seguimiento de ellos. Los registros se generan como resultado, cada registro incluye el número de fotograma de su cuadro de inicio, *frame* final y una serie de rectángulos que indican la ubicación de los objetos en movimiento en los fotogramas intermedios. En este caso, los *frame* deben ser agrupados por orden de número de fotograma o tiempo. Así que estos grupos *frame* son series del *frame*. Cada serie puede ser vista como una parte de video y se envía al *Reducer*.

La detección de movimiento basado en estadística modelo de fondo y seguimiento de objetos por el filtro de Kalman, se implementa en el *Reducer* para obtener resultados de cada serie del *frame*. Estas *frame-serie* son parcialmente solapadas, por lo que se puede combinar resultados de diferentes series de acuerdo a los marcos superpuestos [17].

G. Campos de aplicación

El FBI [23] implementó un sistema de identificación denominado *Next Generation Identification System*, es un gran buscador humano que cuenta con una base de datos con más de 51 millones de fotografías, realiza 196 búsquedas y reconocimientos al día; reduciendo el tiempo de identificación de personas de 2 horas a 10 minutos y la espera de verificación de antecedentes disminuyó de 24 horas a 15 minutos. El sistema también registra otros datos, como son las cicatrices, tatuajes y marcas de nacimiento.

Aunque el reconocimiento facial está relacionado con los temas de seguridad, existen otros campos donde es muy útil, como, por ejemplo: verificar la asistencia de los alumnos en un salón de clase o de los trabajadores en una determinada empresa, constatar la identidad de la persona sin necesidad de presentar la cédula, reconocer a los pasajeros en un aeropuerto, identificar a los clientes en un centro comercial y conocer sus preferencias.

III. RESULTADOS

Al verificar el rendimiento de la propuesta, la ejecución a pequeña escala del sistema es muy satisfactoria, resaltando que la rapidez dependerá de los nodos esclavos para ejecutar las tareas del *Map Reduce*, tal como lo demuestran Tan Hanlin y Chen Lidong [17] en su prueba experimental donde utilizaron seis equipos para realizar el experimento, de los cuales uno actuó como master (*Namenode* y *JobTracker*) y el resto como esclavos (*Datanode* y *TaskTracker*).

En el experimento se considera el tiempo como variable de observación y el número de archivos de video de entrada estándar junto al número de esclavos en el clúster como variables de control. Un archivo de video de entrada estándar contiene 690 *frames* (15fps x 46 segundos) con una resolución de 320 x 240 píxeles para cada cuadro. El tamaño del archivo es de 2,6 MB.

En cuanto a los resultados experimentales en la detección facial, la figura 4 y 5 muestran el rendimiento utilizando Hadoop, de estos resultados se puede concluir que el tiempo de funcionamiento: 1) aumenta linealmente con aproximadamente el tamaño de archivos de video de entrada, lo que es natural desde la detección de la cara que es un simple trabajo repetido en los clústers; 2) Disminuye considerablemente con el aumento del número de esclavos, cuanto más tiempo la tarea consume en un solo equipo, es

mayor el tiempo que ahorra para realizar la tarea con Hadoop cluster. Un clúster con cinco esclavos puede reducir el tiempo de ejecución a menos del 25% de la de un solo equipo. Y se puede deducir que el tiempo de funcionamiento se puede reducir con más nodos añadidos [17].

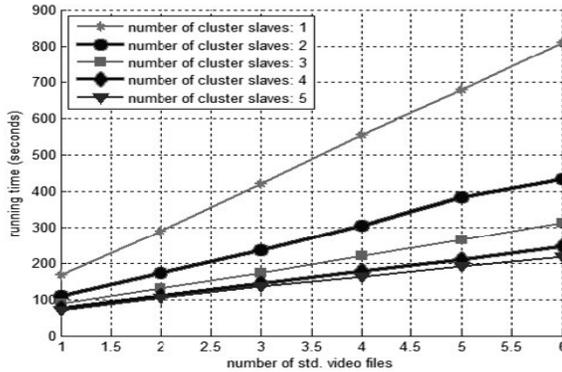


Figura 4. Tiempo de funcionamiento con un número diferente de videos estándar de entrada

Fuente: Tan H y Chen L., 2015 [17]

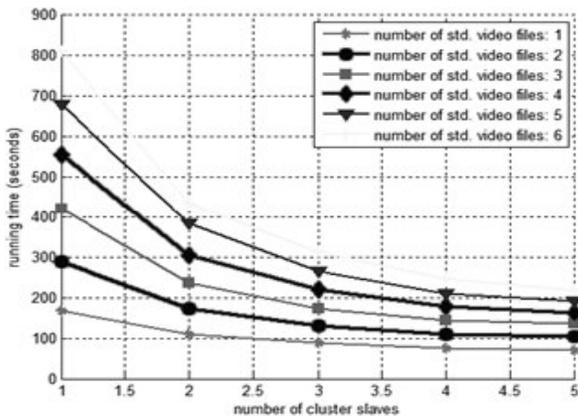


Figura 5. Tiempo de funcionamiento con un número diferente de esclavos

Fuente: Tan H y Chen L., 2015 [17]

Con el mismo sistema propuesto, además de hacer reconocimiento facial de videos también se lo puede hacer utilizando imágenes, que reemplazarían a los fotogramas y el rendimiento sería mayor.

En la figura 6 se muestra la relación inversamente proporcional que existe entre los nodos y el tiempo. Entre más nodos se utilicen menor será el tiempo de respuesta.

IV. DISCUSIÓN

La preocupación principal de las pruebas es el rendimiento del sistema, puesto que, para mejorar la detección facial o la detección de movimiento y seguimiento, se necesita implementar algoritmos básicos de detección facial a través de características como la resta de frames y filtro de Kalman utilizando la interfaz de JavaCV (Java de OpenCV Haar-like).



Figura 6. Tiempo vs número de nodos

Fuente: Merchan A, Plaza J y Moreno J, 2010 [19]

En la figura 7 se muestra los resultados de procesar 15857 imágenes en 69 minutos utilizando 14 nodos [19].

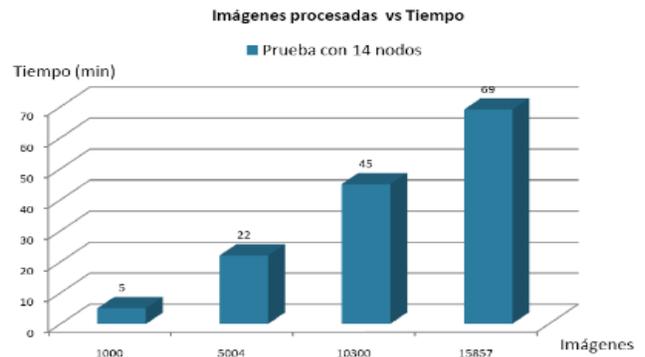


Figura 7. Imágenes procesadas vs tiempo

Fuente: Merchán A, Plaza J y Moreno J, 2010 [19]

V. CONCLUSIONES

La propuesta con Apache Hadoop, Map Reducer y OpenCV para el reconocimiento facial, es muy eficiente pero no es la única, existen algunas que utilizan algoritmos de aprendizaje o redes neuronales para lograr este fin, como por ejemplo: red neuronal Kohonen, algoritmo de aprendizaje de Adaboost [2], análisis de los componentes (PCA), análisis discriminante lineal (LDA), patrón binario local (LBP), patrón ternario local (LTP), entre otros [24]. Se pueden integrar algunos de estos algoritmos a la solución expuesta, para incrementar su eficiencia en tiempo real.

Además, como se indicó en la introducción, la delincuencia cada vez incrementa su accionar, por ello sería recomendable implementar esta propuesta para identificar a personas que son buscadas por la justicia. Técnicamente sería muy factible, ya que los equipos necesarios para capturar los videos se encuentran instalados, solo faltaría hacer el procesamiento de video para la detección y reconocimiento facial. De esta forma, si una persona que es buscada por las autoridades hace uso de un taxi, se sube en un bus, acude a un cajero automático, entra en un centro comercial o que sea captado por alguna de las cámaras de seguridad interconectadas; será reconocido al instante.

En caso de implementarse será de vital importancia conectarse con la base de datos de las fotografías del registro civil, para obtener los datos personales de quien se haya reconocido facialmente. Esta implementación contribuirá a la video-vigilancia de una ciudad inteligente.

Talvez la violación a la privacidad de los ciudadanos pueda ser un impedimento para su implementación, por lo que se considera que se deben incorporar o modificar las políticas existentes, permitiendo el uso de este tipo de herramientas.

VI. REFERENCIAS

[1] Sistema de reconocimiento facial basado en imágenes con color. **PEDRAZA PICO, BEATRIZ OMAIRA, RONDÓN, PAOLA y ARGVELLO, HENRY**. 2, Colombia : UIS Ingenierías, 2011, Vol. 10.

[2] Reconocimiento de Facial basado en FPGA. **Molina, Julio C. y Risco, Miguel A.** . 1, Perú : Revista ECIPerú, 2011, Vol. 8. ISSN 1813-0194.

[3] **Intel IT Center**. Dialogo TI Intel. [En línea] Junio de 2014. [Citado el: 08 de Julio de 2015.] http://dialogoti.intel.com/sites/default/files/documents/e7_big_data_planning-guide_v2d_esp.pdf.

[4] Big data. Un nuevo paradigma de análisis de datos. **Jiménez, Carlos Maté**. 2, España : anales, 2014, Vol. 1.

[5] An Architecture for Big Data Analytics. **Chan, Joseph O**. USA : Communications of the IIMA, 2013, Vol. 13.

[6] Framework para la gestión, el almacenamiento y la preparación de grandes volúmenes de datos. Big Data. **Almeida Pazmiño, Marco Antonio, Lara Torralbo, Juan Alfonso y Lizcano Casas, David**. 1, España : CEF, 2015.

[7] MapReduce programming with apache Hadoop. **Bhandarkar, M**. Atlanta : IEEE, 2010. 978-1-4244-6442-5.

[8] **ANT, Agencia Nacional de Tránsito**. www.ant.gob.ec. Agencia Nacional de Tránsito. [En línea] [Citado el: 10 de Junio de 2016.] www.ant.gob.ec.

[9] An overview of the Hadoop/MapReduce/HBase framework and its current applications in bioinformatics. **Taylor, Ronald C**. 11, EE.UU. : BMC Bioinformatics, 2010. 1471-2105-11-S12-S1.

[10] Procesamiento de datos de texto-intensivo con MapReduce. **Lin, Jimmy y Dyer, Chris** . 1, 2010.

[11] Efficient Parallel Set-Similarity Joins Using MapReduce. **Rares, Vernica, Carey, Michael J. y Li, Chen** . EEUU : SIGMOD, 2010. 978-1-4503-0032.

[12] **MSV, Janakiram**. Your Story. [En línea] 8 de Julio de 2012. [Citado el: 10 de Julio de 2015.] <http://yourstory.com/2012/07/what-is-common-between-mumbai-dabbawalas-and-apache-hadoop/>.

[13] The Hadoop Distributed File System. **Shvachko, Konstantin** , y **otros**. 1, California USA : IEEE, 2010. 978-1-4244-7153-9.

[14] Comparison of SQL with HiveQL. **Kumar, Rakesh** , y **otros**. Jaipur, India : IJRTS, 2014, Vol. 1. 2348-1439.

[15] **Sakr, Sherif**. IMB. [En línea] 14 de Agosto de 2012. [Citado el: 10 de Julio de 2015.]

<http://www.ibm.com/developerworks/ssa/opensource/library/os-mapreducesql/>

[16] HDFS Space Consolidation. **Mehta, Aastha, y otros**. 2, India : Birla Institute of Technology and Science, 2011.

[17] AN APPROACH FOR FAST AND PARALLEL VIDEO PROCESSING ON APACHE HADOOP CLUSTERS. **Tan, Hanlin y Chen, Lidong** . 1, China : s.n., 2015.

[18] A Kind of Video Abstracting System Base on Hadoop. **Hongyi, Li, y otros**. 2186-2191, Switzerland : Trans Tech Publications, 2014, Vols. 687-691.

[19] **Merchan, Ángel, Plaza, Juan y Moreno, Juan** . Implementación de un módulo de búsqueda de personas dentro de una base de datos de rostros en un ambiente distribuido usando Hadoop y los Servicios Web de Amazon (AWS). Guayaquil : CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (ESPOL), 2010.

[20] Dynamic Resource Allocation And Distributed Video Transcoding Using doop Cloud Computing. **Shanthi, B.R y Narayanan.C, Prakash** . India : JIRCCE, 2014, Vol. 2. 2320-9801.

[21] Face Detection System for Attendance of Class' Students. **Fuzail, uhammad, y otros**. 4, Pakistan : INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY SCIENCES AND ENGINEERING, 2014, Vol. 5. 2045-7057.

[22] **Bracamonte Nole, Teresa J. y Huamán, Liz S. R. Pedro**. Aplicación de a Red Neuronal Kohonen al Reconocimiento de Rostros. Trujillo, Perú : Universidad Nacional de Trujillo , 2010.

[23] **Pagliery, Jose y CNNMoney**. CNN Español. [En línea] 17 de Septiembre de 2014. [Citado el: 09 de Julio de 2015.] <http://cnnespanol.cnn.com/2014/09/17/el-fbi-lanza-un-poderoso-sistema-de-reconocimiento-facial/>.

[24] Local Directional Pattern (LDP) for Face Recognition. **Jabid, Taskeed, Kabir, Hasanul y Chae, Oksam** . Corea del Sur : IEEE, 2010, Vol. 10. 78-1-4244-4 316-1.

Emulsión Agua y Diésel Formulación y Características Físicas para su utilización en motores de Combustión Interna

Water and Diesel Emulsion Formulation and Physical Characteristics for Use in Internal Combustion Engines

Germán Erazo Laverde ¹, Diego Pucuji Pillajo ², Pablo Bonilla Valladares³, José Naranjo Hernández ⁴

^{1,4} Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Energía y Mecánica,

²Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva Carrera de Mecánica Automotriz,

³ Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ciencias Químicas.

Correspondencia Autores: wgerazo@espe.edu.ec¹, diegopucuji@outlook.com², pablo2us@yahoo.com³, janaranjo@espe.edu.ec⁴

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— La investigación presenta la obtención y caracterización de propiedades relevantes de la emulsión de combustible que puede ser usada como fuente de energía en el motor de combustión interna ciclo diésel. Una emulsión es la estabilización de dos sustancias no miscibles en el caso de las emulsiones de combustible diésel y agua u otras sustancias. Las ventajas que presenta la emulsión de agua en diésel son las de reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno producidos por la combustión en el motor. Se detalla la formulación de emulsiones diésel y agua al 5, 10,15 y 20 % con la utilización del 10.5 al 12% de tensoactivos, que es una mezcla entre nonil fenol de 6 moles de óxido de etileno, ácido oleico y kolliphor EL. El método empleado en la elaboración de la emulsión fue el balance hidrofílico lipofílico (BHL). Entre los parámetros fisicoquímicos investigados las emulsiones de combustibles presentan incremento en la densidad y la viscosidad que varían en función del agua añadida en la formulación, por el contrario, el poder calorífico disminuye con la adición de agua en la emulsión. El menor tamaño de partícula registra la emulsión del 5% de agua con 9.8 nm, la cual presenta mayor estabilidad de las muestras realizadas.

Palabras Claves— Balance Hidrofílico Lipofílico, Emulsión de combustible, Poder Calorífico, Tensoactivo, Ciclo Diesel.

Abstract— *The research presents the derivation and characterization of relevant properties of the fuel emulsion that can be used as an energy source in the diesel internal combustion engine. An emulsion is the stabilization of two non-miscible substances in the case of diesel fuel emulsions and water or other substances. The advantages of the water emulsion in diesel are to reduce the emissions of nitrogen oxides produced by combustion in the engine. The formulations of 5, 10, 15 and 20% diesel and water emulsions are detailed using 10.5 to 12% of surfactants, which is a nonyl phenol mixture of 6 moles of ethylene oxide, oleic acid and kolliphor EL. The method used in the preparation of the emulsion was the lipophilic hydrophilic balance (BHL). Among the physicochemical parameters investigated the emulsions of fuels present an increase in density and viscosity that vary as a function of the water added in the formulation, on the contrary the calorific value decreases with the addition of water in the emulsion. The smaller particle size registers the emulsion of 5% of water with 9.8 nm, which presents greater stability of the samples made.*

Keywords—*Hydrophilic Balance Lipophilic, Fuel Emulsion, Calorific Power, Surfactant, Diesel Cycle*

I. INTRODUCCIÓN

El vehículo con motor diésel es un producto contaminante durante todo su ciclo; durante su fabricación, en circulación, por los mantenimientos y al final de su vida útil. El objetivo para la viabilidad del automóvil en el entorno ecológico actual es hacerlo amigable con el medio ambiente [1]. Una posibilidad para reducir la contaminación son los biocombustibles, aunque un inconveniente es el deforestar zonas destinadas para el cultivo, siendo así, las investigaciones continúan para la búsqueda de alternativas que encajen en el desarrollo sostenible y equilibrado [1].

Los combustibles son sustancias capaces de reaccionar exotérmicamente con el oxígeno, transformando por tanto la energía asociada a su estructura molecular en energía térmica [2]. Los aceites vegetales puros, sin esterificar, ya no se utilizan casi en los motores diésel de inyección directa, ya que causan problemas de consideración debido a la elevada viscosidad de los aceites vegetales y la fuerte coquización que se genera en los inyectores [3].

Una emulsión de combustible es la estabilización del agua u otra sustancia no miscible generalmente en diésel, para lo cual se utilizan emulsionantes, el objeto de ello es evitar una desemeulsificación. Con la utilización de las emulsiones pueden rebajarse las emisiones de hollín y óxidos de nitrógeno, ya que la mezcla es más fría debido a la proporción de agua [3]. Los beneficios de un combustible emulsionado es la reducción en las emisiones de óxidos de nitrógeno y material particulado [4]. En una emulsión la encapsulación del agua en aceite en medidas micrométricas previene que el agua entre en contacto con algún metal del motor [5].

Los resultados experimentales presentan que la densidad y viscosidad son mayores en las emulsiones que el obtenido por el diésel puro. [6] [7].

Los sistemas de emulsión agua - aceite W/O son puestos en énfasis para la formulación de emulsiones de

combustible [5]. Para realizarlos se utiliza surfactante y mezclas de surfactantes para alcanzar un BHL (Balance Hidrofílico Lipofílico) adecuado para la aplicación, en varias investigaciones se utilizan tensoactivos no iónicos, el nonil fenol es muy utilizado en muchas aplicaciones [8]. El surfactante nonil fenol con 5 moles de óxido de etileno es utilizado para realizar emulsiones de diésel y agua correspondiente del 2 al 14 %, utilizadas en un motor de inyección directa [7].

Las moléculas de las sustancias tensoactivas se caracterizan por estar constituidas de un grupo polar como de un grupo apolar tal como es el caso de los alcoholes y los ácidos grasos con cadenas de carbono-hidrógeno cortas, en estas moléculas el grupo OH o COOH que es polar tiene afinidad por las moléculas de agua, en cambio el grupo apolar constituido por la cadena de carbono-hidrógeno que tiene afinidad por líquidos apolares se denomina lipofílico o hidrofóbico [9].

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

El combustible utilizado en la elaboración de las emulsiones de combustible es el diesel Premium que se expende en las estaciones de servicio “PETROECUADOR”. El agua para la formulación de las emulsiones de combustible es agua destilada, los tensoactivos utilizados (ver tabla 1) fueron una mezcla para alcanzar un valor de BHL (Balance Hidrofílico Lipofílico) para la aplicación W/O (agua en aceite).

Tabla 1
Valor de Balance Hidrofílico Lipofílico (BHL)

Tensoactivo	BHL
Ácido oleico	1
Kolliphor EL	14
Nonil fenol de 6 moles de O.E.	10.9

Para realizar la formulación se consideró el valor del balance hidrofílico lipofílico (BHL), la mezcla fue calculada usando la ecuación 1 y 2.

$$\%A = \frac{BHL - BHL_B \times 100\%}{BHL_A - BHL_B} \quad (1)$$

$$100\% = \%A + \%B \quad (2)$$

Donde BHL, es el valor de balance hidrofílico lipofílico a encontrar para la emulsión, de acuerdo a las tablas 2, y 3 se encuentra un BHL adecuado en la aplicación, BHLB, es el número de balance hidrofílico lipofílico del producto o tensoactivo B elegido en la preparación de la emulsión, BHLA, es el número del balance hidrofílico lipofílico que tiene el tensoactivo B, %A, es la cantidad en porcentaje del tensoactivo A que va a ser requerido para realizar la emulsión, %B, es la cantidad de tensoactivo en porcentaje que va a ser requerido para realizar la emulsión.

Griffin introdujo el concepto del balance hidrofílico-lipofílico (BHL) de un surfactante, debido a la necesidad de establecer criterios para seleccionar sustancias anfifílicas que puedan conducir a la preparación de una emulsión ya sea esta A/O u O/A [4].

Tabla 2
Aplicación de una emulsión de acuerdo al BHL

BHL Rango de número	Aplicación
3-6	Emulsificante W/O
7-9	Agente humectante
8-14	Emulsificante O/W
9-13	Detergente
10-13	Solubilizante
12-17	Dispersante

Tabla 3
BHL requerido para emulsionar

Sustancia	Emulsión A/O	Emulsión O/A
Aceite de algodón		7.5
Parafina líquida	4	10-12
Vaselina	4	10-12
Ácido Estearico		15-18
Cera de abeja	5	10-16
Lanolina anhidra		10-12
Aceites vegetales		6-10

El Kolliphor (EL), fue añadido de acuerdo a ensayos experimentales para usar el porcentaje mínimo. El trabajo mecánico para la formulación de la emulsión se utilizó el mezclador Vortex de Fisher Scientific, utilizando a máximo régimen de agitación.

Para las pruebas de estabilidad de las emulsiones se utilizó tubos de ensayos de vidrio figura 1, con tapón durante un mes a temperatura ambiente (18-22 °C).

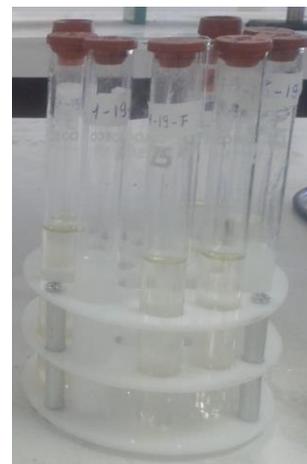


Figura 1. Lote de emulsiones agua/diésel

La densidad de las muestras fue determinada a 20 °C utilizando un picnómetro de 25 ml y la balanza electrónica de Denver Instrument. Para determinar la viscosidad cinemática a 40 °C de las muestras se utilizó un

viscosímetro Cannon-Fenske y un baño térmico HUBER figura 2.

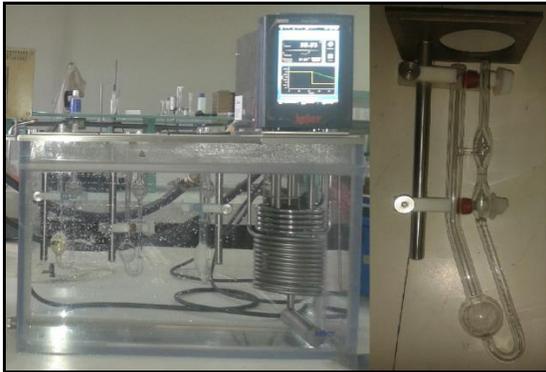


Figura 2. Baño térmico HUBER y viscosímetro Cannon-Fenske

La determinación del tamaño de partícula fue realizada en el equipo de HORIBA, SZ-100 (DLS).



Figura 3. SZ-100 (DLS)

La evaluación del poder calorífico superior se realizó con la bomba calorimétrica adiabática Gallenamp figura 4. Para obtener el poder calorífico inferior del combustible se utilizó la masa de agua de los productos combustionados y la masa de combustible utilizada en la prueba como lo detalla la ecuación 3.



Figura 4. Bomba calorimétrica adiabática

$$PCI_v = PCS_v - \frac{m_{H_2O}}{m_f} \Delta u_{vap}^0 \quad (3)$$

Donde el calor latente de vaporización del agua de los productos es 2305.1 kJ/kg [2].

El diseño de la investigación inicia a partir de un problema con ello se formuló la hipótesis, la cual, por conclusiones deductivas, se dirigió a una predicción. Para confirmar la hipótesis se planteó el experimento en el cual se utilizó instrumentos y técnicas de medición. Con el desarrollo de experimentos y ensayos se generaron resultados, los cuales fueron tratados con técnicas de análisis de datos, estos se escribieron en el reporte y a la vez se los puede considerar para una nueva hipótesis de acuerdo a los resultados alcanzados.

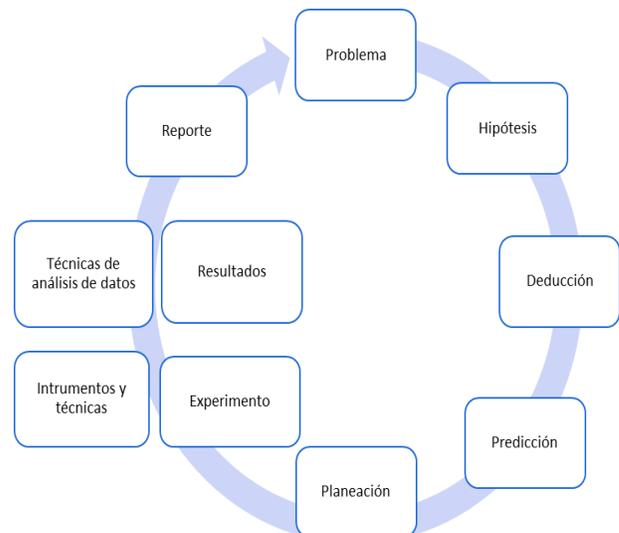


Figura 5. Diseño de la investigación

III. RESULTADOS

Con los valores de BHL de los surfactantes encontrados en las tabla 1 se procedió a calcular la proporción de las sustancias tensioactivas para obtener un BHL para la aplicación de la tabla 3 utilizando la ecuación 1 y 2. Considerando que los combustibles de origen fósil tienen entre sus principales componentes parafinas como lo menciona [2], hay que dirigir la atención a la tabla 3, el BHL requerido para esta aplicación es 4, siendo el compuesto A: nonil fenol de 6 moles y el compuesto B: ácido oleico, se obtiene:

$$\%_A = \frac{4 - 1 \times 100\%}{10.9 - 1}$$

$$\%_A = 30.30\%$$

$$\%_B = 100\% - 30.30\%$$

$$\%_B = 69.70\%$$

De acuerdo a los resultados calculados se requiere una formulación del 100%, el 30.30% del tensoactivo nonil fenol de 6 moles de óxido de etileno, y el 69.70% del tensoactivo ácido oleico, para obtener una mezcla de

Emulsión agua y diésel formulación y características físicas para su utilización en motores de combustión interna

tensoactivos que me permitan obtener un BHL apropiado para la aplicación que se requiere en esta investigación (4).

Estos porcentajes son base, para la formulación de la emulsión diésel - agua. En la formulación se añadió Kolliphor EL, que ayuda en la estabilización de la emulsión, de los resultados experimentales indicaron que las proporciones de Kolliphor (EL), desplegadas en las figuras 6, 7, 8 y 9, presentan los mejores resultados para la estabilización cada formulación.

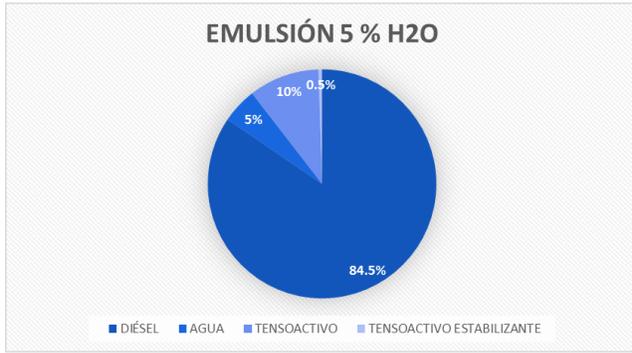


Figura 6. Porcentaje de componentes de emulsión diésel y 5 % de agua

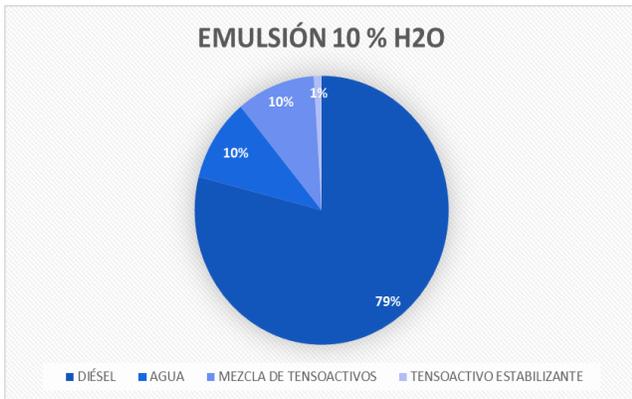


Figura 7. Porcentaje de componentes de emulsión diésel y 10 % de agua

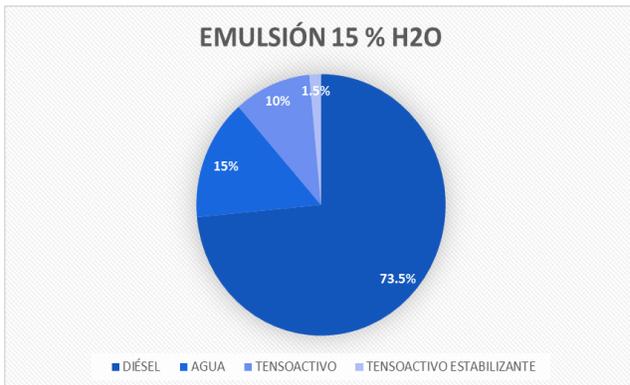


Figura 8. Porcentaje de componentes de emulsión diésel y 15 % de agua

Las emulsiones formuladas poseen 5%, 10%, 15% y 20% de agua, del 10% al 12% de la mezcla de tensoactivos y el resto de combustible diésel presentado en la figura 3,

donde los puntos generados en el diagrama trifásico de la emulsión presentan equilibrio del sistema figura 10.

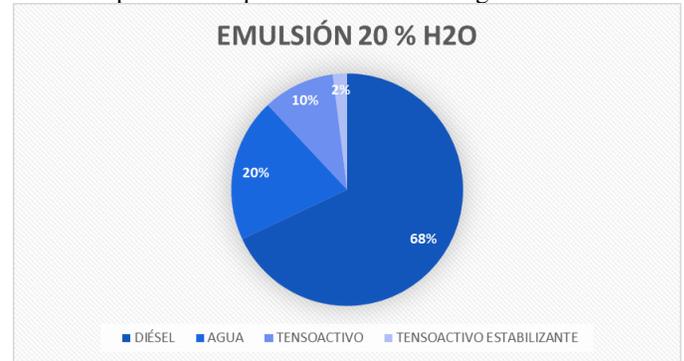


Figura 9. Porcentaje de componentes de emulsión diésel y 20 % de agua

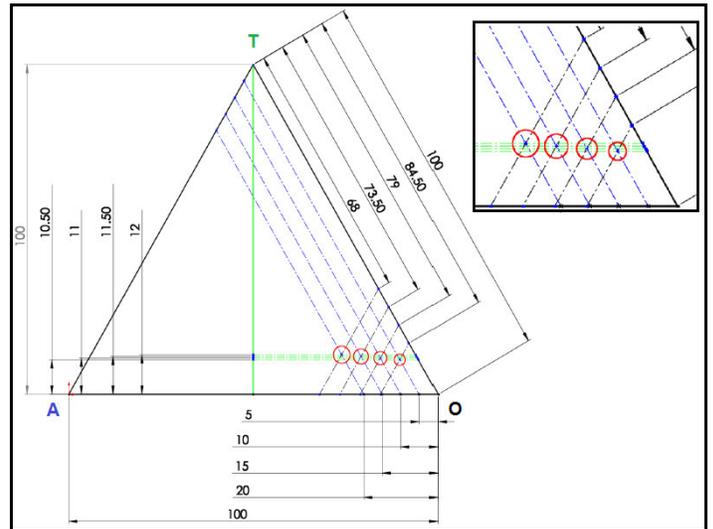


Figura 10. Diagrama trifásico agua/tensoactivos/diésel

El uso de Kolliphor (EL) generó excelentes resultados en la estabilización de la emulsión. Las mediciones de densidad y viscosidad del combustible diésel y las emulsiones preparadas se presentan en las figuras 11 y 13 donde existe incremento en el valor de estas propiedades al aumentar el porcentaje de agua en la formulación.

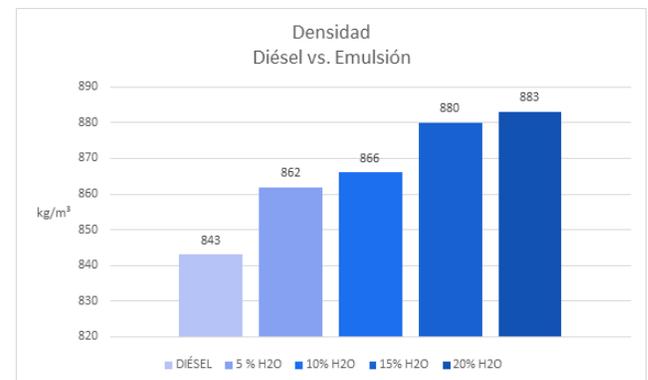


Figura 11. Densidad de diésel y emulsiones

Las pruebas de viscosidad se realizaron con datos registrados de experimentaciones, con ayuda de cálculos fueron comparadas con la figura 12 y con la norma NTE

INEN 2482 que presenta los requisitos para el biodiesel, debido a que en el Ecuador no existe una norma para las emulsiones de combustible, esta menciona que la viscosidad no debe sobrepasar de 5 mm²/s, a la temperatura de 40°C.

mayor viscosidad producirá gotas mayores que se queman con mayor dificultad [12].

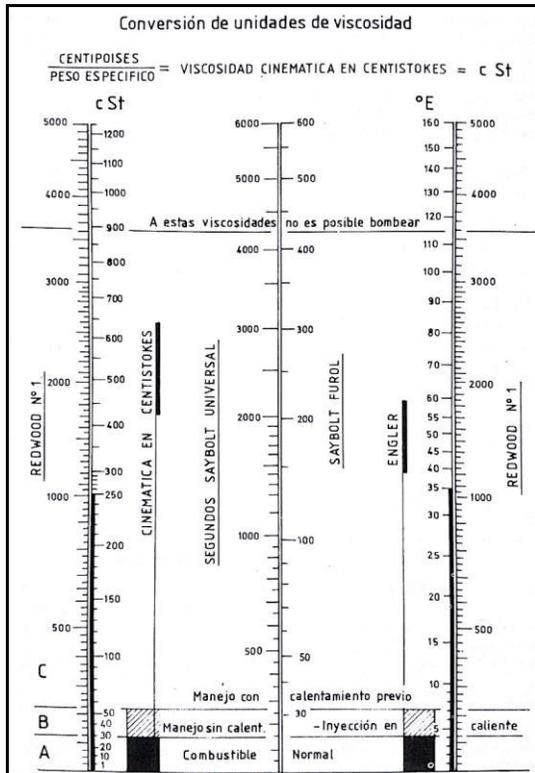


Figura 12. Ábaco de viscosidades de combustible

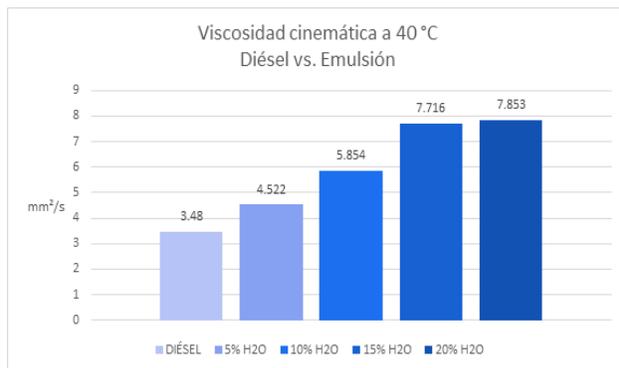


Figura 13. Viscosidad cinemática de diésel y emulsiones

Las propiedades físicas de las emulsiones son mayores a las del diésel puro, haciendo referencia para la viscosidad en la norma NTE INEN 2482:2009 (Requisitos biodiesel) [10], cumple con esta propiedad la emulsión con el 5% de agua, Millares de Imperial (1985) en su libro “Motores diesel inyección y combustión”, destaca que un combustible normal puede tener hasta 30 cSt para ser manejado sin calentamiento previo [11].

Ralbovsky señala que la viscosidad del diésel afecta directamente al modelo o patrón de pulverización del combustible, figura 14, en la cámara de combustión y a los componentes del sistema de inyección. Y el combustible de

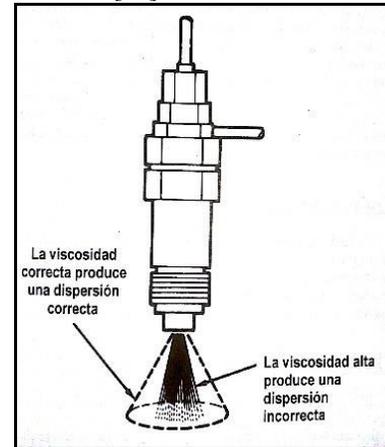


Figura 14. Viscosidad y pulverización

El poder calorífico superior e inferior del combustible se lo presenta en la figura 15.

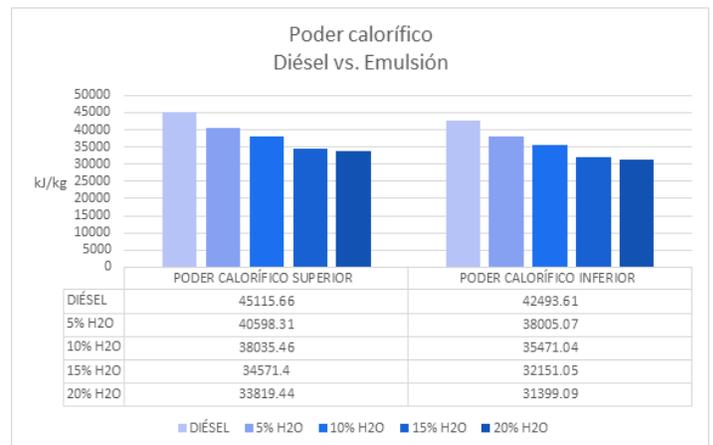


Figura 15. Poder calorífico de diésel y emulsiones

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en los ensayos se aprecia claramente el decremento del poder calorífico de combustible que varía con respecto al porcentaje de agua añadido en la emulsión, reportado también en [13].

El agua añadida en la formulación reduce la energía que puede entregar el combustible emulsionado al motor, pero según [5] el efecto de las micro explosiones causadas por la evaporación de la gasificación rápida del agua en la atomización provee beneficiosas ventajas [6].

El tamaño de partícula y la estabilidad observada en las emulsiones esta dado en la tabla 4 donde el menor tamaño es para las emulsiones con menor porcentaje de agua.

Tabla 4
Estabilidad y tamaño de partícula

Muestra	Estabilidad observada [Semanas]	Tamaño de partícula [nm]
Diésel y 5% H2O	4	9.8
Diésel y 10% H2O	4	11.2
Diésel y 15% H2O	4	13.2

Diésel y 20% H2O	4	14
------------------	---	----

El aspecto físico observado de la emulsión combustible se lo verificó en intervalos de 12 horas los mismos que después de cuatro semanas presentaron buenos resultados ya que no mostraron separaciones de las fases como se presenta en la figura 16.



Figura 16. Emulsiones agua/diésel

El tamaño de partícula se encuentra entre los que menciona [13], aproximadamente entre 10 nm, además la cantidad de tensoactivo utilizada en la formulación es elevada, considerando que después de las pruebas de viscosidad a 40 °C, por alrededor de una hora las emulsiones se mantuvieron estables.

IV. CONCLUSIONES

Se plantea las siguientes conclusiones para que puedan ser tomadas en consideración o como fuente de consulta:

En la elaboración de las emulsiones, el agua que se añade para la formulación de las emulsiones de combustible disminuye el valor calorífico del combustible reduciendo entre 4517 y 11296 kJ/kg, respectivamente para las emulsiones con el 5% y 20%.

La densidad de la emulsión incrementa de acuerdo a la cantidad de agua añadida, este valor afectaría en el consumo de combustible al momento que esta sea utilizada en un motor de combustión interna.

Luego de realizar las pruebas de viscosidad, la emulsión de combustible con el 20% de agua presenta incremento en su valor sobrepasando en 2.85 mm²/s al valor máximo permitido para un biodiésel según la norma NTE INEN 2882:2009.

La viscosidad que presenta el combustible emulsionado va a influir directamente en el patrón de pulverización, y producirá gotas mayores que serán quemadas con mayor dificultad en el momento de la combustión en el motor.

La mezcla de tensoactivos permite obtener excelentes resultados para realizar una aplicación específica de acuerdo al balance hidrofílico lipofílico que requiera la emulsión.

Las emulsiones de combustible pueden ser utilizadas como fuente de energía para motores de combustión ciclo diésel.

REFERENCIAS

- [1] Orovio, M. (2010). *Tecnología del automóvil*. Paraninfo: Madrid.
- [2] Payri, F., & Desantes, J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Valencia: Editorial UPV.
- [3] Bosch, R. (2005). *Técnica de gases de escape para motores Diesel*. Alemania: Bosch.
- [4] Lif, A., & Holmberg, K. (2006). Water-in-diesel emulsions and related systems. *Advances in Colloid and Interface Science*, 231-239.
- [5] Sudrajad, A., Hirotsugu, F., & Ismail, A. (2011). Experimental Study of Exhaust Emissions of W/O Emulsion Fuel in DI Single Cylinder Diesel Engine. *Modern Applied Science*, 73-79.
- [6] Pucuji, D. (2016). Investigación del potencial energético de la emulsión diesel y agua al 5-10-15 y 20 % con el uso de surfactante para determinar su influencia en los parámetros mecánicos y térmicos del motor de combustión interna. Latacunga.
- [7] Dantas, A., Fernandes, M., Barros, E., Castro, T., & Moura, M. (2011). Alternative fuels composed by blends of nonionic surfactant with diesel and water: engine performance and emissions. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 521-531.
- [8] Melo, E., Piloto, R., Goyos, L., Ferrer, N., & Errasti, M. (2013). Investigación experimental de las prestaciones de un motor monocilíndrico usando combustible diesel emulsionado. *Ingeniería Energética*, 11-20.
- [9] Romo, L. (1993). *Emulsiones Fundamentos Físicoquímico Formulación y Aplicaciones*. Quito: Editorial Universitaria.
- [10] Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). *Biodiésel requisitos*. Quito: INEN.
- [11] Millares de Imperial, J. (1985). *Motor Diesel Inyección y combustión (Segunda ed.)*. Barcelona: CEAC.
- [12] Ralbovsky, E. (2000). *Motores Diésel*. Madrid: PARANINFO.
- [13] Holmberg, K., Jönsson, B., Kronberg, B., & Lindman, B. (2003). *Surfactants and polymers in aqueous solution (Segunda ed.)*. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.
- [14] Kannan, T., & Marappan, R. (2011). Thevetia peruviana biodiesel emulsion used as a fuel in a single cylinder diesel engine reduces NOx and smoke. *Thermal Science*, 1185-1191.
- [15] Raheman, H., & Kumari, S. (2014). Performance and emissions of emulsified biodiesel operated diesel engine. *International Conference on Biological, Civil and Environmental Engineering*, 110-117.
- [16] Erazo, G. (2013). Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución. Latacunga.
- [17] Oliva i Herrera, M. (7 de mayo de 2009). *Tecnología farmacéutica i. Obtenido de Emulsiones: <http://ocw.ub.edu/farmacia/tecnologia-farmacéutica-i/fitxers/temes/T.21-Emulsions.pdf>*

Framework para el Diseño de Base de Datos Espacial

Framework for Spatial Database Design

Lucas Rogerio Garcés Guayta^a, Jaime Asqui Poma^b

^a Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

^b Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, Unidad de Tecnologías, Área de Desarrollo de Software
Correspondencia Autores: lrgarces@espe.edu.ec, eduardoasqui@gmail.com

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— El fin del presente trabajo de investigación es desarrollar e implementar un framework para transformar un sistema no relacional de shapes vectoriales a un sistema relacional con base de datos espacial centralizado, aplicado en el Sistema de Infraestructura Vial de la Provincia de Chimborazo denominado EAR Espacial. Se establece el modelo simplificado de la secuencia de pasos a seguir para el desarrollo del framework, al trasladar desde un archivo shape a una base de datos espacial, iniciando desde el análisis previo, siguiendo el modelo EAR, dentro del cual se siguen los cuatro pasos establecidos por Edgar F. Codd en la década de los 70 quien describió el modelo de base de datos relacional y estableció cuatro pasos fundamentales que inician con el identificar entradas, identificar relaciones, identificar atributos, y derivación de tablas; estos principios básicos se aplican y acoplan en el modelo denominado EAR Espacial con las peculiaridades propias de un diseño espacial de base de datos; posteriormente el análisis de la velocidad de respuesta así como el tamaño de la base de datos siendo estos dos últimos fundamentales para el adecuado funcionamiento de un Sistema de Información Geográfica. La investigación se refiere al desarrollo del framework para consolidar la base de datos espacial a partir de los shapefiles existentes dicho marco de trabajo estará en lo posible alineado con la realidad local; finalmente, la generación del diseño físico en el motor de Base de Datos espacial para su verificación y validación usando técnicas de métodos evaluativos cuantificables y de investigación definidos por comparativa referencial, investigación de campo, tabulación de resultados y discusión de los resultados.

Palabras Claves— Base de Datos Espacial, Sistema de información geográfica, Modelo EAR Espacial, Ingeniería de Software.

Abstract— In recent years, The purpose of this research is to develop and implement a framework to transform a non-relational vector system to a relational database system with centralized spatial data, the system applied in Road Infrastructure of the Province of Chimborazo called Space EAR shapes. the simplified model of the sequence of steps for the development of the framework, by moving from a shapefile to a spatial database, starting from the previous analysis, following the EAR model, in which the four steps are set Edgar F. Codd established by the 70s who described the model of relational database and established four key steps that begin with identifying inputs, identifying relationships, identify attributes and derivation tables; These basic principles apply and engage in the model called Space EAR with the characteristics of a spatial database design peculiarities; then the analysis of the response speed and the size of the database being these last two fundamental for the proper functioning of an information system Geographic. The research concerns the

development of the framework to consolidate the spatial database from the existing framework that will shapefiles as possible aligned with the local reality; finally, the generation of physical design engine spatial database for verification and validation techniques using quantifiable assessment methods and defined by reference comparative research, field research, tabulation of results and discussion of results.

Keywords— Spatial Database, Geographic Information System , Space EAR Model , Software Engineering.

I. INTRODUCCIÓN

El proceso de levantamiento de la Información Georeferenciada en shapes toma un tiempo extenso provocando los siguientes problemas:

Uso excesivo de disco. - La información almacenada en disco es más de lo que en forma óptima debería hacerlo, debido a que los registros o los campos se repiten innecesariamente, en los shapefile al ser una estructura lineal los datos deben ir en detalle, al ser un diseño no relacional, el espacio que ocupa es mayor del necesario, provocando exceso de datos, datos basura, duplicación de registros, entre otros inconvenientes propios del diseño no relacional.

No se garantiza la integridad referencial. - Así al eliminar un registro no se puede estar seguro de que dicho dato no afecte en forma sustancial al resto de la información, a la vez que de ninguna manera se garantiza que los datos puedan ser duplicados o corruptos.

Deficiencia en búsquedas. - No se pueden hacer búsquedas personalizadas rápidas a los datos para presentarlos a nivel gerencial. El tiempo para procesar los requerimientos de la alta gerencia es demasiado elevado, cuando esta información se la considera crítica y debería idealmente ser en tiempo real, y la persona que realice estos reportes no necesariamente debería ser un experto en el tema tratado.

Problemas en actualización. - Los shapefiles están almacenados en disco en cada computador de los técnicos que requieren de dicha información, por lo que los datos están disgregados y no se conoce exactamente cuál es el último archivo modificado y válido en su estructura. El objetivo del presente artículo es establecer el modelo simplificado de la secuencia de pasos a seguir para el desarrollo del marco de trabajo, y con ello trasladar desde

un archivo shape a una base de datos espacial, iniciando desde el análisis previo, siguiendo el modelo EAR, posteriormente el análisis de la velocidad de respuesta, así como el tamaño de la base de datos, hasta su finalización.

Diseñado el modelo se procedió a evidenciar la implementación del Framework desarrollado; para ello usando herramientas de desarrollo Open Source, secuenciamos los pasos a seguir para el traslado práctico de un shape que contiene la información del Sistema de Infraestructura Vial de la Provincia de Chimborazo a una Base de Datos Espacial, y finalmente, la validación del Framework desarrollado, con la correspondiente comprobación de la Hipótesis.

II. MODELO E-A-R

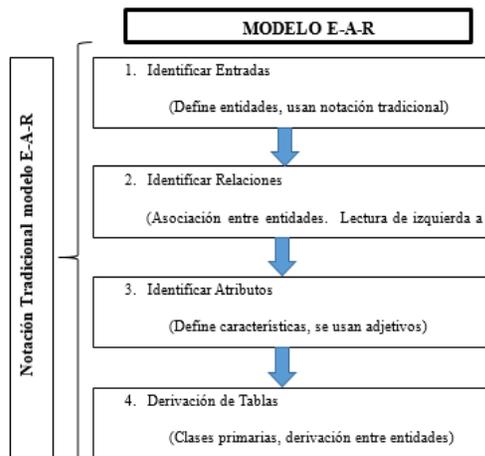


Figura1. Modelo EAR
Fuente: Fuente propia

Para el desarrollo del framework se va a utilizar el método EAR desarrollados por Edgar F. Codd (Sumathi & Esakkirajan, 2007) que es el modelo utilizado para el diseño de una base de datos y lo generalizaremos a una base de datos espacial. Sus ventajas son las siguientes:

Método de arriba-abajo. - la técnica funciona de lo general hasta el detalle, y ésta es una forma sencilla de proceder cuando se plantea cómo tratar un problema., se va a aplicar esta técnica analizando en primer lugar los datos alfanuméricos y posteriormente los de geoposicionamiento. (Kendall, 1997)

Visual. - El modelado EAR consiste esencialmente en una serie de diagramas que representan la estructura de un conjunto de datos, cada uno de los tipos van a ser representados con notación especial para diferenciar lo alfanumérico de lo espacial.

Simplicidad. - Aunque un análisis completo EAR puede resultar bastante exigente, el significado de los diagramas EAR simples se puede explicar de forma fácil a personas sin formación técnica, y especialmente útil para el uso de personas que no son expertas en el diseño de bases de datos; y como es el caso en el Gobierno Provincial su labor realmente es al trabajo con GIS. A veces, los diseñadores utilizan los diagramas EAR en discusiones preliminares con usuarios como un medio

para comunicar ideas, bastante útil para el fin que pretendemos, lograr que profesionales de otras áreas no especializadas en software, puedan elaborar bases de datos espaciales.

Podemos secuenciar el modelado EAR:

Identificar Entidades
Identificar Relaciones
Identificar Atributos
Derivación de Tablas

III. COMPROBACIÓN DEL PROBLEMA

Para la justificación del problema planteado en el presente estudio, se ha elaborado un instrumento de investigación el cual es una encuesta aplicado a los miembros del equipo de trabajo del Departamento de Planificación de Gobierno Provincial de Chimborazo

Se consideró un total de ocho preguntas relacionadas a los tres ejes problemas del almacenamiento en shapefiles y analizado los resultados provenientes de la encuesta, el 90% de los miembros del equipo técnico del Departamento de Planificación coinciden que tienen problemas con el manejo de los shapefiles en el inventario vial de la Provincia de Chimborazo dados especialmente por la no centralización de los archivos, la lentitud en las búsquedas de información, la inconsistencia de datos entre los diferentes archivos.

De los resultados de la encuesta podemos decir con certeza que el 100% de los encuestados apoyarían la solución a este problema con el desarrollo de una Geodatabase que centralice la información del Inventario Vial.

La evolución histórica que ha tenido los métodos y técnicas de almacenamiento en los Sistemas de Información Geográfica ha ido contribuyendo a la mejora de la administración de la información y consecuentemente con ello la optimización en la toma de decisiones de la alta gerencia. Los métodos de almacenamiento usados en los GIS han ahorrado tiempo y recursos en las empresas; que, a pesar de su elevado costo, implementarlo resulta más económico que no tenerlo. Conocer a detalle los métodos y técnicas de almacenamiento, así como los conceptos de GIS, mejoran la conceptualización en el desarrollo de este documento de investigación, paso importante y esencial para la consecución del trabajo.

IV. MODELO E-A-R ESPACIAL

El Modelo EAR define claramente pasos a seguir para el análisis y diseño de la Base de Datos, dicho modelo hemos generalizado y acoplado para desarrollar el framework; de tal modo que podemos llamar a nuestro modelo EAR Espacial, con algunas diferencias dadas por el tipo de datos espaciales con los que se va a trabajar. Para el Modelo EAR Espacial establecemos diferencias en cada uno de sus etapas y una notación diferente para la representación del modelo.

Es muy importante diferenciar dos aspectos clave

datos especialmente por la experiencia en el desarrollo de este tipo de bases de datos, y estos tienen que ver con la velocidad de respuesta y la proyección con la que se va a incrementar la Base de Datos; dentro del aspecto espacial y la administración que va a tener el SGDB que manipule los datos espaciales se debe considerar que debe ser el acceso lo suficientemente rápido como para que el usuario siga haciendo uso del sistema y mucho de esa velocidad depende del tamaño de las tablas a las que se va a consultar, así como del número de join que vamos a tener dentro de la consulta; de ahí que se debe ser sumamente cuidadoso con el diseño de Base de Datos Espaciales, de tal modo que si es necesario se debe subdividir tablas categorizadas por ejemplo por años para no acumular en una sola tabla demasiada información que al ser espacial tardaría demasiado tiempo en realizar una consulta y representar los datos.

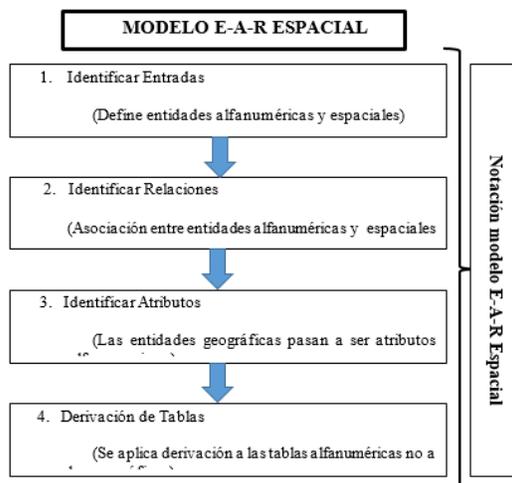


Figura 2.- Modelo EAR Espacial
Fuente: Fuente propia

A. Identificar Entidades

Como notación para entidades espaciales para efectos del framework en desarrollo vamos a usar el mismo símbolo pero con doble línea esta notación la escogemos dado que algunos autores usan esta particularidad para llamar a las entidades débiles en nuestro caso resulta ser así pues a continuación se desecha esta entidad.

B. Identificar Relaciones

Pueden existir muchas variantes en las lecturas, sin embargo como podemos ver debe existir una relación lógica entre las entidades a través de su relación, esto ayudará a evitar complicaciones en la decisión de establecer las relaciones entre las entidades.

En el modelo espacial, las relaciones que se establecen entre entidades las vamos a leer de arriba hacia abajo en lugar de izquierda a derecha y la relación entre las dos será una flecha de doble línea.

Cabe anotar que la relación no es en doble sentido, es decir la relación se establece de arriba hacia abajo y no viceversa. Un aspecto importante del modelado EAR Espacial es determinar el grado de relación. Aquí, grado se refiere al número de instancias (registros) que pueden participar en la relación. Las relaciones pueden ser bien uno-a-uno (1:1), uno-a-muchos (1:M) o muchos-a-muchos (M:N). Sin embargo, en el modelo espacial estas relaciones no son útiles, y simplemente se establece la que define de uno a uno; esto debido a que una ubicación geoespacial se corresponde exactamente a un solo lugar.

C. Identificar Atributos de las Entidades

Habiendo establecido entidades y relaciones, nos queda la tarea de asignar atributos a las entidades. En las descripciones escritas, los atributos aparecerán a menudo como adjetivos de los sustantivos. En el diseño de una base de datos espacial, es indispensable establecer y diferenciar los atributos que son alfanuméricos y los geoespaciales, aquí radica una de las más importantes diferencias y motivos del presente framework.

Para continuar con el desarrollo del framework, entonces todas las entidades en el apartado anterior consideradas espaciales, pasan a ser atributos de las entidades alfanuméricas, es decir, si en el apartado anterior yo conseguí definir las entidades, entonces ahora la entidad ubicación y la relación que tiene de uno a uno, se eliminan; y pasan a formar un atributo espacial de la entidad alfanumérica; para representar los atributos espaciales usamos la notación de un ovalo con doble línea.

De la derivación anterior definitivamente podemos concluir que no existen entidades espaciales, sino atributos espaciales. Las entidades espaciales pasaron a ser atributos espaciales de las entidades alfanuméricas. Los atributos espaciales pueden ser de tres tipos: punto, línea y polígono, que son los tipos de datos nativos que se usan en la georreferenciación, y que en el diseño físico de una base de datos se usa para expresar el tipo de dato que formará parte de la tabla de la base de datos.

D. Derivación de tablas

Aunque a la larga queremos derivar definiciones tabulares de los diagramas EAR, en este punto no podemos asumir que exista una relación directa entre entidades EAR y tablas en el Modelo Relacional, dado que existen todavía algunos problemas que deberíamos resolver antes. Aquí vamos a hacer referencia a tres extensiones del modelo básico EAR Espacial:

- Claves primarias o principales
- Datos Espaciales

1. Claves primarias o principales.

El Modelo Relacional insiste en que cada fila de una tabla debe ser identificada de forma única mediante una clave primaria. Esto no forma parte explícitamente del

proceso EAR Espacial, así que es necesario asegurarse de que dentro de los atributos asignados a cada entidad exista una clave primaria adecuada, esto quiere decir que en lo posible la clave primaria no debe ser un atributo espacial, dado el espacio de memoria usado y la dificultad de identificar dentro de la tabla dicho elemento; téngase en cuenta que mientras mayor sea el tamaño de la clave primaria que ocupa el espacio en memoria, mayor será el tiempo que tarde el SGDB tanto en indexar dicho elemento como en operar con él. En los casos en que no exista tal clave, el analista debe crear una clave ‘artificial’ en la lista de atributos. A menudo, estas claves impuestas serán simplemente una secuencia única de numeración, para efectos de nuestro framework esta recomendación es válida y sumamente útil para hacer eficaz los parámetros básicos en la operatividad de la Base de Datos.

2. *Atributos Espaciales.*

En el modelo que tratamos de representar debemos definir y establecer de forma clara, los atributos que se refieren a la ubicación en el espacio, los tipos de datos primitivos para el diseño de una base de datos espacial son el punto, la línea y el polígono, cada uno de ellos con capacidades especiales para ser representados en el mapa y con ello proveer un valor añadido a la entidad dentro del mundo real.

E. *Velocidad de Respuesta*

Una fase crítica de las bases de datos relacionales es que son lentas comparadas con otros métodos y la culpa recae sobre el hecho de haber sacrificado la funcionalidad a cambio de la generalización y facilidad de uso de los SGBDR. Esto puede ser cierto o no, pero sí está claro que para los diseñadores de grandes bases de datos como es el caso de los SIG es una gran preocupación durante el proceso del diseño asegurarse que los SGBDR funcionan con la mayor rapidez posible, por lo que se han desarrollado una serie de técnicas de mejora de la velocidad:

- Índices
- Selección de claves
- División de tablas
- Agrupación de tablas (Des-normalización)
- Optimización SQL

F. *Definición del tamaño de la Base de Datos*

Está claro que una de las mayores preocupaciones del diseño físico es determinar qué tamaño final puede alcanzar la base de datos y así saber qué capacidad de almacenamiento se requerirá.

Afortunadamente, el tamaño de una BD puede estimarse de forma aproximada con un procedimiento sencillo:

- Calcular el tamaño de cada tabla: La longitud de cada fila de datos puede determinarse fácilmente agregando el número de bytes (caracteres) que se han permitido para cada atributo y después multiplicando dicha cifra por el número de registros en la tabla.
- Calcular archivos índices: El tamaño real de cada archivo de índice variará dependiendo del método de indexación usado y de la longitud del atributo clave. Como regla general, sin embargo, puedes calcular que cada índice en una tabla será un 20% de la tabla.

Suma de tablas más previsión de crecimiento: El tamaño total de la BD será la suma de todas las tablas y los archivos de índice. Después, es prudente permitir al menos otro 20% para expansiones futuras.

V. VALIDACIÓN DEL FRAMEWORK

Para validar el framework desarrollado se han utilizado instrumentos útiles con tal fin. Dicha validación se sustenta con métodos evaluativos cuantificables y de investigación, que son los siguientes:

1. *Comparativa referencial.*

El framework desarrollado es aplicable en una etapa de producción, por lo que un procedimiento de mediciones se puede realizar comparando los diferentes indicadores establecidos para la comprobación de la hipótesis que van a ser evaluados sin el uso del framework cuando se usa exclusivamente archivos shape y el contraste con el uso del framework en una Base de Datos Espacial.

Establecimiento de métricas. - Las medidas que establezcamos para comprobar que se han ejecutado los indicadores y que realmente sean capaces de definir el comportamiento exitoso de lo que queremos efectivamente comprobar debería satisfacer los siguientes principios: Objetivas, Sencillas, Obtenibles, Válidas y Robustas.

El framework requiere mediciones sobre el producto terminado, y para ello vamos a usar la Base de Datos Espacial, que es el resultado de aplicar el marco de trabajo desarrollado, por lo que seleccionamos métricas para establecer los indicadores claramente definidos en el inicio de la investigación.

Entre los tipos de medidas establecidas para un producto Software o de almacenamiento, escogemos solo aquellas que realmente son prácticas y que cumplen las características mencionadas en una métrica. Por lo tanto, vamos a realizar medidas que nos proporcionan cuantitativamente resultados para compararlos y posteriormente los cualitativos con el fin de concluir en la comprobación de la hipótesis planteada. Las métricas seleccionadas son las siguientes:

a) *Almacenamiento en disco.*

Vamos a usar como métrica el tamaño que se usa para el almacenamiento en disco, en una comparativa basada en el archivo shape, y el valor que ocupa la Base de Datos Espacial. Con el fin de tomar referencias reales revisamos

el tamaño que ocupa de espacio en disco los archivos shape antes de cualquier tipo de procesamiento y los comparamos con el tamaño de espacio que ocupa luego de aplicado el framework en la Base de Datos Espacial.

De los resultados el archivo shape ocupa un espacio en almacenamiento menor casi en un 50% al de la base de datos después de aplicar el framework; sin embargo, se debe considerar que el archivo se distribuye para al menos 10 técnicos expertos en el Departamento de Planificación, por lo tanto, el resultado real que ocupa el archivo shape sería de:

$$8.68 \text{ MB} * 10 (\text{usuarios}) = 86.8 \text{ MB}$$

Que si comparamos los 86.8 MB a los 15 MB que ocupa la base de datos espacial, el ahorro del almacenamiento en disco es realmente exponencial.

b) Tiempo de respuesta en las búsquedas.

Aunque en la práctica están varios factores ligados al resultado tiempo que tarda una sentencia SQL en ejecutarse, tales como variables que tienen que ver con el diseño de la base de datos, velocidad de procesamiento, tamaño de la tabla. Sin embargo, hemos tomado como referente una consulta estándar a uno o dos tablas indexadas para una comparativa sencilla entre el tiempo que se demora una consulta SQL y el tiempo que se demora la misma consulta en un estimativo al hacerlo en el archivo shape o en el Excel generado por la herramienta o dentro del SIG Cliente.

Aplicamos una serie de 10 búsquedas vía consultas sql para el cálculo de nuestra tabla comparativa, las consultas que se hicieron se elaboraron de acuerdo al criterio técnico de un experto en GIS del Departamento de Planificación en el que se escogió los parámetros más comunes que se necesitan para revisar la información. Además de lo expuesto, estimamos que de acuerdo al número de registros existentes se tiene que tardar en buscar cada registro un estimativo de 2 milisegundos por cada tupla, por lo tanto, por cada dato que busquemos en el shape determinamos la milisegundos que nos demoramos en mostrarlo. De los resultados obtenidos se puede apreciar que la disminución de tiempo es en el orden de al menos el 50% de tiempo de ahorro.

c) Tiempo de generación de informes.

La importancia para generar informes o reportes de la información, es en sí realmente lo más crítico desde el punto de vista del usuario; para él debería ser transparente el trabajo que el desarrollador o expertos en GIS hace por detrás para conseguir un resultado, y dado la orientación gerencial que tiene el sistema propuesto, hemos considerado de vital consideración, el cálculo del tiempo que toma emitir un reporte desde el sistema, en una comparativa con el tiempo que toma generarlo manualmente, ya sea de la parte geográfica como de la alfanumérica. Basados en el mismo tiempo que tarda una sentencia sql para generar el informe, podemos determinar

el mismo tiempo adscrito en la tabla anterior es la misma al generar los informes correspondientes, de la misma manera con el tiempo que demora en generar el reporte en el shape.

d) Acceso masivo a la información

El acceso masivo a la información, se lo puede brindar mediante la publicación de los resultados en la web; basados en el número de visitas que tiene la página web institucional por día, podríamos concluir que ahora la información no es un privilegio de un grupo reducido de técnicos o personas, sino tiene un tinte público y masivo. El acceso a la página web institucional se da de acuerdo al registro de visitas que ascendió a 1887638 con un promedio diario de 1600 visitantes cada día.

e) Investigación de campo.

Finalmente vamos a realizar un análisis no solo cuantitativo sino también cualitativo orientado a la definición de los resultados de las métricas que se han establecido. Alineado con el método científico, la investigación de campo compone las prácticas y procedimientos para el levantamiento de conocimientos con el fin de determinar las realidades, necesidades, dificultades y practicidad de la investigación aplicada. Para ello usamos una encuesta online que se publicó dentro de la Intranet Institucional orientada a medir los resultados obtenidos con el desarrollo de la Base de Datos Espacial usando el framework, esta encuesta orientada al personal experto, y también a los que hacen uso del sistema en base a los indicadores establecidos en la variable dependiente.

Como resultado de la tabulación de la encuesta realizada, se determinó como resultado definitivo la mejora en los diferentes parámetros de medición usados para la comprobación y validación del presente trabajo de investigación.

VI. DISCUSIÓN

Acorde a los indicadores y las métricas establecidas claramente se puede afirmar que se ha optimizado el espacio de almacenamiento en disco, al centralizar la información del shape en una Base de Datos Espacial, usando el framework desarrollado en el presente trabajo de investigación; basta comparar los 15 MB usados en la Base de Datos creada en postgis vs los 86.8 MB que es el estimativo de uso en el archivo shape. También es importante y notorio la velocidad de respuesta en las consultas SQL realizadas como prueba; como referencia se asumió el doble en una búsqueda manual, ya sea en un archivo Excel, en el archivo shape o en el cliente SIG. Y finalmente, basados en las estadísticas a la página web de la semana precedente a la recopilación de la información, es evidente que se masifica la información cuantitativamente.

A su vez, los resultados obtenidos en la encuesta realizada al personal experto del Departamento de Planificación, en los cuatro puntos centrales que se refieren a los indicadores y las 8 preguntas orientadas a responder dichos indicadores; claramente se nota como el conjunto de

encuestados respondió afirmativamente en todas las preguntas efectuadas, lo que evidentemente comprueba la hipótesis planteada al inicio del presente trabajo de investigación en el que se demuestra que con el uso del framework para el diseño de la Base de Datos Espacial se optimiza el almacenamiento en disco en el Sistema de Infraestructura Vial de la Provincia de Chimborazo.

VII. CONCLUSIONES

La alta gerencia para la toma de decisiones, necesita información amigable e intuitiva para el desenvolvimiento de sus actividades; que un Sistema de Información Geográfica puede proveerlo, además que el costo de desarrollar un Sistema de este tipo, es bastante elevado; pero resulta más económico que no tenerlo.

Para la correcta consecución de cualquier Sistema Informático, depende en gran medida del tiempo que se le asigne al análisis previo; mucho más fácil es corregir en fases tempranas que en las posteriores; y las cuatro fases para el desarrollo del framework son claramente definidas y explicadas; sin embargo, no menos importante es la consideración adicional que debe tener en cuanto a velocidad de respuesta y futura expansión de la base de datos espacial.

Concluimos que el framework de desarrollo EAR Espacial si optimiza el almacenamiento en disco, agiliza las búsquedas, genera informes de manera rápida y permite un acceso masivo a la información.

REFERENCIAS

- [1] Sumathi, S., & Esakkirajan, S. (2007). *Fundamentals of Relational Database Management Systems*. Springer Science & Business Media.
- [2] Kendall, J. E. (1997). *Análisis y diseño de sistemas*. Pearson Educación.
- [3] Cabello, M. V. N. (s.f.). *Introducción a Las Bases de Datos Relacionales*. Editorial Visión Libros.
- [4] Capote, O. P. (2008). *INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE BASES DE DATOS*. Editorial Paraninfo.
- [5] Castillo, C. R. (2010). *Sistema Operativo GNU con Linux - Trisquel (Primera, Vol. 1)*. Ecuador: Martin Iturbide.
- [6] Chancay Zambrano, M., & Zambrano Arias, M. J. (2015). *Propuesta de un modelo de gestión de control interno para el GAD parroquial Ángel Pedro Giler del cantón Tosagua*. Recuperado a partir de <http://181.196.143.6/handle/123456789/766> (2015, mayo 20)
- [7] C. J. Date. (2001). *Introducción a los sistemas de bases de datos*. Pearson Educación.
- [8] Comas, D., & Ruiz, E. (1993). *Fundamentos de los sistemas de información geográfica*. Ariel.
- [9] Cornelio, E. R., Rivas, C. G., & Hernández, J. C. R. (2004). *Bases de datos relacionales: diseño físico: Orientada al DB2 para z/OS de IBM*. Univ Pontifica Comillas.

Modelado y análisis del bastidor y carrocería de una limusina escarabajo

Modeling and analysis of the chassis and bodywork of a limousine beetle

Guido Torres, Mauricio Cruz, Stalin Mena, Stalin Rosero, Roberto Vallejo, Danilo Zambrano

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Extensión Latacunga

Correspondencia Autores: grtorres@espe.edu.ec, gmacruz@espe.edu.ec, jsmena@espe.edu.ec
fernandorosero1811@gmail.com, vallejob.nelsonr@hotmail.com, vdzambrano@espe.edu.ec

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen- La presente investigación consistió en el modelado, diseño y construcción de una Limusina Volkswagen Escarabajo, que permitió rescatar un vehículo clásico para uso con fines turísticos, por lo que se decidió realizar una limusina que debe poseer confort, seguridad y un rendimiento adecuado.

Con la ayuda de un software CAD se inició la etapa del modelado para definir la forma de la limusina. Durante el proceso del análisis, se trabajó con la Norma INEN NTE 1323 puesto que no existe una norma que regule el diseño de este tipo de vehículo, con lo que se pudo obtener las cargas a las cuales estará sometido el bastidor, donde a través de un software CAE se pudieron obtener diferentes parámetros que garanticen dicho diseño.

Palabras claves— Carrocería autoportante, Limusina-Diseño, Soldadura, Vehículo Volkswagen

Abstract— The present research consisted in the modeling, design and construction of a limousine Volkswagen Beetle, that allowed rescue a vehicle classic for use with late tourist, by what is decided to make a limousine that must own comfort, security and a performance right.

With the help of a software CAD is began the stage of the modeling for define the form of the limousine. During the analysis process, they worked with the standard INEN NTE 1323 since there is a rule governing the design of this type of vehicle, which failed to get the loads which will be under the frame, where through a software CAE could get different parameters that ensure that design.

Keywords— Self-supporting body, Limousine Design, Welding, Vehicle Volkswagen

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento sintetiza el proceso de modelado y análisis del bastidor y carrocería de una limusina Volkswagen Escarabajo, rescatando a los vehículos clásicos para que sean utilizados por turistas nacionales y extranjeros que recorren el país satisfaciendo la demanda de movilidad turística.

La limusina debe poseer confort, seguridad y adecuadas prestaciones para sus ocupantes siendo este automotor útil para distintos tipos de eventos, para el cálculo de cargas que se aplicaran en el análisis estructural investigando y seleccionando la norma INEN NTE 1323 [3], se estudió reglamentos afines debido a la falta de normas específicas.

La limusina tendrá una capacidad para 6 ocupantes incluido el conductor y acompañante con un largo total de 5270 mm y un peso en vacío de 965 kg.

II. DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA CARROCERÍA

A. Herramientas computacionales

Se utiliza un software CAD y CAE los que nos van a facilitar el desarrollo de modelos tridimensionales (3D), obteniendo como ventaja la realización de cálculos rápidos y exactos que se han utilizados en el diseño y construcción. Dentro del análisis de elementos finitos.

B. Proceso de modelado

El proceso inicia realizando el bosquejo de la limusina Volkswagen Escarabajo, las primeras ideas se obtuvieron mediante el trazo de primeras líneas y curvas basadas en el diseño original del vehículo, identificadas en la figura 1, lo que se desea es conservar su originalidad y procedencia. Después se utilizó como referencia el modelo de una limusina Volkswagen Escarabajo fabricada en Reino Unido, a partir de este modelo y de los bosquejos realizados, se lleva a cabo el proceso de diseño.

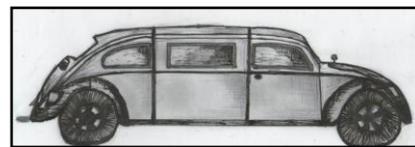


Figura 1 Bosquejos iniciales de la Limusina Escarabajo Unidades

Para el modelado se utiliza las medidas obtenidas en planos del fabricante, seguido de la verificación de las medidas originales, se determina una separación entre los planos en función de la geometría, se fusiona cada uno de estos para obtener como resultado un diseño en 3D de la carrocería compacta que viene a ser carrocería autoportante.

Con el diseño modelado de la carrocería original, se procede a realizar el corte en el eje transversal sobre la

zona central de unión del techo con los parantes de sujeción del habitáculo, logrando de esta manera obtener una separación entre la parte frontal y posterior del vehículo, como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Modelado y corte de Volkswagen Escarabajo

Mediante la obtención del corte realizado al modelado de la carrocería original, se procede a determinar las dimensiones de alargue, separando 120 centímetros desde el punto de corte entre la parte frontal y posterior, conservando el diseño de líneas y curvas gracias al proceso de extrusión de planos como se observa en la figura 3, a partir de este proceso se logra obtener el alargue para la construcción de la limusina Volkswagen Escarabajo.

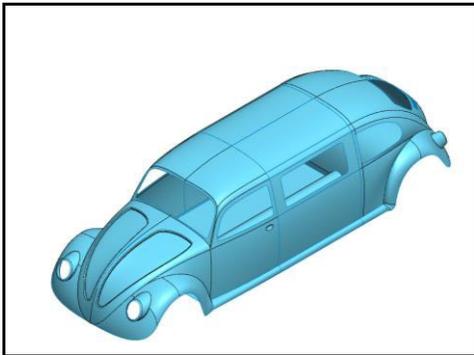


Figura 3. Isometría del modelado carrocería VW Escarabajo

C. Material seleccionado para la construcción de la estructura

En los catálogos de productos de IPAC y DIPAC, encontramos las distintas aplicaciones para planchas de acero estructural ASTM A 36, entre las cuales se detalla la fabricación de autopartes, pisos, etc. junto a la disponibilidad y costos son los aspectos que permitieron seleccionar dicho material, la tabla 1 se presenta las propiedades mecánicas.

Tabla 1
Propiedades mecánicas del Acero ASTM A36

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Módulo elástico	200000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0,26	N/D
Módulo Cortante	79300	N/mm ²
Densidad de masa	7850	kg / m ³
Límite de tracción	400	N/mm ²
Límite elástico	250	N/mm ²

D. Determinación de cargas

Se utilizó el método LRFD (Load Resistance Factor Design, “Carga y diseño de factor de resistencia”) el cual combina y factoriza las siguientes cargas: carga muerta (M), carga viva (V), carga de frenado (F), carga de aceleración brusca (Ab), carga de giro (G) y carga por resistencia al aire frontal (Raf.).

1. Carga muerta(M)

Para el cálculo de cargas muertas, se emplea el peso en vacío de la limusina Volkswagen Escarabajo igual a 965 kg, mismo que fue obtenido mediante el pesaje del vehículo sobre una báscula.

$$M = P_t * g \quad (1)$$

$$M = 965 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$M = 9466,65 \text{ N}$$

2. Carga viva (V)

Se necesita conocer el número de ocupantes que van a estar ubicados sobre la limusina, teniendo que son seis ocupantes distribuidos de la siguiente manera, dos ocupantes incluido el conductor en la parte delantera y cuatro en la parte del habitáculo posterior.

Según la norma INEN NTE 1323, específica que para el cálculo de la carga viva se tome como masa del ocupante un valor de 70kg y una masa mínima de equipaje de mano por pasajero de 5 kg.

$$V = P_p * N_p * g \quad (2)$$

$$V = 75 \text{ kg} * 6 * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$V = 4414,5 \text{ N}$$

3. Carga de frenado (F)

Para el cálculo de carga de frenado, se emplea la velocidad inicial de la limusina Volkswagen Escarabajo, valor igual a 50 km/h (13,89 m/s), siendo la velocidad máxima a la cual un vehículo puede circular dentro de la ciudad según la ANT (Agencia Nacional de Tránsito), tomando como velocidad final el valor de 0 km/h (0 m/s) el cual tendrá el vehículo al detenerse completamente y un desplazamiento que es la distancia recorrida durante 5 segundos, tiempo medido para que el vehículo con una velocidad de 50 km/h logre detenerse completamente.

$$F = M_t * a \quad (3)$$

$$a = ((V_f^2 - V_o^2)) / 2\Delta r \quad (4)$$

$$a = (((0)^2 - (13,89)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2) / (2 * 69,44 \text{ m}))$$

$$a = -1,3892 \text{ m/s}^2$$

$$F = M_t * a$$

$$F = 1415 \text{ kg} * (-1,3892 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 1965,59 \text{ N}$$

4. Carga de aceleración brusca (Ab)

Para el cálculo de carga de aceleración brusca, se emplea la velocidad inicial de la limusina igual a 0 km/h (0 m/s) debido a que el vehículo parte del reposo, velocidad final igual a 50 km/h (13,89 m/s), siendo esta velocidad la máxima que un vehículo puede circular dentro de la ciudad según la ANT, y desplazamiento que es la distancia recorrida durante 15 segundos, tiempo medido para que el vehículo logre llegar a una velocidad de 50 km/h partiendo del reposo.

$$Ab = M_t * a \quad (5)$$

$$A = ((V_f^2 - V_o^2) / 2\Delta r)$$

$$A = (((13,89)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 - (0)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2) / (2 * 208,33 \text{ m}))$$

$$a = 0,4630 \text{ m/s}^2$$

$$Ab = 1415 \text{ kg} * (0,4630 \text{ m/s}^2)$$

$$Ab = 655,19 \text{ N}$$

5. Carga de giro (G)

Para el cálculo de carga de giro, se emplea la velocidad de giro de la limusina Volkswagen Escarabajo, valor igual a 50 km/h (13,89 m/s), siendo la velocidad máxima a la cual un vehículo puede circular dentro de la ciudad según la ANT y el radio de giro obtenido a partir de la capacidad de la limusina para girar, mismo que se obtuvo al realizar la prueba con el vehículo sobre un campo abierto, sabiendo que se considera como radio de giro “la figura que describirá el radio formado por el recorrido de los neumáticos del vehículo cuando haya completado en su totalidad un giro” [6].

$$G = M_t * V^2 / r \quad (6)$$

$$G = 1415 \text{ kg} * (13,89 \text{ (m/s)}^2) / (7,75 \text{ m})$$

$$G = 35 225,67 \text{ N}$$

6. Carga por resistencia al aire frontal (Raf).

Para del cálculo de carga por resistencia al aire frontal, se emplea el “coeficiente de resistencia al aire frontal igual a 0,38 tomado de pruebas realizadas” [8], “la densidad del aire en la ciudad de Latacunga igual a 1,1774 kg/m³” [2], el área correspondiente a la proyección de la limusina en un plano perpendicular a su eje longitudinal igual a 1,8 m², valor obtenido de nuestro modelado en SolidWorks y el valor de la velocidad del aire especificado en la Norma NTE 1323.

$$Raf = (C_x * \delta * Af * V^2) / 2 \quad (7)$$

$$Raf = (0,38) (1,1774 \text{ kg/m}^3) (1,8 \text{ m}^2) ((25)^2 \text{ (m}^2/\text{s}^2)) / 2$$

$$Raf = 251,669 \text{ N}$$

E. Combinación de cargas método LRFD (Load Resistance Factor Design, “Carga y diseño de factor de resistencia”)

El método LRFD nos permite realizar el cálculo de cargas factorizadas las cuales al ser combinadas simularan el comportamiento del diseño del vehículo en condiciones extremas de funcionamiento. La tabla 2, muestra las ocho

combinaciones que la norma NTE INEN 1323 especifica según el método LRFD, por consiguiente, utilizaremos la segunda y tercera combinación ya que generan los valores de mayor magnitud.

Tabla 2
Combinación de cargas método LRFD

#	COMBINACIÓN	MAGNITUD	UNIDADES
1	1,4M + V	17667,81	N
2	1,2M + 1,6V + 0,5G	36036,01	N
3	1,2M + 0,5V + 1,6G	69928,3	N
4	1,2M + 1,6F + 0,8Raf	14706,26298	N
5	1,2M + 0,5V + 0,5F + 1,3Raf	12669,94614	N
6	1,2M + 1,5Ab + 0,5V	14550,02612	N
7	0,9M - 1,3Raf	8192,814975	N
8	0,9M + 1,3Raf	8772,95425	N

III. ANÁLISIS DE ESFUERZOS POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Utilizaremos la ingeniería asistida por computadora (CAE), para analizar el comportamiento de la estructura autoportante, empleando los valores de cargas y combinaciones de cargas anteriormente calculados para obtener valores de deformación total y unitaria, esfuerzo equivalente y factor de seguridad, para luego aplicar el método de elementos finitos y realizar el análisis de esfuerzos estructurales.

A. Mallado

Para el mallado de la estructura autoportante de la limusina Volkswagen Escarabajo, se utilizó el método cuadrilátero dominante (quadrilateral dominant), “a esta combinación dentro del método mencionado se denomina barrido de sólidos finos, esta distribución o variación de geometría dentro del proceso de mallado es realizada automáticamente por ANSYS” [4]. Para la limusina Volkswagen Escarabajo el mallado generó un total 27333 nodos y 26587 elementos con una calidad promedio [1] de 0,8166, como se observa en la figura 4.

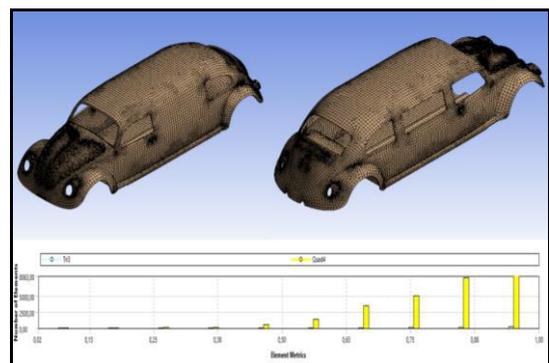


Figura 4. Mallado y calidad de malla de la limusina VW Escarabajo

B. Análisis de combinación de cargas

Por medio de las combinaciones de cargas según el método LRFD se realiza el análisis del comportamiento de la carrocería autoportante, los datos que nos representa

cada ecuación, es la multiplicación de los valores que se han obtenido al calcular cada combinación.

1. Combinación # 2

$$C_2 = 1,2 M + 1,6 V + 0,5 G \quad (8)$$

$$C_2 = 1,2 (9466,65) (N) + 1,6 (4414,5) (N) + 0,5 (35225,673) (N)$$

$$C_2 = 36.036,01 (N)$$

Se selecciona a los guardafangos posteriores como puntos de sujeción y la aplicación de las cargas se indica en la tabla 3.

Tabla 3

Paneles de aplicación y magnitud de cargas para combinación #2

Carga	Paneles de aplicación	Magnitud	Unidades
M	Piso	11 359,98	N
V	Piso	7 063,2	N
G	Paneles laterales	17 612,8	N

La figura 5 muestra las cargas aplicadas para el análisis de la combinación #2.

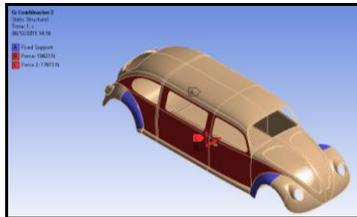


Figura 5. Aplicación de fuerzas para combinación LRFD #2

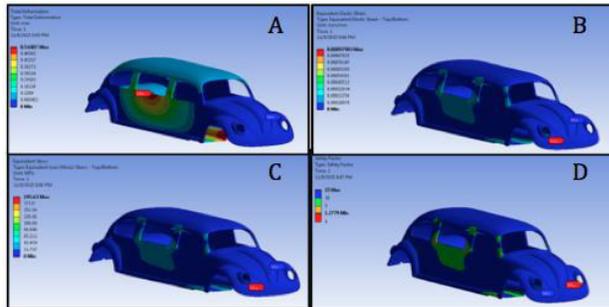


Figura 6. Análisis combinación #2, A) Deformación total. B) Deformación unitaria. C) Esfuerzo equivalente Von Mises. D) Factor de seguridad.

En figura 6, el literal A muestra la deformación total que sufre la carrocería autoportante con un valor máximo de 0,54407 mm, producida en la parte inferior del marco de la ventana de la puerta del habitáculo posterior, este parámetro se encuentra dentro del valor máximo de 21,95833 mm según la norma NTE INEN 1323, especificado en el ítem 5.1.4. El literal B muestra la deformación unitaria con un valor máximo de 0.00097903 mm/mm, producida en la parte inferior del capó, este valor se encuentra por debajo del valor permisible del material utilizado cuyo valor es 0,00125 mm/mm. En el literal C se muestra un valor máximo de 195,63 MPa, concentrado en la zona inferior del capó, este valor se encuentra por debajo del límite de fluencia del material empleado cuyo valor es

250 MPa. En el Literal D muestra el factor de seguridad de 1,2779, valor que se encuentra dentro del intervalo de 1,25 a 2, [5].

2. Combinación # 3

$$C_3 = 1,2 M + 0,5 V + 1,6 G \quad (9)$$

$$C_3 = 1,2 (9466,65) (N) + 0,5 (4414,5) (N) + 1,6 (35.225,673) (N)$$

$$C_3 = 69.928,3 (N)$$

Se selecciona a los guardafangos posteriores como puntos de sujeción y la aplicación de las cargas se indica en la tabla 4.

Tabla 4

Paneles de aplicación y magnitud de cargas para combinación #3

Carga	Paneles de aplicación	Magnitud	Unidades
M	Piso	11 359,98	N
V	Piso	2 207,25	N
G	Paneles laterales	56 361	N

La figura 7 muestra las cargas aplicadas para el análisis de la combinación #3.

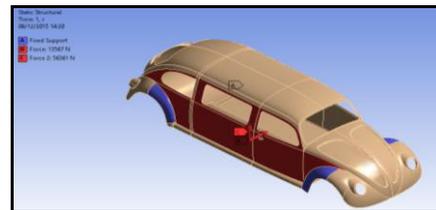


Figura 7. Aplicación de fuerzas para combinación LRFD #3

En figura número 8, el literal A muestra la deformación total que sufre la carrocería autoportante con un valor máximo de 0,5928 mm, producida en la parte inferior del marco de la ventana de la puerta del habitáculo posterior, este parámetro se encuentra dentro del valor máximo de 21,95833 mm según la norma NTE INEN 1323, especificado en el ítem 5.1.4. El literal B muestra la deformación unitaria con un valor máximo de 0.0011169 mm/mm, producida en la parte inferior del capó, este valor se encuentra por debajo del valor permisible del material utilizado cuyo valor es 0,00125 mm/mm. En el literal C se muestra un valor máximo de 223,19 MPa, concentrado en la zona inferior del capó, este valor se encuentra por debajo del límite de fluencia del material empleado cuyo valor es 250 MPa. En el Literal D muestra el factor de seguridad de 1,1201, según (Thk) (2006).

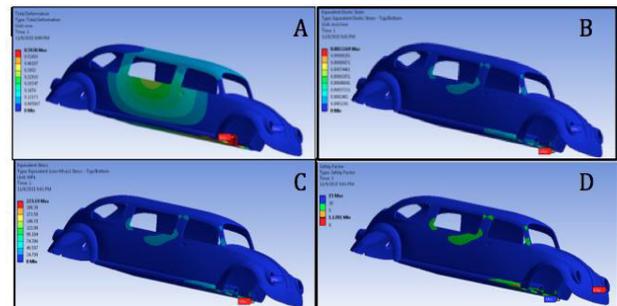


Figura 8. Análisis combinación #3, A) Deformación total. B) Deformación unitaria. C) Esfuerzo equivalente Von Mises. D) Factor de seguridad.

C. Comparación entre las combinaciones estudiadas

La tabla 5, muestra los resultados obtenidos después de analizar las dos combinaciones seleccionadas del método LRFD.

Tabla 5
Valores obtenidos en el análisis de las combinaciones

	Carga (N)	Def. total (mm)	Def. unitaria	Esfuerzo (MPa)	Factor de seguridad
Comb #2	36.036	0,54	0,00097	195,63	1,277
Comb #3	69.928,3	0,59	0,00111	223	1,12

Como resultado de las combinaciones se observa que el valor del factor de seguridad obtenido en la combinación # 3 es de 1,12, siendo este valor el más crítico entre las dos combinaciones que se encuentra dentro del intervalo de 1,0 a 4 según el catálogo general de la Guía LM permitiendo confiar en el diseño propuesto.

D. Impacto frontal

Para el impacto frontal se toma como referencia el peso en vacío de la limusina, el valor utilizado para la velocidad inicial es de 64 km/h (17,78 m/s), se considera como velocidad final luego del choque al valor de 29 km/h (8,233 m/s), mismos que se encuentran especificados por la norma europea EN 1317, aplicada por el programa de seguridad para automóviles EuroNCAP. El intervalo de tiempo aplicado para el análisis es de 0,1 segundos.

$$P_i = m \cdot v_1 \quad (10)$$

$$P_i = 965 \text{ kg} * (-17.78 \text{ m/s})$$

$$P_i = - 17157,7 \text{ Ns}$$

$$P_f = m \cdot v_2 \quad (11)$$

$$P_f = 965 \text{ kg} * (8,233 \text{ m/s})$$

$$P_f = 7944,845 \text{ Ns}$$

$$F_{imp} = \Delta P / \Delta t \quad (12)$$

$$F_{imp} = (P_f - P_i) / \Delta t$$

$$F_{imp} = (7944,845 \text{ Ns} - (- 17157,7 \text{ Ns})) / (0,1 \text{ s})$$

$$F_{imp} = 251 018 \text{ N}$$

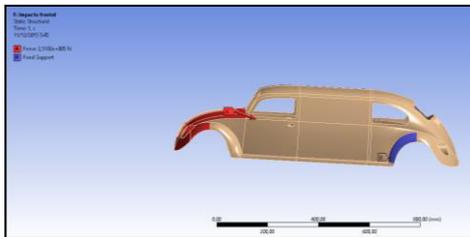


Figura 9. Determinación de paneles para impacto frontal

En la figura 9 muestra la selección del capó y guardafangos delanteros en la cual se aplica la fuerza para la determinación del impacto frontal que viene representada de color rojo, los puntos de sujeción se lo hacen en los

paneles posteriores que vienen representados de color violeta, a partir de estas restricciones se realiza el cálculo deseado sobre la carrocería de la limusina.

A través de la figura 10, se indica el resultado de la deformación total obtenido en el análisis de impacto frontal.

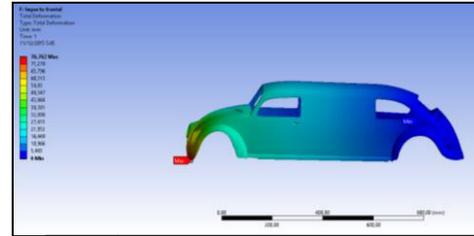


Figura 10. Ilustración deformación total de carrocería en impacto frontal

La deformación máxima obtenida es de 76,762 mm, producida en la parte inferior del capó, la deformación producida no afecta la integridad del habitáculo del vehículo, parámetro indicativo que permite garantizar la seguridad de los ocupantes.

E. Impacto lateral

Para el impacto lateral se toma como referencia una masa de 1500 kg, del vehículo que va a impactar a la limusina en su costado derecho, utilizando valores para la velocidad inicial de 64 km/h (17,78 m/s) y se considera como velocidad final luego del choque al valor de 29 km/h (8,233 m/s), mismos que se encuentran especificados por la norma europea EN 1317, aplicada por el programa de seguridad para automóviles EuroNCAP. El intervalo de tiempo aplicado para el análisis es de 0,1 segundos.

$$P_i = m \cdot v_1 \quad (13)$$

$$P_i = 1500 \text{ kg} * (-17.79 \text{ m/s})$$

$$P_i = - 26685 \text{ Ns}$$

$$P_f = m \cdot v_2 \quad (14)$$

$$P_f = 1500 \text{ kg} * (8.233 \text{ m/s})$$

$$P_f = 12349.5 \text{ Ns}$$

$$F_{iml} = \Delta P / \Delta t \quad (15)$$

$$F_{iml} = (P_f - P_i) / \Delta t$$

$$F_{iml} = (12349.5 \text{ Ns} - (- 26685 \text{ Ns})) / (0,1 \text{ s})$$

$$F_{iml} = 390.345 \text{ N}$$

En la zona lateral izquierda se aplica la fuerza para la determinación del impacto lateral que viene representada de color rojo, los puntos de sujeción se lo hacen en los guardafangos del lado derecho del vehículo que vienen representados de color violeta como se observa en la figura 11, a partir de estas restricciones se realiza el cálculo deseado sobre la carrocería de la limusina.

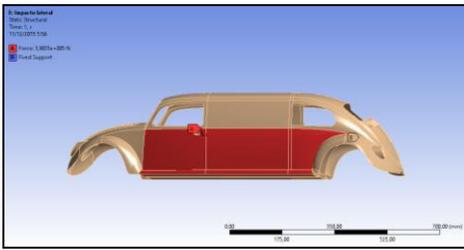


Figura 11. Puntos de sujeción y selección de paneles para el impacto lateral

A través de la figura 12, se indica el resultado de la deformación total obtenido en el análisis de impacto lateral.

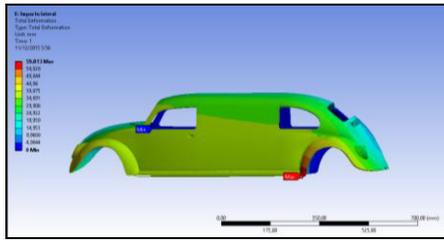


Figura 12. Ilustración deformación total de carrocería en impacto lateral

La deformación máxima obtenida es de 59,813 mm, producida en la parte inferior del guardafango posterior izquierdo, la deformación producida no afecta la integridad del habitáculo, parámetro indicativo que permite garantizar la seguridad de los ocupantes.

IV. CONCLUSIONES

- El análisis de impactos se realizó en función de ensayos y parámetros europeos, a partir de ellos se obtuvo una deformación total máxima de 76,762 mm, la deformación producida no afecta la integridad del habitáculo, parámetro indicativo que permite garantizar la seguridad de los ocupantes en dichos sucesos.
- Las cargas aplicadas dentro del análisis estructural se seleccionaron acorde al método LRFD, especificado en la norma INEN 1323, en ellas el factor de seguridad es de 1,12, siendo este valor el más crítico entre las dos combinaciones, esto permite comprobar que el diseño soportara los esfuerzos a los que va a estar sometido.
- Se modeló y diseñó el bastidor y la carrocería de la limusina escarabajo con la utilización de SolidWorks 2015 y ANSYS 16 obteniendo una calidad de mallado de 0,8166.
- Se investigó y analizó las normas y reglamentos afines relacionados al diseño y construcción de carrocerías y automóviles, debido a la falta de una norma específica para limusinas.

REFERENCIAS

- [1] ANSYS. (11 de 2013). ANSYS Meshing User's Guide. Canonsburg.

- [2] Campaña, G. P. (2006). Diseño y construcción de un radiador de automóvil para el Chevrolet Corsa 1300 y elaboración de un software para el diseño. Latacunga.
- [3] INEN. (2009). Vehículos automotores, carrocerías de buses, requisitos. Quito.
- [4] Mera, D. (2015). Barrido de sólidos finos. En Análisis, simulación y evaluación de los esfuerzos y deformaciones, entre el método analítico y el método de elementos finitos de una compuerta tipo vagón para desagüe de fondo (pág. 95). Guayaquil.
- [5] Mott, R. L. Factores de diseño. En Diseño de elementos de máquinas (pág. 185). México, D.F.: Person.
- [6] Lamsako. (2008). Wikipedia. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Radio_de_giro_\(veh%C3%ADculos\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Radio_de_giro_(veh%C3%ADculos)): [recuperado el 25/10/2015].
- [7] Phillips, C. W. (07 de 04 de 1987). METHOD OF CONVERTING A SEDAN TO LIMOUSINE. Obtenido de <https://www.google.com/patents/US4654946>: [recuperado el 07/11/2015].
- [8] Randroide. (2006). Categoría: Anexos: Automoción. Obtenido de Anexo: Cx de automóviles; https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:CX_de_automoviles: [recuperado el 19/11/2015].
- [9] Saltos Alvarado, A. K. (23 de 07 de 2013). Repositorio Digital UTA. Obtenido de Los impactos económicos sociales en el turismo rural del cantón Ambato: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456788/4910>; [recuperado el 19/11/2015].

Uso del paradigma de Línea de Productos de Software (SPL) en Aplicaciones Móviles Sensibles al Contexto

Use the paradigm of Software Product Line (SPL) in Mobile Context-Aware Applications

Patricio Espinel

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga
Correspondencia Autor: gpespinel@espe.edu.ec

Recibido: agosto 2016, Publicado: diciembre 2016

Resumen— En este artículo exploramos los diferentes enfoques de la aplicabilidad del paradigma de la Línea de Productos Software (SPL) en el desarrollo de sistemas adaptables para dispositivos móviles. En particular, las aplicaciones móviles sensibles al contexto, las mismas que consideran la posición del usuario como un aspecto relevante para brindar servicios o información, es decir que tienen que supervisar los eventos y la información proveniente de su entorno y reaccionar en consecuencia. Al mismo tiempo, observamos que un número importante de aplicaciones móviles comparten varias características en cuanto a su arquitectura, comunicación, almacenamiento e interfaces. Esto nos lleva a considerar que los sistemas sensibles al contexto también pueden beneficiarse del paradigma de la SPL.

Palabras Claves— Línea de Productos de Software, SPL, Modelo de la Variabilidad, Movilidad, Sistemas Sensibles al Contexto.

Abstract— Software Product Line, SPL, Variability Modeling, Mobility, Context-aware Systems.

Keywords— In this paper we explore the different approaches of applicability of the Software Product Line (SPL) paradigm into the development of adaptable systems for mobile devices. Specifically, mobile context-aware applications which consider the user position as a relevant aspect in order to give services or information, i.e. they have to monitor the events and information coming from its environment and react accordingly. At the same time, we notice that an important number of such mobile applications share several characteristics regarding its architecture, communication, storage and interfaces. This leads us to consider that context-aware systems can also benefit from the SPL paradigm.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de software han ido evolucionando independientemente de cuál sea su dominio de aplicación, actualmente nos encontramos con aplicaciones que pueden brindar servicios de acuerdo a la ubicación del usuario, la hora actual, el perfil de usuario y la conectividad [1]. Este tipo de aplicaciones que brindan estos servicios se las conoce como sistemas sensibles al contexto, las cuales predominan en los nuevos dispositivos móviles (por

ejemplo, teléfonos móviles, PDAs) que están continuamente presentes en nuestras tareas diarias [2].

Los sistemas sensibles al contexto son parte de una amplia gama de sistemas dentro de la computación ubicua [3]. Estos sistemas utilizan la información del contexto para proporcionar servicios e información relevante a los usuarios. En las diferentes situaciones del contexto, los usuarios pueden acceder a otros datos y explotar los diversos aspectos de una aplicación. Por ejemplo, cuando un turista llega a un nuevo lugar y accede a una aplicación de guía turística móvil en su teléfono inteligente, espera que las visitas recomendadas se basen en sus preferencias y ubicación [4].

Las SPL tienen como objetivo administrar y construir múltiples productos de software a partir de un conjunto de assets previamente desarrollados y probados. Un asset se entiende como cualquier artefacto de software que se puede emplear en el desarrollo de una aplicación. En la ingeniería de la SPL, se identifican los aspectos comunes y variables a través de un conjunto de aplicaciones (es decir, la familia de productos), de manera que los assets puedan desarrollarse y utilizarse para crear diferentes productos [5]. Además, este paradigma ha demostrado ser una forma eficaz de hacer frente a las necesidades de los diferentes usuarios [6].

Aunque, la mayoría de los enfoques de la SPL se han centrado en el desarrollo de productos configurados estáticamente utilizando los assets con los puntos de variación [7]. Todas las variaciones se instancian antes de que un producto se entregue a los clientes. Por lo tanto, estos enfoques proporcionan una adaptación en tiempo de desarrollo en la que se han generado diferentes versiones de la aplicación de acuerdo con los clientes y las características específicas del entorno de ejecución [2].

Por ejemplo, una aplicación móvil tal como una guía turística está destinada a ejecutarse en una variedad de dispositivos móviles y adaptarse a las diferentes preferencias del usuario. Por lo tanto, si se utiliza la adaptación en tiempo de desarrollo, el número de versiones aumentará exponencialmente. Los dispositivos móviles

tienen limitada memoria, almacenamiento y procesamiento, y no siempre es posible cargar al mismo tiempo todos los componentes necesarios para todos los contextos de ejecución [2].

Este enfoque estático no es adecuado para hacer frente al dinamismo de las aplicaciones sensibles al contexto porque necesitan una adaptación en tiempo de ejecución en la que las aplicaciones ajusten su comportamiento de acuerdo con los cambios del contexto. El desarrollo de aplicaciones sensibles al contexto debería beneficiarse del concepto de la SPL en términos de reutilización y configuración. Sin embargo, presenta nuevos desafíos para la ingeniería de la SPL [8].

El principal desafío de la ingeniería de la SPL respecto a las aplicaciones sensibles al contexto es poder manejar adecuadamente la variabilidad en los sistemas adaptativos, muchos [9, 10] abogan por el uso de las técnicas de la SPL debido a los beneficios complementarios de ambos conceptos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es explorar la aplicabilidad del paradigma de la SPL para el desarrollo aplicaciones móviles adaptables, a través del análisis de las diferentes contribuciones.

El resto de este documento se divide en tres secciones, además de esta introducción. En la Sección 2 la revisión literaria de las técnicas para el modelado de la variabilidad de las SPL para la construcción de sistemas adaptables es presentada. Los resultados del análisis de la revisión literaria se detallan en la Sección 3. Por último, las conclusiones son descritas en la Sección 4.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

EL objetivo de esta sección es dar una idea de cómo se trata el modelado de la variabilidad en la SPL para el desarrollo de aplicaciones móviles sensibles al contexto y por lo tanto tener una mejor comprensión de las diferentes técnicas presentes en la literatura. En esta sección describimos aspectos relacionados al modelado de la variabilidad. Comentamos algunos conceptos a tener en cuenta en la documentación de la variabilidad, los que han sido propuestos a lo largo de las investigaciones en esta área. Por último, presentamos de forma breve algunas técnicas de modelado propuestas en los últimos años.

A. *Propuesta modelos de características*

Existe en la literatura un gran número de técnicas para modelar la variabilidad de la SPL. Las más conocidas son los modelos de características y se basan en el método de análisis FODA (Feature-Oriented Domain Analysis) [11], por ejemplo, Kang et al. [12] y Griss et al. [13] presentaron los métodos FORM (Feature-Oriented Reuse Method) y Feature-RSEB (Reuse-Driven Software Engineering Business) como extensiones del método FODA; Gulp et al. [14] propusieron una extensión a Feature-RSEB, en la que

añaden informaciones extras a los modelos; Eriksson et al. propusieron el PLUSS (Product Line Use case modeling for System and Software engineering) como una extensión de Feature-RSEB [15], en la que combinan diagramas de características (Feature Diagram) y diagramas de casos de uso para representar la SPL en una visión de alto nivel.

B. *Propuesta otras técnicas para el modelado de la variabilidad*

Otras técnicas para el modelado de la variabilidad, por ejemplo, El OVM (Orthogonal Variability Modeling) es una metodología propuesta por Pohl et al. [16] para el modelo de la variabilidad en las SPL, que propone un modelo de variabilidad separado de los artefactos de la SPL; COVAMOF es un framework para el modelado de SPL que modela la variabilidad en términos de puntos de variación (variation points) y dependencias (dependencies) en diferentes niveles de abstracción [17]; Klaus Schmid e Isabel John [18] proponen una técnica para el modelado de la variabilidad en la que las características variables son capturadas en modelos de decisión (decision models); Decisionking es una herramienta para el modelado de la variabilidad propuesta por Dhungana et al. [19], la que permite crear herramientas para el modelado de la variabilidad para diferentes dominios y organizaciones; VSL (Variability Specification Language) fue presentado en [20] el autor propone un modelo general para la variabilidad, en el que considera que la variabilidad en las SPL debe ser abordada en dos niveles de abstracción: el nivel de especificación (specification level) y el nivel de realización (realization level).

C. *Propuesta de Kramer*

Kramer en [21], propone ayudar a integrar el modelado del contexto, las características y sus dependencias con las plataformas de hardware y firmware. Para complementar esto, un DSL (Domain Specific Languages) será definido como el método de expresión del modelo, el cual puede entonces proporcionar transformaciones de modelo a código suministrando apoyo a la derivación de productos en las SPL para móviles sensibles al contexto. Esta derivación de productos necesitará manejar diferencias de versión de la plataforma, diferencias de hardware y diferencias del contexto.

D. *Propuesta CANDEL*

En [4], Jaroucheh et al. presentan CANDEL, un framework genérico de representación de la información del contexto que tiene en cuenta el entorno como una línea de productos dinámica compuesta de primitivas de contexto (context primitives CPs). El framework se fundamenta en técnicas de la SPL que se utilizan junto con la ontología OWL (Ontology Web Language) para definir CPs y generar dinámicamente el modelo del contexto actual. Además, usando Petri-Nets, también se muestra cómo este

framework se utilizará para soportar las aplicaciones ubicuas adaptivas sensibles al contexto.

E. Propuesta de Medeiros et al.

Medeiros et al. en [22], presentan un enfoque sistemático para diseñar arquitecturas de la línea de productos orientadas a servicios, el cual combina los conceptos de la SPL y la SOA (Service-Oriented Architecture) centrándose en aumentar la reutilización y flexibilidad, y apoyando la personalización durante el desarrollo de sistemas orientados a servicios.

F. Propuesta de Perrouin et al.

En [23], Perrouin et al. proponen una SPL basada en el AOM (Aspect Oriented Modeling). En su propuesta, las variantes se especifican gracias a los fragmentos del modelo y la derivación de productos se realiza automáticamente fusionándolos entre sí.

G. Propuesta de Hallsteinsen et al.

En [6], Hallsteinsen et al. utilizan las técnicas de las líneas de productos para la construcción de sistemas adaptables. En su propuesta, los sistemas se implementan utilizando la arquitectura basada en componentes y el modelado de la variabilidad, y delegan la complejidad de la adecuación a una plataforma de adaptación reutilizable.

H. Propuesta de Salifu et al.

En [24], Salifu et al. proponen un enfoque de variabilidad para las familias de productos software que se ocupan de la sensibilidad del contexto. Vinculan los requisitos a la arquitectura de software utilizando los paradigmas de la familia de productos, pero no soportan la integración del contexto en la plataforma de ejecución.

I. Propuesta de Hartmann et al.

En [25], Hartmann et al. proponen el concepto de un modelo de variabilidad del contexto que contiene los principales factores de variación (por ejemplo, diferentes regiones geográficas). Este modelo restringe al modelo de características para elegir una dimensión en el espacio del contexto. Este modelo de variabilidad del contexto se mantiene como un medio estático para gestionar una derivación de productos de acuerdo con una descripción de la variabilidad ortogonal.

J. Propuesta CAPucine

Finalmente, en [26], Parra et al. presentan CAPucine una DSPL (Dynamic Software Product Line) para construir aplicaciones orientadas a servicios y su adaptación en tiempo de ejecución de acuerdo con el contexto utilizado.

Su enfoque es homogéneo con dos procesos diferentes para las fases inicial e iterativa de la derivación de productos. En primer lugar, proponen un asset sensible al contexto que introduce alternativas en la SPL y que se considera en tiempo de ejecución. En segundo lugar, se basan en un conjunto de técnicas de realización de la variabilidad por el camino de las herramientas sensibles al contexto, como COSMOS y las herramientas de reconfiguración dinámica como FraSCAti.

III. RESULTADOS

En el ambiente ubicuo, es esencial para las aplicaciones informáticas ser sensibles al contexto. Sin embargo, uno de los principales retos es el establecimiento de un genérico y dinámico modelo del contexto. Existen muchos enfoques diferentes para modelar el contexto, sin embargo, una aplicación y un dominio de diagnóstico sensible al contexto, que capture los distintos tipos de información del contexto y la dependencia entre ellos, que podrían ser reutilizados y compartidos por las diferentes aplicaciones, y que puedan ser dinámicamente modificados cuando un cambio de posición se produce, no se encuentra. Por lo tanto, existe interés en la definición de una estructura para la gestión dinámica de la información del contexto.

En 1990 Kang et al. presentaron los modelos de características por primera vez. A partir de entonces han sido muchas las extensiones y mejoras que se han propuesto sobre dichos modelos que han intentado incrementar su capacidad expresiva. Actualmente estos modelos son considerados una de las más importantes contribuciones para la ingeniería de las SPL. No obstante, dichos modelos no son la única forma de representar las SPL, existen otras propuestas en la literatura con este mismo objetivo. Una de ellas es OVM, sus autores proponen un modelo específico para documentar la parte variable entre los productos. En sus recientes publicaciones presentan algunos trabajos que han sido desarrollados en el contexto del análisis automático.

Los enfoques basados en la SPL por lo general proponen un desarrollo de software sistemático basado en una familia de productos, lo que puede beneficiar al desarrollo de software sensible al contexto en términos de reutilización y capacidad de configuración. UbiFEX [4, 21] se ha presentado como una notación del modelo de características para las SPL sensibles al contexto. Esta notación permite la configuración de un producto específico para la regla del contexto, pero no termina la necesidad de modelar el sistema completo combinando características y contextos.

Se han propuesto enfoques como MDA (Model Driven Architecture) para el desarrollo de software sensible al contexto. Así como CAMEL (Context Awareness Modeling Language) [21, 27], y un diseño de DSL que ofrece un método para el modelamiento de los comportamientos dependientes del contexto para la etapa inicial de desarrollo de software. Los Autores han señalado

que actualmente el lenguaje no maneja el modelado de transformaciones a código ejecutable.

La SOA cuyos logros recientes han permitido el desarrollo de los sistemas móviles [26, 28] y las SPL son dos paradigmas arquitectónicos que reciben bastante interés por parte de los investigadores. A lo largo de las décadas pasadas ambas estrategias se aplicaron a grandes proyectos revelando muy buenos resultados en función de las características como la flexibilidad y el reúso.

Sin embargo, existieron algunas limitaciones como la dependencia de las tecnologías y las plataformas para las líneas de productos, así como la ausencia de mecanismos de personalización y reutilización de los artefactos en el caso de las arquitecturas orientadas a servicios.

La DSPL, llamada CAPucine [5] para Línea de Productos Orientada a Servicios Sensible al Contexto, propone un enfoque unificado que soporta el ciclo de vida completo de software: desde la selección de las características y la derivación inicial de productos, para la adaptación en tiempo de ejecución en respuesta a los cambios en el entorno de ejecución. Es un enfoque completo para el diseño y la implementación de la DSPL (Fig. 1), se basa en dos procesos diferentes para la derivación de productos. El primer proceso utiliza assets que representan las características de la familia de productos. Los assets, representados como modelos, se integran y se transforman con el fin de generar el producto. El segundo proceso se refiere a la adaptación dinámica. Este proceso introduce assets sensibles al contexto que operan en tiempo de ejecución. Estos assets sensibles al contexto contienen tres tipos de datos: el contexto en el que los assets pueden ser modificados, el lugar donde los assets deben ser aplicados y el cambio que debe ejecutarse. La realización de estos assets sensibles al contexto combina dos plataformas en tiempo de ejecución. Por un lado, COSMOS es un framework sensible al contexto conectado al entorno mediante el uso de sensores. Por el otro lado FraSCAti es una plataforma de la SCA (Arquitectura de Componentes de Servicios) con propiedades dinámicas que permite enlazar y desenlazar los componentes en tiempo de ejecución [26].

La SOA sigue un enfoque de reutilización y composición de servicios mientras que la SPL corresponde a un enfoque de construcción y descomposición. Pocos enfoques de investigación recientes enfatizan en una conciliación entre la SPL y la SOA. Se pretende el uso del paradigma SPL para construir sistemas sensibles al contexto basados en servicios SOA, a fin de permitir un desarrollo completo de servicios desde los requisitos hasta la implementación y una gestión del contexto a lo largo del ciclo de vida del software.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se ha identificado que existen varios enfoques en la literatura que aplican el paradigma de la SPL para el desarrollo de sistemas adaptables para dispositivos móviles. Además de los

conocidos modelos de características, se han estudiado otras propuestas y se ha constatado que la mayoría de ellas no poseen una representación formal y que cada una posee sus propios conceptos para modelar la variabilidad. Las publicaciones acerca de estas propuestas se han escrito desde diferentes puntos de vista, lo que dificulta su comparación.

Los modelos de expresión de la variabilidad que se generan en el desarrollo de una SPL pueden tener una gran cantidad de características y un gran número de combinaciones entre ellas. Por lo tanto, es prácticamente imposible gestionar grandes modelos sin la ayuda de herramientas. El análisis automático de los modelos de variabilidad es un gran reto en este campo de investigación. En los últimos años se han presentado algunas propuestas para el análisis automático, la mayoría de ellas orientadas hacia los modelos de características.

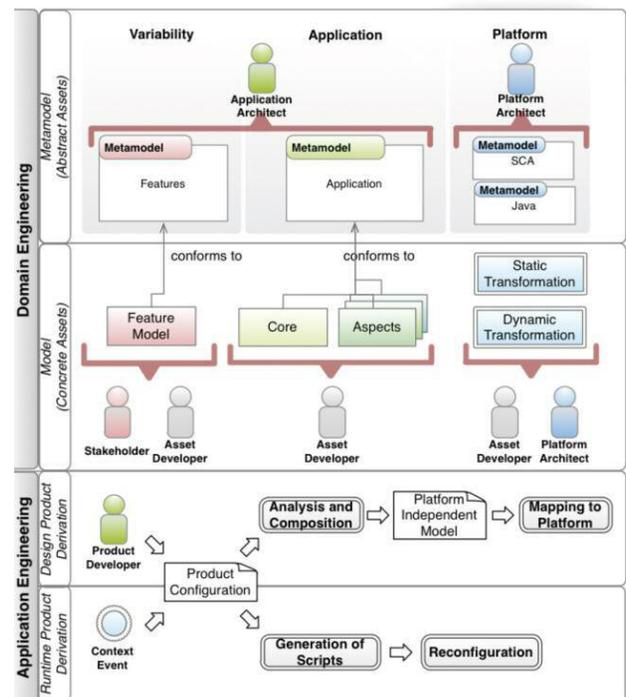


Fig. 1. CAPucine: Proceso de la Línea de Productos Software [5].

En una plataforma de servicios sensible al contexto el conocimiento del entorno debe permitir a los servicios tomar medidas automáticamente, a fin de reducir la participación directa de los usuarios mediante la disminución de la carga comunicativa del sistema y la prestación de asistencia proactiva inteligente. El conocimiento del entorno, la forma de representar el contexto y la información del mundo físico que es interpretable por parte de un sistema repercutirá en el grado de consciencia que los elementos del sistema tengan del mismo; por ello, la forma de modelar este entorno es importante.

Las SPL complementan las soluciones orientadas a servicios a través de técnicas como la gestión de la variabilidad permitiendo que las principales características

de la SOA puedan ser optimizadas a partir del reúso y la facilidad de personalización de los servicios. La mayoría de las investigaciones sobre este tema combinan las propuestas de las SPL y las SOA para diseñar las líneas de productos orientadas a servicios, pero no toman en cuenta las líneas de productos en tiempo de ejecución.

Este es un frente que todos los días recibe mayor interés planteándose una oportunidad para futuras tesis y trabajos de investigación.

REFERENCIAS

- [1] Chen, G., & Kotz, D. (2000). A survey of context-aware mobile computing research (Vol. 1, No. 2.1, pp. 2-1). Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College.
- [2] Jaroucheh, Z., Liu, X., & Smith, S. (2010, February). CANDEL: product line based dynamic context management for pervasive applications. In *Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS)*, 2010 International Conference on (pp. 209-216). IEEE.
- [3] Weiser, M. 1999. The computer for the 21st century. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.* 3, 3 (Jul. 1999), 3-11.
- [4] Fernandes, P., Werner, C., & Murta, L. G. P. (2008, July). Feature Modeling for Context-Aware Software Product Lines. In *SEKE* (pp. 758-763).
- [5] Parra, C. A., Quinton, C., & Duchien, L. (2012). CAPucine: Context-aware service-oriented product line for mobile apps. *ERCIM News*, 88, 38-39.
- [6] Hallsteinsen, S., Stav, E., Solberg, A., & Floch, J. (2006, August). Using product line techniques to build adaptive systems. In *Software Product Line Conference, 2006 10th International* (pp. 10-pp). IEEE.
- [7] Gomaa, H., & Hussein, M. (2003, November). Dynamic software reconfiguration in software product families. In *International Workshop on Software Product-Family Engineering* (pp. 435-444). Springer Berlin Heidelberg.
- [8] Sugumaran, V., Park, S., and Kang, K. C. 2006. Introduction – Software product line engineering. *Commun. ACM* 49, 12 (Dec. 2006), 28-32.
- [9] Marinho, F. G., Lima, F., Ferreira Filho, J. B., Rocha, L., Maia, M. E., de Aguiar, S. B., ... & Werner, C. (2010, September). A software product line for the mobile and context-aware applications domain. In *International Conference on Software Product Lines* (pp. 346-360). Springer Berlin Heidelberg.
- [10] Shen, L., Peng, X., & Zhao, W. (2012, July). Software Product Line Engineering for Developing Self-Adaptive Systems: Towards the Domain Requirements. In *Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, 2012 IEEE 36th Annual (pp. 289-296). IEEE.
- [11] K. Kang, S. Cohen, J. Hess, W. Novak, and S. Peterson. Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study. Technical Report CMU/SEI- 90-TR-21, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, November 1990.
- [12] K. C. Kang, S. Kim, J. Lee, K. Kim, E. Shin, and M. Huh. FORM: A feature-oriented reuse method with domain-specific reference architectures. *Annals of Software Engineering*, 5:143–168, 1998.
- [13] M. Griss, J. Favaro, and M. d'Alessandro. Integrating feature modeling with the RSEB. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Software Reuse*, pages 76–85, Vancouver, BC, Canada, 1998.
- [14] J. van Gurp, J. Bosch, and M. Svahnberg. On the notion of variability in software product lines. In *Software Architecture, 2001. Proceedings. Working IEEE/IFIP Conference on*, pages 45–54, 2001.
- [15] Eriksson, M., Börstler, J., & Borg, K. (2005, September). The PLUSS approach—domain modeling with features, use cases and use case realizations. In *International Conference on Software Product Lines* (pp. 33-44). Springer Berlin Heidelberg.
- [16] Klaus Pohl, Günter Böckle, and Frank J. van der Linden. *Software Product Line Engineering: Foundations, Principles and Techniques*. Springer-Verlag, 2005.
- [17] Marco Sinnema, Sybren Deelstra, Jos Nijhuis, and Jan Bosch. COVAMOF: A framework for modeling variability in software product families. In *Proceedings of the Third International Software Product Lines Conference (SPLC 2004)*, Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science (LNCS 3154), August 2004, pages 197–213.
- [18] K. Schmid and I. John. A customizable approach to full-life cycle variability management. *Science of Computer Programming, Special Issue on Variability Management*, 53(3):259–284, 2004.
- [19] D. Dhungana, P. Grünbacher, and R. Rabiser. Decisionking: A flexible and extensible tool for integrated variability modeling. In *Proceedings of the First International Workshop on Variability Modelling of Software intensive Systems (VAMOS)*, pages 119–127, January 2007.
- [20] M. Becker. Towards a general model of variability in product families. In *1st Workshop on Software Variability Management*, Groningen, Netherlands, February 2003.
- [21] Kramer, D. Using Product Lines to Manage Variability in Mobile Context-Aware Applications. In *1st Doctoral Symposium* (p. 61).
- [22] Medeiros, F. M., de Almeida, E. S., & de Lemos Meira, S. R. (2010, September). Designing a set of service-oriented systems as a software product line. In *Software Components, Architectures and Reuse (SBCARS)*, 2010 Fourth Brazilian Symposium on (pp. 70-79). IEEE.
- [23] G. Perrouin, J. Klein, N. Guelfi, and J.-M. Jézéquel. Reconciling automation and flexibility in product derivation. In *12th International Software Product Line Conference (SPLC 2008)*, pages 339-348, Limerick, Ireland, Sept. 2008. IEEE Computer Society.
- [24] M. Salifu, B. Nuseibeh, and L. Rapanotti. Towards context-aware product-family architectures. In *IWSPM '06: Proceedings of the International Workshop on Software Product Management*, pages 38–43, Washington, DC, USA, 2006. IEEE Computer Society.
- [25] H. Hartmann and T. Trew. Using feature diagrams with context variability to model multiple product lines for software supply chains. In *SPLC '08: Proceedings of the 2008 12th International Software Product Line Conference*, pages 12–21, Washington, DC, USA, 2008. IEEE Computer Society.
- [26] Parra, C., Blanc, X., & Duchien, L. (2009, August). Context awareness for dynamic service-oriented product lines. In *Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference* (pp. 131-140). Carnegie Mellon University.
- [27] Sindico, A., Grassi, V.: Model driven development of context aware software systems. In: *COP '09: International Workshop on Context-Oriented Programming*. pp. 1–5. ACM, New York, NY, USA (2009).
- [28] N. Josuttis. *SOA in Practice, The Art of Distributed System Design*. O'Reilly, August 2007.

Análisis de la Microestructura del Acero V320 Sometido a Tracción y Torsión luego de un Tratamiento Térmico de Temple Subcero

Analysis of the Microstructure of V320 Steel Subjected to Traction and Torsion After a Heat Treatment of Subcero Temple

Abel Remache Coyago¹, Fernando Jácome Mancheno², Jaime Molina Osejos³, Santiago Fernando Celi⁴

¹Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas

^{2, 3, 4}Universidad Internacional SEK - Facultad de Ingeniería Mecánica, Alberto Einstein y 5ta Transversal (Quito)

Correspondencia Autores: abelbelo@hotmail.com, fireblade2100@hotmail.com, jaime.molina@uisek.edu.ec, santiago.celi@uisek.edu.ec

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— El acero V320 - AISI4140 es utilizado sobretodo en la fabricación de piezas mecánicas para la rama petrolera, debido a su alto contenido de carbono y su estado bonificado al momento de su fabricación. El proceso de temple bajo cero es recomendado en aceros de grado herramienta, es decir aceros con los que se fabrican piezas que tengan alto grado de desgaste, debido a que este proceso permite modificar la estructura del acero y elevar su tiempo de vida útil en gran medida. El resultado de la presente investigación fue la comprobación de que en el acero V320 – 4140 no se necesita realizar un tratamiento térmico de temple subcero o temple a alta dureza debido a que el mismo se vuelve muy frágil y pierde sus propiedades de acero bonificado. De igual manera se pudo evidenciar que el tratamiento de tenifer o nitruración únicamente brinda al material una capa superficial que evita la corrosión, más no brinda una mejoría en las propiedades mecánicas del material.

Palabras Claves— Acero, Tratamiento Térmico, Temple Subcero, Análisis Microestructural.

Abstract— The V320 - AISI4140 steel is mainly used in the manufacture of oil industry mechanical parts, because of its high carbon content and the quenched – tempered state when it is manufactured. This subzero hardening process is recommended in steel that will be used in machine elements which are having high worn, because this process changes the steel structure and increases its useful lifetime. As a result of the present research was the mechanical property about V320 – 4140 steel, which does not need to make a subzero hardening or tempering with high hardness heat treatments because it becomes very brittle and loses its properties of hardened steel. In the same way it was evident that the Tenifer heat treatment provides a coating surface on the material that prevents corrosion and it does not provide further improvement in the mechanical properties of the material.

Keywords— Steel, Thermal Treatment, Subcero Temple, Microstructural Analysis.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos procesos para mejorar las cualidades físicas de los materiales se dio a inicios del siglo XX durante la Primera Guerra Mundial debido a que los fabricantes de material de artillería necesitaban de materia prima con mayor calidad, la cual no debía fallar durante su uso y debía brindar características especiales contra el desgaste y aumento de su tenacidad para soportar mayor cantidad de procesos cíclicos. [1].

El estudio de los tratamientos térmicos fue desarrollado por D. Chernov en 1868, quien determinó que la estructura de los aceros depende de la temperatura de calentamiento y de la velocidad de enfriamiento [2].

A. Aceros especiales

Los aceros especiales son aquellos que tienen varios elementos aleantes agregados durante su proceso de fabricación tales como el silicio, manganeso, cromo, molibdeno, vanadio, entre otros, los cuales generan propiedades especiales de comportamiento como mayor nivel de polubilidad, formación de carburos, tenacidad o dureza por citar unos ejemplos. Los aceros especiales de igual manera se caracterizan por tener una distribución molecular y espacios intersticiales con una alta homogeneidad. Para la fabricación de este tipo de aceros se necesita tecnología más avanzada, en la que se controla el tipo de enfriamiento, temperatura de fabricación y el método con el cual se colocará la colada en los moldes, todo esto para garantizar pureza y uniformidad en el material y con ello un mejor tratamiento térmico para el material.

B. Diagrama Esfuerzo – Deformación

Es un sistema de coordenadas x e y en el primer cuadrante, en el que se representa la relación entre el esfuerzo y la

deformación en un material dado es una característica importante del material.

Este diagrama se obtiene a partir de una prueba de tensión ejercida sobre una probeta del material que se desee analizar, por ejemplo, acero, madera, polímeros, entre otros. La gráfica de esta prueba se indica en la Figura 1. [3].

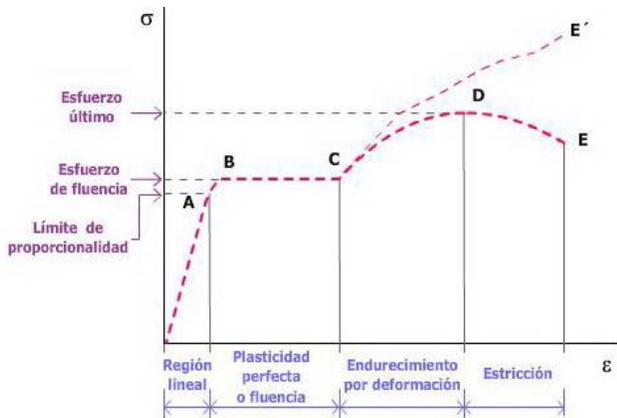


Figura 1 Diagrama esfuerzo – deformación

C. Tratamientos térmicos

Para dar un tratamiento térmico a un acero se deben tomar en cuenta tres cosas: el calentamiento, tiempo de permanencia y enfriamiento. Dentro de este proceso existe un subproceso llamado tratamiento termoquímico, en el cual se debe generar un ambiente en el cual se dé la difusión de los elementos químicos que van a formar parte de la superficie del material a ser tratado. Los elementos utilizados en este proceso generalmente son el carbono, nitrógeno o un baño de sales fundidas a 800°C para lograr una estructura atómica en la cual el acero genere una mejor capacidad de difusión.

Los constituyentes de los aceros que más intervienen en los tratamientos térmicos de acuerdo al diagrama hierro – carbono son [4] [5]:

- Ferrita
- Cementita
- Perlita
- Austenita
- Martensita

Los tratamientos térmicos se diseñaron específicamente para ser aplicados en aceros especiales, debido a su composición química y a su capacidad de mejorar sus propiedades mecánicas después de la aplicación de estos procesos.

Estos tratamientos se los divide en dos grupos, aquellos que se generan durante la fabricación del material (estado de suministro) que pueden ser: recocido o bonificado. El segundo grupo de tratamientos son aquellos que se generan después del mecanizado del material, estos son: distensionado, temple, revenido, nitruración y temple subcero entre los principales.

D. Distensionado

Es un tipo de tratamiento térmico que permite liberar tensiones internas del acero, las cuales son generadas por procesos de soldadura, maquinado prolongado o por la geometría del material. Se lo realiza a temperaturas bajas (500 - 650°C).

Existen dos tipos de distensionado:

- Distensionado intermedio
- Distensionado de trabajo

E. Temple

Es un tipo de tratamiento térmico que permite la modificación del arreglo estructural del acero para aumentar dureza, resistencia mecánica y resistencia al desgaste para aumentar la durabilidad en el uso de las piezas sometidas a este tratamiento. Existen tres tipos de temple:

- Temple superficial
- Temple completo
- Revenido

F. Cementación

Es un tratamiento térmico en el que se introducen átomos de carbono en la superficie del acero por medio de temperatura para obtener una capa superficial resistente al desgaste, manteniendo un núcleo con alta tenacidad. Existen dos tipos de tratamientos de cementación.

- Cementación de alta dureza
- Cementación de baja dureza

G. Nitruración

Es un tratamiento térmico en el cual se introducen átomos de nitrógeno en la superficie del acero mediante temperatura con la finalidad de obtener una capa superficial con propiedades elevadas de resistencia al desgaste y a la corrosión, sin cambiar las propiedades del material debajo de la capa tratada.

La nitruración también conocido como tenifer es un proceso de difusión de átomos de hidrógeno, los cuales forman compuestos químicos con los elementos de aleación del acero, obteniendo así nitruros de hierro, de cromo, de tungsteno, entre otros. Logrando así generar una alta resistencia al desgaste y a la corrosión. Este proceso se lo debe realizar en rangos de temperatura desde los 500 a 600 °C, con un enfriamiento en un baño de sales oxidantes.

La capa generada en el proceso de nitruración generalmente es de 50µm y alcanza una dureza de aproximadamente 900 Vickers (66,5 Rockwell C) de acuerdo al acero utilizado. En

este proceso no existe un cambio estructural debido a que se lo realiza debajo de la temperatura de transformación austenítica.

H. Temple subcero

Es un tratamiento térmico que se realiza a temperaturas debajo de los 0°C, provocando que en las piezas de acero exista una homogenización estructural, obteniendo una mejora en sus propiedades de resistencia mecánica, resistencia de fatiga, dureza, tenacidad, etc.

Este proceso se lo realiza a temperaturas que oscilan entre -80 y -140°C, con lo que se obtiene una transformación total de la austenita de los aceros tratados térmicamente, tanto templados como cementados. Posterior a eso se realiza una igualación a temperatura ambiente y un revenido de acuerdo a los requerimientos del material.

El temple subcero permite una homogenización de la estructura interna del material para incrementar de esa manera la resistencia a la fatiga y al impacto. En la mayoría de aceros templados se aumenta de 1 a 3 puntos de dureza HRC, de igual manera la resistencia al desgaste aumenta en un 25% y la resistencia a la corrosión intergranular aumenta hasta en un 70% debido a la homogenización y compactación de los espacios interatómicos. Este proceso puede ser realizado a cualquier acero, templados, cementados y a piezas que ya han sido sometidos a esfuerzos y trabajos para recuperar e incrementar sus propiedades mecánicas [4], [1].

Con el paso de los años se desarrollaron nuevos métodos para realizar tratamientos con propiedades más avanzadas como arreglo atómico para la disminución de espacios intersticiales y se lo logró gracias a los procesos subcero.

Para poder lograr un tratamiento criogénico se necesita de gases como el nitrógeno y el oxígeno en estado líquido, los mismos tuvieron su apogeo a inicios de la década de los ochenta. De igual manera con la culminación de la carrera espacial, posterior al alunizaje y comparando los materiales de los transbordadores antes y después de su regreso del espacio, se observó que los elementos que conformaban el casco del cohete tenían mejores propiedades al haber sido sometidos a temperaturas criogénicas en el trayecto del viaje.

Con ello se realizó pruebas descendiendo drásticamente la temperatura de los materiales utilizando métodos criogénicos para estabilizar dimensionalmente la microestructura de los materiales. Todo este proceso se lo realiza con el fin de que un acero con estructura austenítica adquiriera nuevamente una distribución martensítica, la cual es la fase más dura del acero. Gracias a este cambio en la microestructura del material, se obtuvieron tiempos de vida útil mayores en los aceros tratados.

I. Acero V320 / 4140

El acero V320 es un tipo de acero especial que se comercializa en estado bonificado, su constitución tiene una aleación al Cromo – Molibdeno, lo que permite tener una alta

resistencia a la tracción y a la torsión, así como al desgaste y al impacto. Su designación viene dada por la AISI como 4140, en la que el primer número indica el tipo de acero, el segundo el porcentaje en peso del principal elemento aleante y los dos últimos indican el porcentaje de carbono que contiene ese acero.

Existe una tabla para identificar los principales elementos aleantes presentes en los aceros, los mismos se observan en la tabla 1 [4] [6].

Tabla 1
Clasificación de aleantes en los aceros

Identificador	Aleante
1	Manganeso
2	Níquel
3	Níquel – Cromo (Aleante principal el cromo)
4	Molibdeno
5	Cromo
6	Cromo – Vanadio (Aleante principal el Molibdeno)
7	Níquel – Cromo – Molibdeno (Aleante principal el Molibdeno)
8	(Aleante principal el Níquel)

La composición química del acero V320 – 4140 contiene más elementos de los que señala la tabla anterior, esos elementos son considerados como impurezas y son aceptados en cantidades pequeñas, no superiores al 0.02% en peso [4].

Tabla 2
Composición química del acero V320 – 4140

4140	C	S	Si	Mn	P
	0.43	0.002	0.26	0.58	0.008
Cr	Mo	Ni	Cu	Al	V
0.981	0.175	0.016	0.028	0.013	0.005

Las propiedades mecánicas de este acero se muestran en la siguiente tabla [4]:

Tabla 3
Propiedades mecánicas del acero V320 - 4140

Diámetro	Límite de fluencia N/mm ² mín.	Resist. a la tracción N/mm ² mín.	Elongación N/mm ² mín.	Reducción de área N/mm ² mín.	Resist. al impacto J mín.
28≤40	750	1100 – 1200	11	45	35
40≤100	650	900 – 1100	12	50	35
100≤160	550	800 – 950	13	60	35
160≤250	500	750 - 900	14	55	35
Dureza	28 – 33 HRC / 250 – 310 HB				
Estado de Suministro	Bonificado 850 – 1050 N/mm2				
Acabado	Laminado en caliente				

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación experimental cuyo objetivo fue determinar si existen diferencias entre las propiedades mecánicas del material bajo esfuerzos de torsión y tracción antes y después de un proceso de temple subcero, adicionalmente se realizó un tratamiento de nitruración a otras dos probetas debido a que este material es utilizado en su mayoría en la industria petrolera y las piezas son generalmente nitruradas para evitar la corrosión y desgaste por los altos niveles de azufre que tiene el crudo al momento de extraerlo.

El acero adquirido tuvo una medida superior a la dictada por la norma para Prueba de Materiales, se realizó un proceso de maquinado en torno y fresa a las muestras obteniendo de esta manera la medida exacta necesaria para que ingresen en la máquina de ensayos universales.

Los ensayos en las probetas fueron de tracción y torsión. Estos ensayos estuvieron basados en la normativa ASTM E8.

A. Fabricación de probetas

Las probetas que se emplearon en los ensayos de tracción se fabricaron bajo la norma ASTM E8, la cual indica que las medidas requeridas para realizar este tipo de operación son las siguientes:

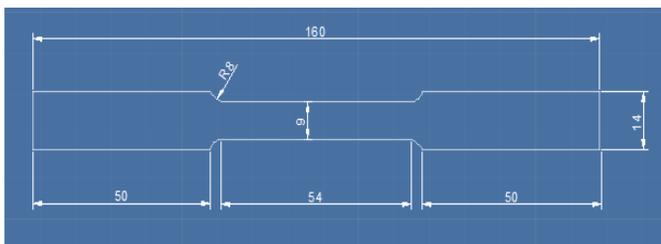


Figura 2 Medidas en mm. para la fabricación de probetas para tracción.

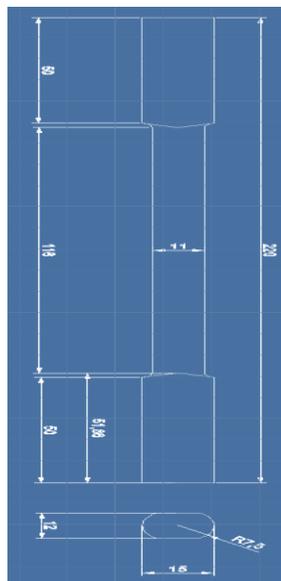


Figura 3 Medidas en mm. para la fabricación de probetas para torsión.

La ASTM no determina ninguna normativa sobre la cual deben fabricarse las probetas que se emplearán en los ensayos

de torsión, eso va dictado de acuerdo a la máquina de ensayos universales en la cual se vayan a ejecutar las operaciones. En este caso las medidas vienen dadas de acuerdo a las mordazas de la máquina. Es por eso que las medidas requeridas para realizar esta operación son las siguientes:

Se dispuso de 6 piezas en total, 3 para el ensayo de tracción y 3 para el ensayo de torsión. El material original tuvo un diámetro de 28 mm. debido a que esa es la medida mínima en la que se distribuye el material a ser analizado, además con esto se garantiza la facilidad de mecanizado de las piezas y la exactitud con la medida final.



Figura 4 Probetas maquinadas

Las probetas maquinadas, fueron verificadas con un calibrador y enviadas a Aceros Bohler para el tratamiento térmico de temple subcero, y nitruración. Las probetas sin tratamiento térmico se utilizaron para las pruebas iniciales.



Figura 5 Probetas después de tratamiento térmico



Figura 6 Medición de la dureza de la probeta de torsión

B. Medición de la dureza

Se midió la dureza de cada una de las probetas para comprobar que existió un endurecimiento después del tratamiento térmico. Debido a la dureza que tiene este material, la escala en la que se realizaron las mediciones fue en Rockwell C. La máquina que se utilizó en este procedimiento es de marca Mitutoyo, modelo Durotw N, de fabricación brasilera.

Para la medición de la dureza en cada probeta se utilizó un soporte diferente, en el cual debe calzar la pieza a ser medida.

Los datos que se obtuvieron de la medición de dureza son los siguientes:

Tabla 4
Durezas obtenidas antes y después de los Tratamientos Térmicos

PROBETA	Sin Tratamiento Térmico HRC	Temple Subcero HRC	Nitruración HRC
TRACCIÓN	33	54	36
TORSIÓN	33	53	36

C. Procedimiento de prueba de tracción

Ensayo de tracción: El ensayo de tracción es un método que tiene como objetivo identificar el límite elástico, plástico y esfuerzo último que tiene un determinado material cuando va a ser sometido a cargas o fuerzas axiales [7] [8].

Se inicia con la medición de los diámetros de cada una de las probetas para determinar su área con la fórmula

$$A = \pi r^2$$

Posterior a esto, se debe identificar y medir en cada una de las probetas la longitud inicial que tiene cada una, con esto se analizará al final de las pruebas la elongación que ha sufrido cada probeta después del ensayo. Los extremos de la misma deben ser asentados en las juntas de la rótula de la máquina de ensayos para evitar que se genere flexión cuando la carga axial sea aplicada [9].

Este tipo de ensayos se realizan a una velocidad lenta y constante, la cual está determinada por tablas de acuerdo al material que se va a estudiar. En el caso del acero 4140 la velocidad recomendada se encuentra en el intervalo de 2,1 a 2,6 mm/min. [10].

En este caso se utilizó un valor de 2 mm/min ya que esa velocidad es la más cercana que permite seleccionar la máquina de ensayos universales.

La máquina de ensayos universales se enlazó con el ordenador a través del software Testing machine with computer control v2.00.

D. Procedimiento de prueba de torsión

Ensayo de torsión: Este ensayo permite determinar el comportamiento de los materiales cuando son sometidos a cargas de giro, es decir un desplazamiento circular de una

sección transversal al aplicarse un momento torsor. Los datos que se obtienen de este ensayo permiten determinar constantes elásticas y propiedades de los materiales que se analizan. Este tipo de pruebas es utilizado para medir la resistencia de un cordón de soldadura, unión de piezas con engrudos especiales o adhesivos, entre otros [9] [3].

La manera en la cual actúa la máquina es por medio de un mecanismo que gira sobre un eje determinado en un extremo mientras sujeta firmemente la probeta en el otro extremo, aplicando un momento torsor sobre la pieza paulatinamente. Al igual que en el ensayo de tracción este proceso se ejecuta con velocidades determinadas por tablas, las cuales para este tipo de acero van desde 47 a 52 °/min [10], por efectos del software que utiliza la máquina se seleccionó la velocidad de 50°/min. Este ensayo se inicia con la medición de los diámetros de cada una de las probetas para determinar su área con la fórmula

$$A = \pi r^2$$

Posterior a esto, se debe identificar y medir en cada una de las probetas la longitud inicial que tiene cada una. Uno de los extremos de la misma debe ser insertado en cualquiera de los orificios de la máquina y hacerlo girar por medio de los pulsadores hasta que calce el extremo faltante.

La máquina de torsión se enlaza con el ordenador a través del software Computer-control Electronic Torsion Testing machine.

E. Análisis Metalográfico

Para el análisis metalográfico se utilizó un microscopio metalográfico marca Olympus, modelo GX-41, el cual tiene incorporado un software llamado CLEMEX, el cual permite el análisis de la micrografía en la pantalla de un ordenador.

El microscopio está ubicado en el laboratorio de Tecnología de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Para realizar el análisis metalográfico se debe lijar la pieza a ser estudiada con una lámina abrasiva de grano 1200 para una mejor apreciación de la superficie, debido a que ésta siempre tiene imperfecciones de maquinado, este proceso se lo realiza para mejorar la visualización de la estructura del material más no es requisito indispensable para el análisis debido a que existen piezas que tienen capas protectoras muy delgadas, las cuales si se someten a un proceso de lijado perderían esta capa y el análisis tendría fallas. Las piezas que son estudiadas se lijaron y se realizó un ataque químico con nital al 2%, el cual permite delinear los bordes de grano de la microestructura del acero 4140.

Una vez que la superficie a ser estudiada está lista, se coloca en el lente del microscopio y se procede con el enfoque del visor. La ampliación con la que se empieza este ensayo es de 50x, y se puede llegar hasta un aumento de 2000x dependiendo de la profundidad que se desee alcanzar para el

análisis microestructural. En este caso se utilizó un aumento de 200x ya que con esta imagen ya se pudo observar la dispersión interatómica que tiene el material luego de ser tratado con el temple subcero. Las imágenes de este proceso se pueden observar en las figuras 7 y 8.

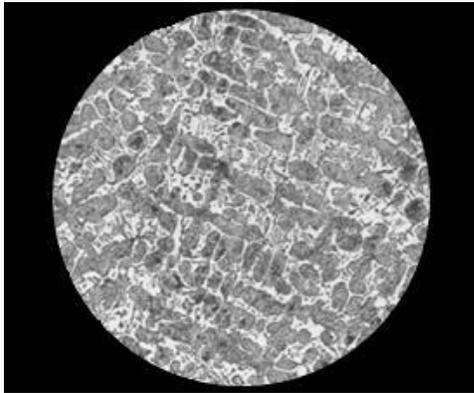


Figura 7 Micrografía del Acero V320 – 4140 a 200x antes del proceso de temple subcero

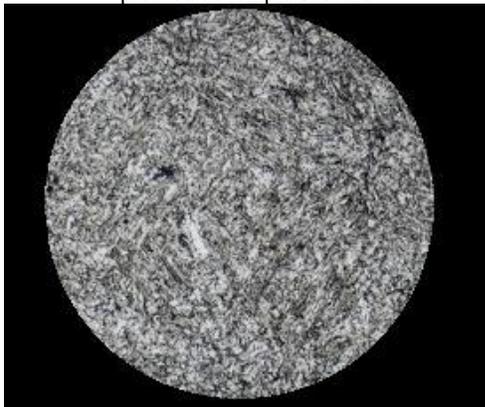


Figura 8 Micrografía del Acero V320 – 4140 a 200x después del proceso de temple subcero

III. RESULTADOS

Los resultados se evaluaron de acuerdo a las pruebas realizadas, para ello se adjuntaron los datos tomados de las figuras proporcionadas por el software después de cada ensayo (figura 9).

A. Ensayos de tracción

Acero con temple subcero

$$\text{Área} = 63.62\text{mm}^2$$

$$L_o = 50\text{mm}$$

$$\text{Carga máxima} = 106.09\text{kN}$$

$$R_m = 1670\text{MPa}$$

Acero con nitruración

$$\text{Área} = 63.62\text{mm}^2$$

$$L_o = 50\text{mm}$$

$$\text{Carga máxima} = 68.09\text{kN}$$

$$R_m = 1070\text{MPa}$$

Acero sin tratamiento térmico

$$\text{Área} = 63.62\text{mm}^2$$

$$L_o = 50\text{mm}$$

$$\text{Carga máxima} = 72.68\text{kN}$$

$$R_m = 1140\text{MPa}$$

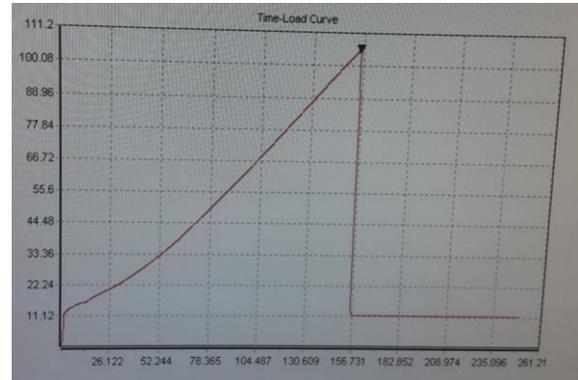


Figura 9 Diagrama esfuerzo – deformación acero con tratamiento térmico de temple subcero.

B. Ensayos de torsión

Acero con temple subcero

$$\text{Área} = 95.04\text{mm}^2$$

$$L_o = 50\text{mm}$$

$$\text{Carga máxima} = 106.09\text{kN}$$

$$R_m = 1670\text{MPa}$$

Acero con nitruración

$$\text{Área} = 95.04\text{mm}^2$$

$$L_o = 50\text{mm}$$

$$\text{Carga máxima} = 106.09\text{kN}$$

$$R_m = 1670\text{MPa}$$

Acero sin tratamiento térmico

$$\text{Área} = 95.04\text{mm}^2$$

$$L_o = 50\text{mm}$$

$$\text{Carga máxima} = 106.09\text{kN}$$

$$R_m = 1670\text{MPa}$$

Evaluación de resultados

C. Ensayo de tracción

Tabla 5
Mediciones de las probetas antes y después de los ensayos

TRACCIÓN	Long. Inicial mm. Lo	Diám. Inicial mm. Do	Área inicial mm ² Ao	Long. Final mm. Lf	Diám. Final mm. Df
Temple subcero	53.90	9.00	63.62	55.10	8.90
Nitruración	54.20	9.00	63.62	57.40	8.70
Sin tratamiento térmico	54.10	9.00	63.62	59.10	6.00

Probeta con temple subcero

$$A_o = \pi r_o^2 = \pi 4.5^2 = 63.62\text{mm}^2$$

$$L_o = 50\text{mm}$$

$$A_f = \pi r_f^2 = \pi 4.45^2 = 62.21\text{mm}^2$$

$$L_f = 55.1\text{mm}$$

$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{55.1 - 53.9}{53.9} * 100 = 2.23\%$$

$$\% \text{ Reducción de \u00e1rea} = \frac{A_f - A_o}{A_o} * 100 = \frac{62.21 - 63.62}{63.62} * 100 = 2.22\%$$

Carga m\u00e1xima = 106.09kN

Rm = 1670MPa

E = 2.1*10¹¹ Pa. [11]

$$\delta = \frac{P * L}{A * E} = \frac{106.09kN * 55.10mm}{62.21mm * 2.1 * 10^{11}Pa} = 0.45mm.$$

$$v = \frac{\frac{d_o - d_f}{L_o}}{\frac{L_f - L_o}{L_o}} = \frac{\frac{9 - 8.9}{9}}{\frac{55.10 - 53.9}{53.9}} = 0.499$$

Probeta con nitruraci\u00f3n

$$A_o = \pi r_o^2 = \pi 4.5^2 = 63.62mm^2$$

$$L_o = 50mm$$

$$A_f = \pi r_f^2 = \pi 4.35^2 = 59.45mm^2$$

$$L_f = 57.4mm$$

$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{57.4 - 54.2}{54.2} * 100 = 5.90\%$$

$$\% \text{ Reducci\u00f3n de \u00e1rea} = \frac{A_f - A_o}{A_o} * 100 = \frac{59.45 - 63.62}{63.62} * 100 = 5.93\%$$

Carga m\u00e1xima = 68.09kN

Rm = 1070MPa

E = 2.1*10¹¹ Pa. [11]

$$\delta = \frac{P * L}{A * E} = \frac{68.09kN * 57mm}{59.45mm * 2.1 * 10^{11}Pa} = 0.31mm.$$

$$v = \frac{\frac{d_o - d_f}{L_o}}{\frac{L_f - L_o}{L_o}} = \frac{\frac{9 - 8.7}{9}}{\frac{57.40 - 54.2}{54.2}} = 0.565$$

Probeta sin tratamiento t\u00e9rmico

$$A_o = \pi r_o^2 = \pi 4.5^2 = 63.62mm^2$$

$$L_o = 50mm$$

$$A_f = \pi * r_f^2 = \pi * 3.00^2 = 28.27mm^2$$

$$L_f = 59.1mm$$

$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{59.1 - 54.1}{54.1} * 100 = 9.24\%$$

$$\% \text{ Reducci\u00f3n de \u00e1rea} = \frac{A_f - A_o}{A_o} * 100 = \frac{28.27 - 63.62}{63.62} * 100 = 55.56\%$$

Carga m\u00e1xima = 72.68kN

Rm = 1140MPa

E = 2.1*10¹¹ Pa. [11]

$$\delta = \frac{P * L}{A * E} = \frac{72.68kN * 59.10mm}{28.27mm * 2.1 * 10^{11}Pa} = 0.72mm.$$

$$v = \frac{\frac{d_o - d_f}{L_o}}{\frac{L_f - L_o}{L_o}} = \frac{\frac{9 - 6}{9}}{\frac{59.10 - 54.1}{54.1}} = 3.607$$

D. Ensayo de torsi\u00f3n

Probeta con temple subcero

$$J = \frac{\pi * D^4}{32} = \frac{\pi * 11^4}{32} = 1437.38mm^4$$

$$D = 11mm.$$

$$\tau_{prom} = 214.44kN * mm$$

$$\tau_{m\u00e1x} = \frac{\tau_{prom} * D}{2J} = \frac{214.44 * 11}{2 * 1437.38} = 820.54 MPa$$

$$G = \frac{\tau_{m\u00e1x}}{\gamma_{prom}} = \frac{820.54 MPa}{0.04} = 20.51 GPa$$

Probeta con nitruraci\u00f3n

$$J = \frac{\pi * D^4}{32} = \frac{\pi * 11^4}{32} = 1437.38mm^4$$

$$D = 11mm.$$

$$\tau_{prom} = 106.92kN * mm$$

$$\tau_{m\u00e1x} = \frac{\tau_{prom} * D}{2J} = \frac{106.92 * 11}{2 * 1437.38} = 409.12 MPa$$

$$G = \frac{\tau_{m\u00e1x}}{\gamma_{prom}} = \frac{409.12 MPa}{0.02} = 20.45 GPa$$

Probeta sin tratamiento t\u00e9rmico

$$J = \frac{\pi * D^4}{32} = \frac{\pi * 11^4}{32} = 1437.38mm^4$$

$$D = 11mm.$$

$$\tau_{prom} = 113.02kN * mm$$

$$\tau_{m\u00e1x} = \frac{\tau_{prom} * D}{2J} = \frac{113.02 * 11}{2 * 1437.38} = 432.46 MPa$$

$$G = \frac{\tau_{m\u00e1x}}{\gamma_{prom}} = \frac{432.46 MPa}{0.02} = 21.62 GPa$$

C\u00e1lculo del esfuerzo normal en la probeta con temple subcero

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_y = 106.09 - F_y = 0$$

$$F_y = 106.09kN$$

$$\sigma = \frac{F_y}{A_o} = \frac{106.09kN}{9mm} = 11.78MPa$$

C\u00e1lculo del esfuerzo normal en la probeta con nitruraci\u00f3n

$$\sigma = \frac{F_y}{A_o} = \frac{68.09kN}{9mm} = 7.56MPa$$

C\u00e1lculo del esfuerzo normal en la probeta sin tratamiento t\u00e9rmico

$$\sigma = \frac{F_y}{A_o} = \frac{72.68kN}{9mm} = 8.08MPa$$

IV. DISCUSI\u00d3N Y CONCLUSIONES

El acero 4140 que fue sometido al tratamiento t\u00e9rmico de temple subcero tuvo un comportamiento de material fr\u00e1gil, esto se pudo evidenciar en los resultados de los ensayos de tracci\u00f3n y torsi\u00f3n, as\u00ed como en los c\u00e1lculos con la Ley de Hooke y el Coeficiente de Poisson. Esto se debe a que despu\u00e9s

de este tratamiento térmico la microestructura del material se compacta por el enfriamiento brusco al que fue sometida la probeta, causando una estructura que va a ser muy resistente al desgaste, pero con la desventaja de la disminución de su tenacidad. Las gráficas que se dieron durante la prueba en la máquina de ensayos universales son muy similares a la figura 10, la cual indica el diagrama esfuerzo – deformación para un material frágil típico.

El material que se sometió al proceso de nitruración tuvo un ligero cambio en sus propiedades mecánicas si lo comparamos con la pieza sin tratamiento térmico, esto se dio debido a la temperatura a la que se realiza el proceso de tenifer (580°C), lo cual disminuye el límite de esfuerzo máximo permisible en un promedio de 5.4% de acuerdo a la práctica realizada.

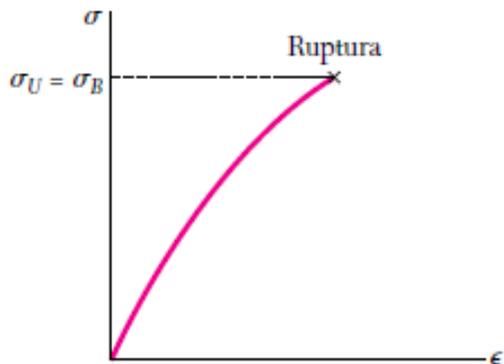


Figura 10 Diagrama esfuerzo – deformación para un material frágil típico

Teniendo en cuenta los factores de seguridad que se utilizan en el diseño de elementos de máquinas, los mismos van desde 2 hasta 2.5 [12] dependiendo del elemento y de su uso, una disminución del 5,4% no afectaría el rendimiento del mismo y no disminuiría sus propiedades mecánicas.

Tanto el acero con nitruración como el acero sin tratamiento térmico tuvieron una curva de esfuerzo – deformación muy similar entre ellos, se puede apreciar en la figura siguiente.

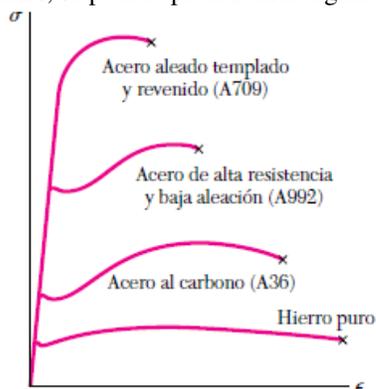


Figura 11 Diagramas esfuerzo – deformación para el hierro y para diversos grados de acero

Las probetas sometidas a torsión fallaron al finalizar la práctica en uno de sus extremos y no en el centro debido al mecanizado. El ángulo de incidencia entre la zona que ingresa en la máquina y el eje central era muy pronunciado y se

convirtió en un concentrador de esfuerzos, lo que sumado al par torsor aplicado terminó en la fractura del elemento en esa zona.

REFERENCIAS

- [1] Msc. Johnny F. Obando., Subcero y Criogénico: El Frío, secreto de los fórmula uno, 2011.
- [2] Dr. Ing. Eduardo Torres, Apuntes acerca del Tratamiento Térmico y la clasificación general de los aceros, Noviembre 2004.
- [3] Johnston Ferdinand P. Beer & E. Russell Beer & Johnston, *Mecánica de Materiales 5ta Edición*. México D.F., México: Mc Graw Hill, 2010.
- [4] Aceros Bohler, Manual de Aceros Especiales, Enero 2011.
- [5] Donald R. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 2004.
- [6] TEGMETAL. (2015, July) . [Online]. <http://www.tegmetal.com/CLASIFICACION%20AISIPdf>
- [7] Centro Aragonés de Tecnologías para la Educación CATEDU. (2012) [Online]. http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4913/html/11_ensayo_de_traccin.html
- [8] Universidad Politécnica de Valencia. (2012, Mar.) Curso de Fundamentos de Ciencia de Materiales. [Online]. http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm02/fcm2_2.html
- [9] R.C. Hibbeler, *Mecánica de Materiales*. México D.F.: Pearson Educación, 2006.
- [10] Wilson Ceballos, Adolfo Gómez, and John Coronado. (2009, Jan.) Universidad Nacional de Colombia. [Online]. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/15842/36175>
- [11] Compañía General de Aceros. (2007, Marzo) Cia. General de Aceros S.A. [Online]. http://www.cga.com.co/index2.php?option=com_content&task=doc_view&gid=15&Itemid=323
- [12] Joseph Edward Shigley, *Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ª Edición*. Mexico: Mc Graw-Hill., 1984.

Diagnóstico por Imagen del Sistema de Control Electrónico de Inyección Diésel Riel Común CRDI

Diagnostic for Imaging Electronic Control System Injection Diesel Common Rail CRDI

Germán Erazo¹, Eduardo Guangaje², Luis Murillo³

^{1,2,3} Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Energía y Mecánica
Correspondencia Autores: wgerazo@espe.edu.ec¹, elguangaje@espe.edu.ec², lomurillo@espe.edu.ec

Recibido: agosto 2016, Publicado: diciembre 2016

Resumen— El desarrollo tecnológico de los sistemas de control electrónico en el campo automotriz evoluciona cada día al igual que los métodos de diagnóstico como es que se realiza a través de la comparación de imágenes. La investigación relaciona el proceso de diagnóstico de los elementos eléctricos y electrónicos que son utilizados como componentes del sistema de control electrónico de inyección diésel riel común CRDI mediante el uso de una interface gráfica multifunción que relaciona el voltaje y corriente. Se realiza la similitud y aplicación del método de generación de figuras de Lissajous en el ámbito automotriz, así como la medición y generación de curvas voltaje-corriente, a través de las firmas o patrones básicos para obtener diagnósticos precisos del sistema CRDI. Se desarrolla técnicas para el trazado de patrones de comparación y almacenamiento de imágenes, no de oscilogramas sin que sea necesario que el sistema se encuentre en funcionamiento o energizado, para de esta manera ser una alternativa eficiente no solo en el diagnóstico electrónico automotriz sino también en el campo del diseño.

Palabras Claves— Diagnóstico por imagen, CRDI, Riel común, Trazador de curvas, Control electrónico diésel, Lissajous.

Abstract— The technological development of electronic control systems in the automotive field evolve every day as well as diagnostic methods as it is done through the comparison of images. The research relates the process of diagnosis of the electrical and electronic elements that are used as components of the diesel injection electronic control system common rail CRDI through the use of a multifunction graphical interface that relates the voltage and current. The similarity and application of the method of generation of Lissajous figures in the automotive field is carried out, as well as the measurement and generation of voltage-current curves, through the signatures or basic patterns to obtain accurate diagnoses of the CRDI system. Techniques are developed for the tracing of patterns of comparison and storage of images, not of oscillograms without the need for the system to be in operation or energized, in order to be an efficient alternative not only in automotive electronic diagnosis but also in The field of design.

Keywords— Diagnosis by image, CRDI, Common rail, Curve plotter, Electronic diesel control, Lissajous.

I. INTRODUCCIÓN

[1] El proceso de diagnóstico por imagen se basa en la aplicación de corriente alterna de bajo valor al componente

eléctrico o electrónico del sistema de control riel común CRDI a través de su referencia a masa en el circuito. Desarrolla patrones de comparación denominadas firmas de registro que se obtienen con el uso del osciloscopio de bajo voltaje en modo x-y en conjunto con el trazador de formas, que son relacionadas con las figuras de Lissajous.

[1][4] El test de voltaje – corriente (v-i) aplica la señal de voltaje variable al componente para iniciar el test, a continuación, se mide la corriente resultante del proceso para obtener la imagen (firmas v-i). En condiciones reales, el análisis comparativo de las señales analógicas compara las firmas analógicas del componente en buen estado con las firmas del componente bajo sospecha, una diferencia en las firmas podría indicar una falla potencial.

[2][3] La imagen o firma se obtiene en cualquier parte del componente o circuito, así también en los pines de entrada y salida del módulo de control electrónico mediante el analizador-osciloscopio multifunción de pruebas de voltaje–corriente.

[4][5] Este proceso de diagnóstico por imagen es innovador en la industria automotriz, establece un nuevo método de identificación de los componentes averiados como sensores y actuadores del sistema de control electrónico de inyección diésel riel común CRDI sin la necesidad de desmontarlos.

A. Figuras de Lissajous

[4] El osciloscopio analógico representar la evolución temporal de una señal, también la variación de una señal respecto a otra. Se aplica al canal vertical la señal y al otro canal, designado como x se le aplica la señal de referencia, esta referencia se envía al sistema de desviación horizontal, en lugar de enviar a éste la señal del generador de barrido. Si las dos señales son armónicas, se obtienen las figuras de Lissajous.

[1][5] En la figura 1 los puntos numerados trazan la posición del haz de electrones que en tiempo y magnitud de la onda sinusoidal aplicada. Si las dos señales tienen frecuencias diferentes, la figura no es una diagonal, ni elipse, ni círculo, sino será otra figura giratoria. Si la frecuencia de la señal se conoce, se encuentra la de la otra

variando la fuente de frecuencia hasta observar la figura de Lissajous estable.

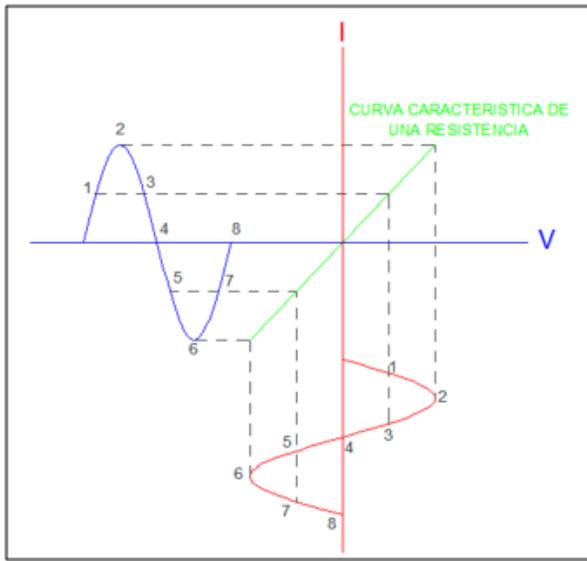


Fig. 1 Generación de figuras de Lissajous

B. Medición Pasiva

El proceso de diagnóstico se realiza sin energizar el componente con el trazador de curvas que inyecta corriente alterna en un punto en específico dentro de un circuito electrónico o componente para obtener como resultado la imagen en función del voltaje y la corriente.

[2][6] El instrumento de medidas materializadas (material measures, en inglés), y la magnitud suministrada, al menor cambio del mensurando, o de la magnitud suministrada, produce un cambio perceptible en la indicación, se denomina resolución.

En la figura 2 está el trazador de curvas que inyecta la cantidad de energía necesaria para el diagnóstico.

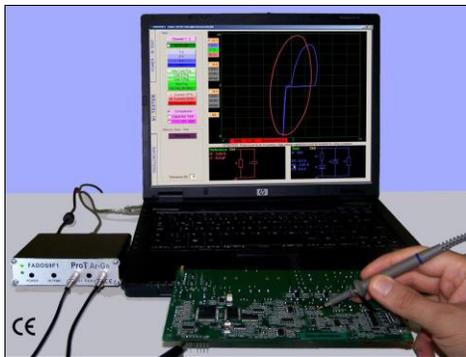


Fig. 2 Analizador de pruebas de voltaje-corriente Fuente: (Augeri, 2015)

C. Trazador de curvas para osciloscopio

[1][7] Con las pruebas voltaje-intensidad la señal de precisión de onda sinusoidal de corriente limitada se aplica a los componentes a verificar, el resultado del flujo de corriente, caída de tensión y el desplazamiento de fase de la señal (impedancia) son mostrados en pantalla. El flujo de

corriente es una desviación de la traza vertical en la pantalla, mientras que el voltaje a través del componente es una desviación de traza horizontal.

[1][9] La operación del trazador de curvas consiste en un generador de corriente alterna que actúa como un divisor de voltaje que indica la corriente que circula por la misma, mientras que en las puntas de prueba se mide el voltaje para la verificación de un componente eléctrico o electrónico, como se aprecia en la figura 3.

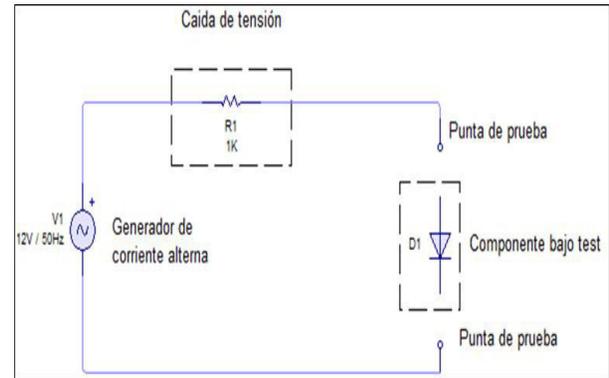


Fig. 3 Esquema básico de un trazador de curvas

D. Análisis de curvas de tensión y corriente.

[8][9][10] Para obtener la gráfica voltaje-corriente colocar los valores de tensión y corriente para cada instante de tal forma de obtener una imagen de dos ejes, el eje vertical para corriente y el eje horizontal para voltaje. Los puntos de las gráficas de corriente y voltaje obtenidos en los osciloscopios 1 y 2 respectivamente se proyectan en un plano ortogonal x-y generando intersecciones que dan como resultado una curva, figura 4.

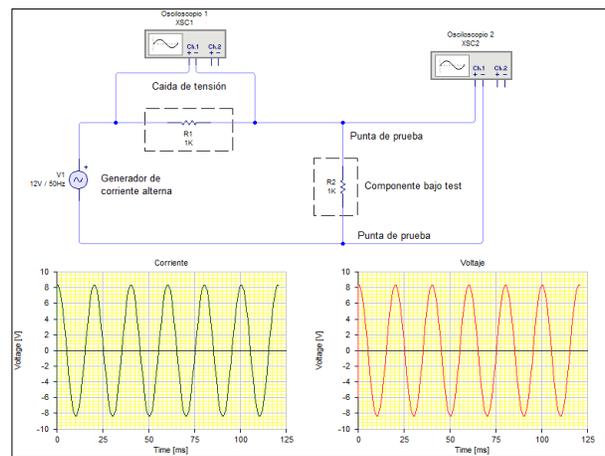


Fig. 4 Análisis de curvas de tensión y corriente

Analizando las señales graficadas en los osciloscopios 1 y 2 de la figura 4 se determina que las curvas de tensión y corriente están en fase dado que se está realizando el test de una resistencia de igual valor. Vale decir que para cualquier tiempo que se tome se tendrán las señales pasando por los mismos puntos de la gráfica. (Augeri, 2015)

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

Durante el proceso de investigación desarrollado se utilizó el método experimental a través de la deducción y la inducción, el mismo que se ha sustentado a través de varios ensayos de laboratorio. Verificando las características de los componentes básicos, para establecer a posterior el análisis y comparación.

De los resultados y experimentaciones desarrolladas se van generando los siguientes resultados. El circuito abierto (resistencia infinita) es una línea horizontal, porque la corriente es siempre cero independientemente del voltaje aplicado figura 5.

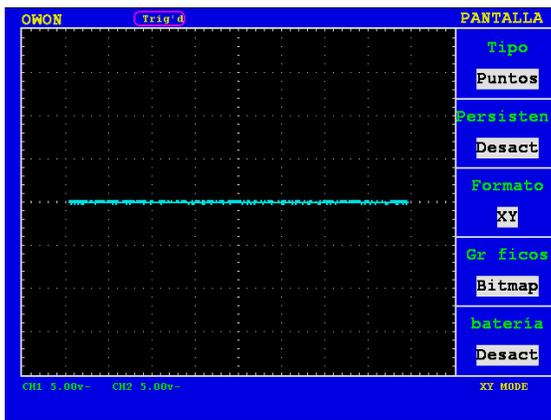


Fig. 5 Circuito abierto

El circuito abierto es una línea horizontal sobre el eje de voltaje ya que no hay circulación de corriente, la línea horizontal se debe a que el punto del osciloscopio está oscilando de izquierda a derecha representando el valor del voltaje alterno y al no existir circulación de corriente alterna da como resultado una línea horizontal que representa el voltaje máximo.

Un cortocircuito (resistencia $0-\Omega$) es una línea vertical, debido a que el flujo de corriente para cualquier tensión aplicada es infinito.

En circuitos en corto se representa por una línea vertical sobre el eje de corriente debido ya que no existe voltaje en las puntas de prueba, todo el voltaje cae en la resistencia que actúa como divisor de voltaje indicando así el valor de la corriente máxima figura 6, esta línea es el resultado de la oscilación del punto del osciloscopio representando la corriente alterna que cicla entre su valor máximo positivo y negativo.

La curva real en un nodo de circuito es un compuesto de las curvas de componentes básicos. Por ejemplo, un circuito con una resistencia y un condensador tendrá una firma que combina la firma característica de la resistencia junto con la del condensador.

En la figura 7 la curva de la resistencia, cuando la pendiente de la recta es más vertical tiende a representar un corto circuito, mientras tanto cuanto más horizontal sea tiende a un circuito abierto. Las resistencias de mayor valor generan una línea más horizontal mientras la de menor valor resulta una línea más vertical tomando como

referencia que en corto circuito la resistencia equivale a cero.

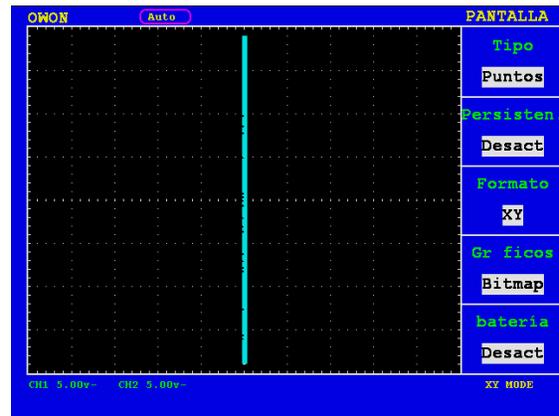


Fig. 6 Circuito en corto



Fig. 7 Curva de una resistencia

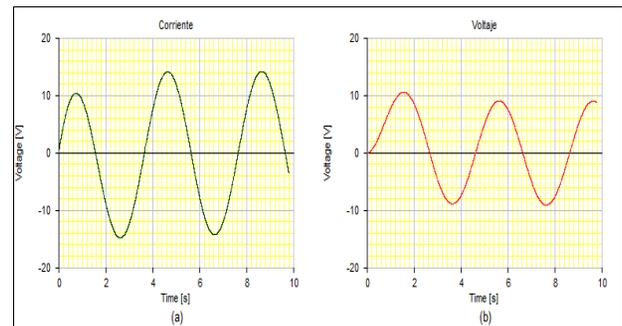


Fig. 8 Desfase entre la curva de voltaje e intensidad del capacitor

[4][17] La curva del condensador es un círculo o una elipse aproximadamente. Los condensadores con valores relativamente bajos tienen firmas elípticas aplanadas y horizontales mientras que los condensadores con valores relativamente altos tienen firmas elípticas, aplanadas y verticales. La firma óptima es un círculo casi perfecto, que se puede obtener mediante la selección de la frecuencia y la impedancia de prueba apropiada figura 8. Cuanto mayor es la capacitancia menor es la impedancia y la frecuencia de la prueba.

[8][17] La curva del diodo figura 9 se compone de dos o más líneas rectas, que se asemejan a un ángulo recto con la conducción en directo como con la polarización inversa. La firma del diodo en la parte vertical de la gráfica muestra la zona de polarización directa y la tensión de activación. La zona curvada de la traza muestra el paso de totalmente apagado a plenamente funcionando a medida que aumenta la tensión aplicada. La parte horizontal de la curva es la región donde el diodo no conduce y efectivamente es un circuito abierto.

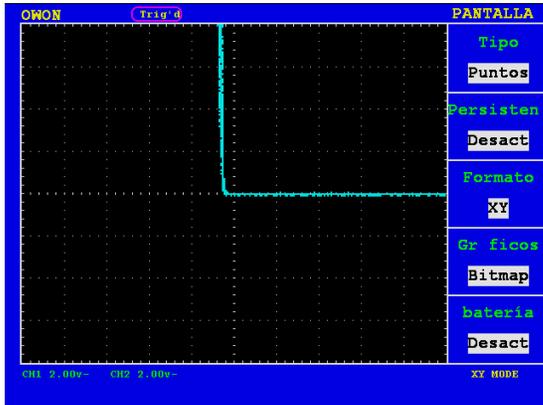


Fig. 9 Curva de un diodo

[9] [17] Cuando se trata de una bobina la curva generada es similar a la de un capacitor con sus ejes inclinados respecto a los ejes de voltaje y corriente. Figura 10.

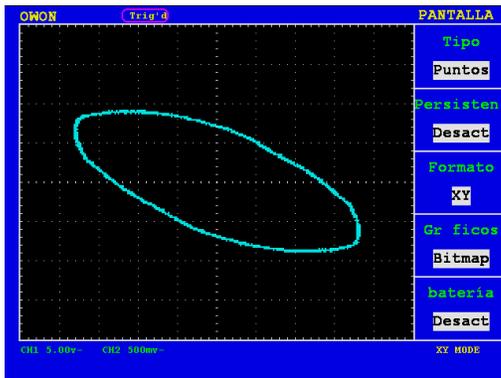


Fig. 10 Curva de la bobina

A. Método de traza de curvas

[11][17] Para aplicar esta técnica los componentes a diagnosticar no deben tener energía es preferible desconectar la batería. El sistema de traza de curvas alimenta el circuito a verificar. Se establecen tres métodos de diagnóstico por imagen.

[12][17] Diagnóstico por imágenes en base a generación de curvas por análisis de circuitos.- Se realizar el análisis del circuito y en base a eso se esperar una curva determinada, y en base a la curva obtenida suponer el circuito que precede al punto donde se toma la medición. Esto se puede aplicar a nivel circuital en todos los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.

[1][13][17] Diagnóstico por imágenes en base a generación de patrones por comparación circuital.- En este método no es necesario analizar el circuito interno del punto donde se realiza la medición, ya que se compara con otros puntos donde encuentro el circuito del mismo tipo, ya existen muchos circuitos en el vehículo que son iguales por lo que un análisis del circuito sería innecesario.

[14][17] Diagnóstico por imágenes en base a comparación de patrones obtenidos por medición única. - Se realiza la medición única para obtiene un patrón ya que no se puede presumir ni comparar que circuito se presenta en ese punto, por ejemplo, terminales determinados de un módulo, terminales de un circuito integrado. Estos patrones son almacenados para una futura comparación en caso de diagnosticar un elemento igual de otro vehículo.

B. Materiales

[15][17] La interface de lectura de imágenes es un dispositivo multifuncional de prueba corriente-voltaje y osciloscopio. Su función principal es la de un dispositivo de prueba voltaje-corriente, el software de ordenador analizando el gráfico voltaje-corriente muestra el diagrama de circuito equivalente del punto tocado en la pantalla y presenta las tolerancias. El analizador y osciloscopio multifunción de pruebas voltaje-corriente en su parte frontal, figura 11 presenta los siguientes componentes.

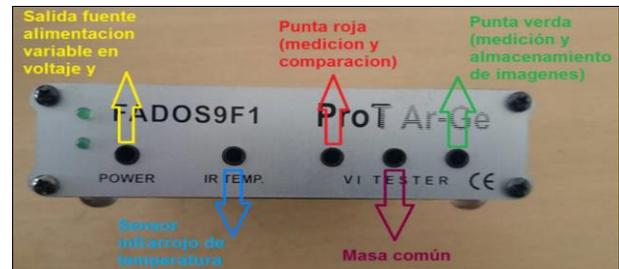


Fig. 11 Parte frontal del analizador y osciloscopio multifunción de pruebas voltaje-corriente

En la parte posterior está el puerto USB que conecta a la computadora para la visualización de las imágenes por medio de software y la alimentación de 18 a 20 voltios de corriente directa.



Fig. 12 Analizador y osciloscopio multifunción de pruebas voltaje-corriente

[17] El analizador y osciloscopio multifunción de pruebas voltaje-corriente posee dos puntas para la medición, comparación y almacenamiento de imágenes patrón, figura 13.

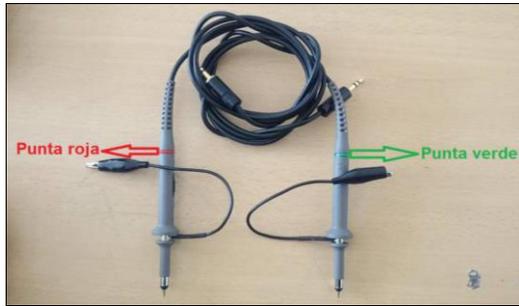


Fig. 13 Puntas de prueba

[17][18] Consta de un sensor infrarrojo de temperatura para determinar la temperatura en funcionamiento del componente bajo test, así como los cables de alimentación de fuente variable en voltaje – corriente, el cable de conexión para puerto USB para la comunicación del analizador y osciloscopio multifunción de pruebas voltaje-corriente con la computadora, figura 14.



Fig. 14 Cables adicionales, USB, sensor de temperatura y fuente variable de alimentación DC

III. RESULTADOS

[17][18] Para empezar a generar los resultados que van a ser imágenes y patrones de comparación de componentes se requiere instalar el equipo de pruebas (analizador – osciloscopio de pruebas voltaje – corriente) conectar las puntas de prueba, cable de masa, energizar el equipo, ubicar el cable USB que conecta a la PC para la visualización de las curvas voltaje – corriente. Desconectar la fuente de alimentación del vehículo (bornes positivo y negativo de batería) Figura 15.



Fig. 15 Desconexión de la alimentación eléctrica del vehículo

Colocar la masa común del equipo a un punto de masa del vehículo, para la obtención de curvas en el socket que conecte ya sea a sensores o actuadores respectivamente, figura 16.



Fig. 16 Conexión de la masa del equipo al cable negativo que conecta a la batería

Localizar el elemento a diagnosticar (sensor o actuador) y desconectar el socket que conecta al mismo, para este caso se analiza el inyector, figura 17.



Fig. 17 Verificación del inyector

Colocar la punta de prueba en cada uno de los puntos del socket para la obtención de curvas voltaje – corriente. Se genera una imagen figura 19, que se visualiza en la pantalla de la PC. Para este caso se tiene dos puntos de obtención de información, el cable de alimentación 12v y el cable de control de masa a través del transistor figura 20.

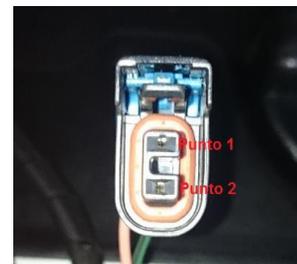


Fig. 18 Socket que conecta al inyector

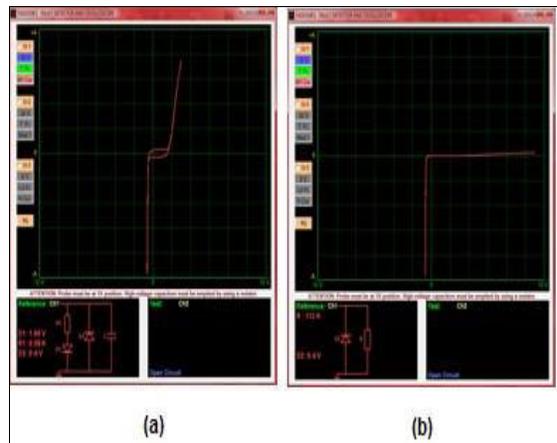


Fig. 19 Curvas obtenidas en el socket del inyector.

[17] Para obtener curvas en el sensor o actuador retirar la masa común del equipo que se encuentra conectado a la masa del vehículo, para proceder a colocar la masa del equipo en el terminal del sensor o actuador, en este caso en uno de los terminales del inyector, figura 22.



Fig. 20 Ubicación de la masa del equipo a una de las terminales del inyector

[17][19] Con la punta de prueba se obtiene las curvas voltaje - corriente en los terminales restantes para la obtención de la curva, en este caso se tiene un punto de medición en el inyector, figura 23.



Fig. 21 Test con la punta de prueba en el inyector

La curva voltaje - corriente resulta ser la bobina interna que tiene el inyector, figura 24.

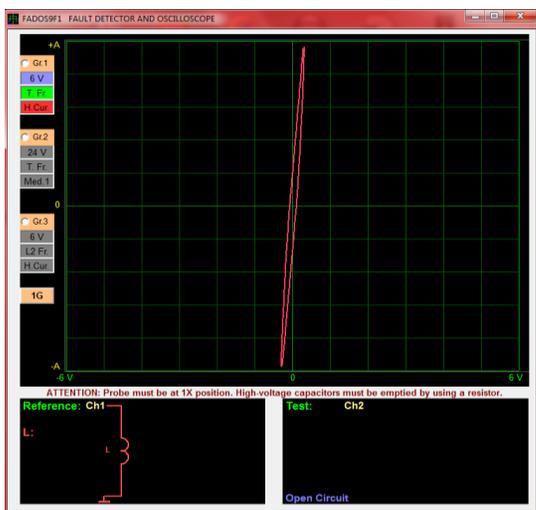


Fig. 22 Curva obtenida al realizar el test en el inyector

Dependiendo el caso que se presenta se puede aplicar las tres técnicas para realizar el diagnóstico, además de generar una base patrón para una futura comparación de

todo el sistema de control electrónico de inyección del vehículo.

A. Diagnóstico por imágenes en base a generación de curvas por análisis de circuitos.

[1][17] Se analiza el socket de la válvula VS del turbo de geometría variable del sistema CRDI, para generar la curva voltaje-intensidad colocando la masa común en un punto de masa del vehículo y con la punta de prueba proceder a testear el circuito tocando cada uno de los pines del socket de la válvula del VGT.

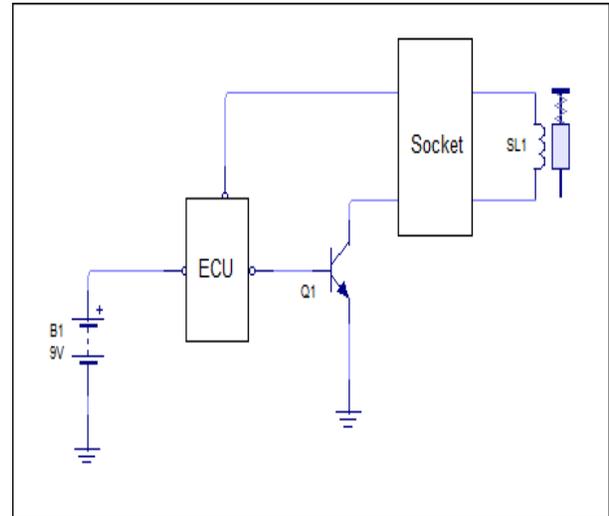


Fig. 23 Esquema de conexión de la válvula de VGT

Al medir en el terminal de alimentación la curva de un capacitor que actúa como filtro de la ECU que se encuentra internamente del mismo. En ocasiones el cable positivo es compartido con otros elementos a la vez y activados por un relé que en este caso no se visualiza ya que no está activado.

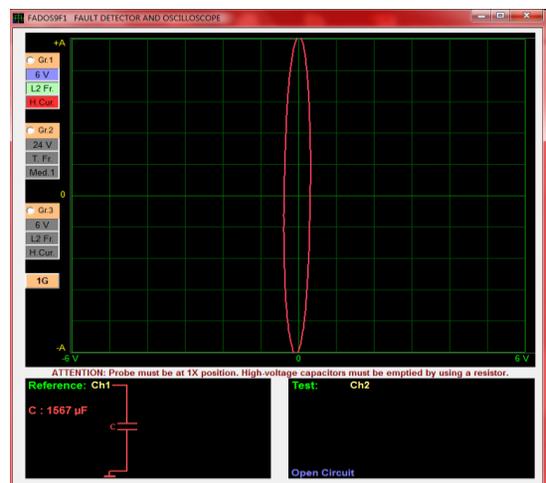


Fig. 24 Curva V-I en el cable de alimentación del socket que conecta a la válvula VS del VGT

[17] Para el terminal del socket de la válvula del VGT se obtiene la figura de un diodo Zener que es el dumper que se encuentra en el transistor de activación ubicado dentro de la ECU. Figura 26.

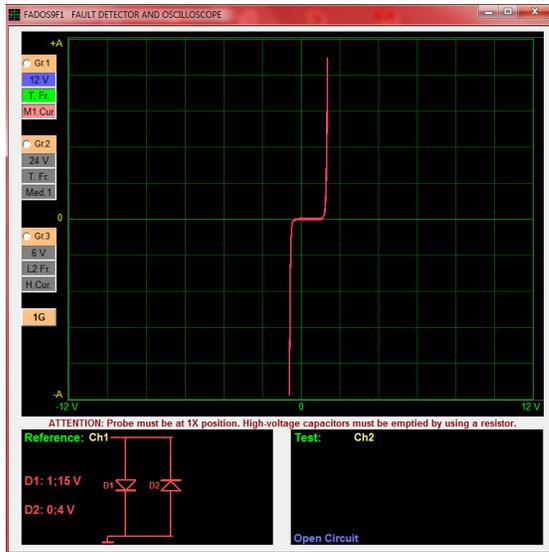


Fig. 25 Curva V-I en el cable de masa del socket que conecta a la válvula VS del VGT

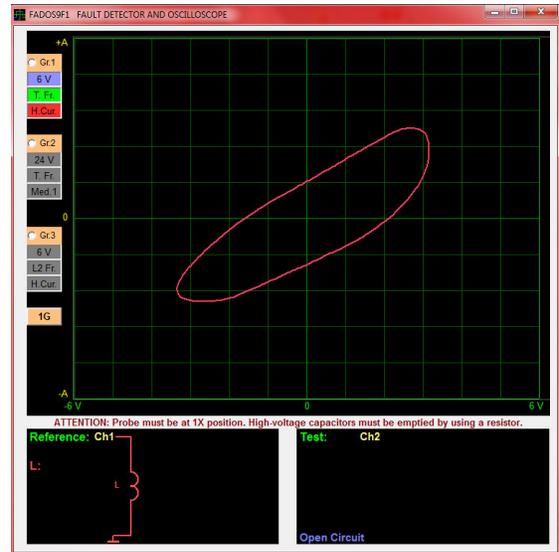


Fig. 27 Curva V-I en los terminales del sensor VSS

B. Diagnóstico por imágenes en base a generación de patrones por comparación circuital.

[17] Se analiza el inyector, se genera la imagen con la punta de masa y la punta de prueba del trazador conectado a los dos terminales del inyector y la curva generada se compara con las curvas de los demás inyectores. Figura 26.

C. Diagnóstico por imágenes en base a comparación de patrones obtenidos por medición única.

[17] Para esta técnica se analiza el sensor de velocidad del vehículo VSS, debido a que no hay elementos de iguales características con cual comparar se genera un patrón para almacenarlo y que sirva para una futura comparación.

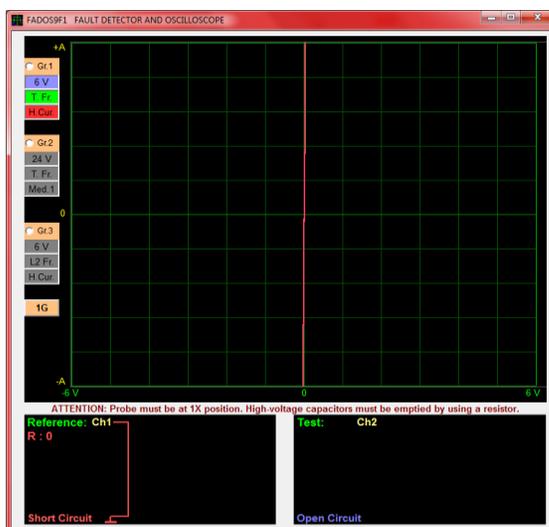


Fig. 26 Curva V-I entre las terminales del inyector

La curva que se genera es la de una bobina que no es más que el elemento dentro del sensor. Figura 27.

IV. CONCLUSIONES

Se investigó este nuevo método de diagnóstico para los elementos del sistema de control electrónico de inyección CRDI.

En función de graficas de voltaje-corriente se establece curvas de elementos básicos que permiten analizar curvas voltaje-corriente de elementos compuestos resultantes de la unión de los antes mencionados.

El método de diagnóstico por imágenes no es invasivo y se realiza sin energizar los componentes a ser verificados.

La verificación por imagen ahorra tiempo y dinero en el diagnóstico ya que los elementos no requieren ser desmontados.

La tolerancia de variación de imágenes se establece en un 5% del valor generado entre componentes.

Las firmas digitales de imágenes se constituyen en una técnica de diagnóstico preciso para todos los componentes eléctricos y electrónicos.

Se detalló el procedimiento de cada una de las técnicas de diagnóstico con las cuales se puede diagnosticar el estado de los elementos del sistema de control electrónico de inyección CRDI.

Las imágenes patrón se pueden tomar por marcas de vehículo para una futura comparación con vehículos de iguales características.

Se diagnosticó el estado de los elementos del sistema de control electrónico de inyección CRDI tales como sensores y actuadores.

REFERENCIAS

- [1] Augeri, F. (23 de junio de 2015). Cise Electrónica. Obtenido de Cise Electrónica: <http://www.cise.com/portal/component/k2/item/759-curso-online-diagn%C3%B3stico-por-im%C3%A1genes-en-electr%C3%B3nica-automotriz.html>

- [2] Manual Agilent Technologies. (2007). Osciloscopio Agilent serie 5000. Malasia.
- [3] Pallas, R. (2006). Instrumentos electrónicos básicos. España: Marcombo S.A.
- [4] Soriano, S. (2014). ABI Electronics. Obtenido de ABI Electronics:
- [5] Stanley, W., & Richard, S. (1992). Guía para Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio. México: Pearson Educación.
- [6] Alonso, J. (2001). Técnicas del automóvil. Sistemas de inyección de combustible en los motores diesel. Madrid: Paraninfo.
- [7] Alonso, J. (2003). Técnicas del automóvil. Inyección de gasolina y dispositivos anticontaminación. Madrid: Paraninfo.
- [8] Bosch, R. (1999). Control electrónico del motor para motores diesel. Stuttgart.
- [9] Bosch, R. (2002). Regulación electrónica diesel (EDC). Stuttgart: Serie Amarilla.
- [10] Bosch, R. (2004). Manual de inyección electrónica 2. Buenos Aires: Manuales NEGRI.
- [11] Bosch, R. (2005). Sistema de inyección Diesel por acumulador Common Rail. Stuttgart: Serie Amarilla.
- [12] Casanova Jiménez, A. (2014). Diseño e implementación de instrumental para un procedimiento de diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI BOSCH CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA (tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga.
- [13] Domínguez, E., & Ferrer, J. (2008). Mecánica del vehículo (s.p). Editex.
- [14] Kia Motors. (2003). Common Rail- Bosch. Santiago de Chile: Departamento de asistencia técnica de DIASA Ltda.
- [15] Manual Agilent Technologies. (2007). Osciloscopio Agilent serie 5000. Malasia.
- [16] Manual Kia Motors. (2012). Sistema de control del motor diesel 2. Chonan: Technical Service Traininig Center.
- [17] Murillo , Guangaje, Erazo Diagnóstico por imagen Universidad de Fuerzas Armadas ESPE 2016.
- [18] Ribbens, W. (2008). Electrónica Automotriz. México D.F. : Limusa.
- [19] Rueda, J. (2006). Manual técnico de Fuel Injection. Colombia: Diseli.

Ambientación de entornos expositivos mediante el uso de realidad aumentada

Environment of Expositive Environments through the Use of Augmented Reality

Juan José Tustón Quiroga, Víctor Santiago Manzano Villafuerte, Dennis Vinicio Chicaiza Castillo, Patricio Germán Encalada Ruiz

Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

Correspondencia Autores: jtuston0358@uta.edu.ec, victorsmanzano@uta.edu.ec, dv.chicaiza@uta.edu.ec, pg.encialada@uta.edu.ec

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— Actualmente los museos y centros de arte están perdiendo incidencia en el público moderno, por otra parte, el uso de Realidad Aumentada se va desarrollando cada vez en más espacios. La propuesta del presente artículo es la implementación de Realidad Aumentada con interacción electrónica (RACIE) en entornos expositivos, mediante una aplicación móvil desarrollada en Unity 3D, la misma que integra comunicación bluetooth para la interacción con la placa Arduino; además brinda comodidad al usuario al insertar el dispositivo móvil Android en el visor de realidad aumentada, la misma que le permite vivir una experiencia multisensorial provocada por la ambientación del lugar.

Palabras Clave— Arduino, Realidad Aumentada Realidad, Bluetooth, Multimedia Interactiva, Apps Mobiles; Museo.

Abstract— Actually, museums and art centers are losing influence in the modern public, on the other hand, the use of Augmented Reality is developing each time in more spaces. The proposal of the present article is the implementation of Augmented Reality with electronic interaction (RACIE) in expositive environments, through a mobile application developed in Unity 3D, which integrates bluetooth communication for interaction with the Arduino board; Also provides comfort to the user by inserting the Android mobile device in the augmented reality viewer, which allows you to live a multisensory experience caused by the setting of the place.

Keywords— Arduino; Augmented Reality; Bluetooth; Interactive Multimedia; Mobile Apps; Museum.

I. INTRODUCTION

Los centros expositivos contribuyen con aportes culturales y turísticos a las ciudades; sin embargo, no han innovado la manera de presentar sus contenidos. Los centros culturales no solo compiten entre sí, sino también se enfrentan con la preferencia de otros atractivos turísticos; ya que evidentemente, el interés de visitar un museo y conocer su colección de piezas arqueológicas ha decrecido; esta observación se acentúa especialmente en los jóvenes [1].

Observar y escuchar, son básicamente las dos actividades que se realizan en el recorrido de un museo,

una metodología anticuada que necesariamente debe ser innovada, si se desea potenciar los centros Patrimoniales de Arte y Cultura. Tradicionalmente, esta trayectoria consiste en la transmisión de conocimientos de un interlocutor hacia un grupo de personas, contando la historia casi de memoria y recitando el mismo discurso siempre. Por lo que, la sociedad moderna no se siente atraída a asistir a los museos por la didáctica tradicional poco satisfactoria.

Una alternativa muy viable es la innovación de estos espacios con la ayuda de los avances tecnológicos; ya que, con frecuencia, cuando se piensa en un centro cultural se especula que se trata de un lugar aburrido y tradicional, donde la experiencia brindada jamás prioriza las sensaciones del visitante; lo que provoca la poca afluencia de visitantes internos y externos. Se considera que mediante el acondicionamiento expositivo se contribuye al rescate del significado del valor cultural, histórico y educativo que estos encierran [2].

La realidad aumentada es un medio tecnológico de aprendizaje que revoluciona los centros de exposición, además, brinda la posibilidad de un mundo digital al alcance del usuario. Por otra parte, la interacción electrónica provoca que el usuario tenga una participación activa durante su estadía en el museo.

El control de cada experiencia vivida en el contexto de la exposición se encuentra en el propio usuario, ya que él, tiene el mando mediante el uso de botones virtuales sobrepuestos en el marcador, los mismo que controlan dispositivos electrónicos responsables de la ambientación del lugar; agudizando sus sentidos, consiguiendo una experiencia única con el entorno, generando así mayor interés y preferencia hacia dichos lugares.

El objetivo principal del proyecto, es fomentar la interacción de los usuarios potenciales mediante la ambientación multisensorial. Empleando una aplicación para dispositivos móviles, con realidad aumentada e interacción con la placa arduino; a través de botones virtuales para encender actuadores con relación al

Ambientación de entornos expositivos mediante el uso de realidad aumentada

contexto. Permitiendo que el usuario sea protagonista en el proceso de su aprendizaje [4].

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El esquema del sistema multisensorial elaborado está formado por tres etapas principales: realidad aumentada, comunicación bluetooth e interacción electrónica; ilustrada en la Fig.1.

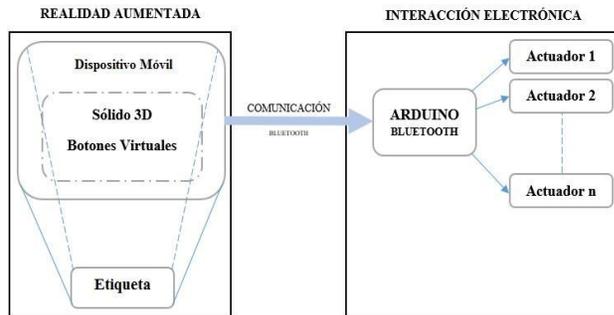


Fig. 1. Esquema del sistema multisensorial

A. Realidad Aumentada

1. Dispositivo móvil

Los teléfonos inteligentes de gama media poseen características mínimas: 1.2GHz de procesamiento, 1GB de memoria RAM [5]; que permiten la utilización de aplicaciones de realidad aumentada [6].

La aplicación desarrollada funciona para un sistema Android versión 4.4 'Kit Kat' o superiores; utilizando Unity 3D [7], herramienta para el desarrollo de videojuegos en múltiples plataformas, con un editor visual muy intuitivo, que permite importar modelos 3D, texturas, imágenes y sonidos con gran facilidad. Aplicaciones profesionales son generadas con la inserción de scripts desarrollados en C# o JavaScript.

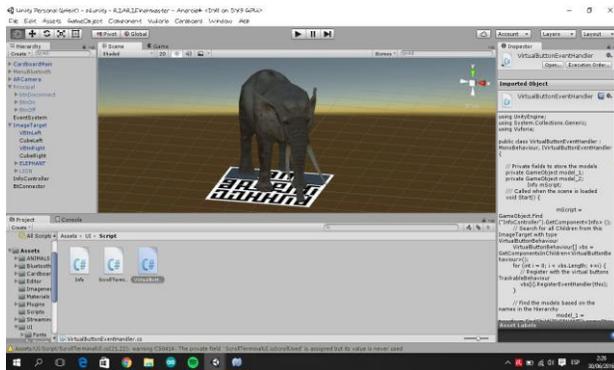


Fig 2. Entorno de trabajo en Unity 3D

Para el desarrollo de este proyecto se descargó el modelo 3D de un elefante desde la Asset Store [8], con una secuencia animada, realizando la programación en un

Script desarrollado en C# para ser activado cuando la cámara reconozca el marcador, todo esto se incorpora en el entorno de trabajo de Unity3D (Fig.2).

Para la utilización del visor de realidad aumentada como puede ser Cardboard [9], es necesario la inclusión de Google VR SDK para unity 3D, brindando comodidad al utilizar la aplicación por parte del usuario.

Marcador

El SDK de Vuforia [10], permite crear aplicaciones móviles con realidad aumentada en combinación con el entorno Unity 3D. Además en el portal Vuforia Develop, se generó el paquete descargable, que contiene los algoritmos de reconocimiento de la imagen escogida, que actuará como marcador; en donde las animaciones serán sobrepuestas, después de que el marcador impreso sea reconocido por el lente de la cámara del dispositivo móvil, Fig. 3.

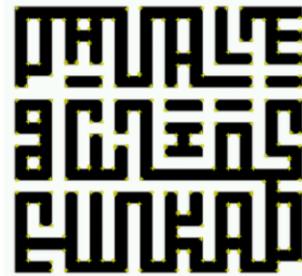


Fig. 3. Marcador (Reconocimiento de la Imagen)

B. Comunicación Bluetooth

La aplicación utiliza comunicación Bluetooth 2.0 con la placa Arduino; debido a que necesita enviar las ordenes a efectuarse desde el dispositivo móvil hacia el Arduino y sean ejecutadas en tiempo real. El software desarrollado incorpora un script escrito en C# para acceder a las funciones de bluetooth del teléfono. El esquema de conexión inalámbrica entre el dispositivo móvil Android y el Arduino, es ilustrada en la Fig.4.

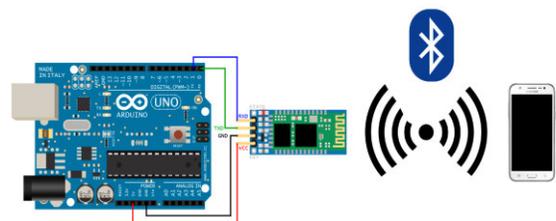


Fig. 4. Esquema de conexión bluetooth

C. Interacción Electrónica

El proyecto utiliza Arduino uno, incorporado con el módulo HC-05 [11], con el objetivo que la aplicación instalada en el dispositivo móvil Android, interactúe con actuadores (Luces, aspersores, parlantes, aire acondicionado, máquina de humo, etc.) ubicados en el entorno para generar un ambiente multisensorial [12].

El módulo HC-05, recibe las ordenes enviadas a través de los botones virtuales, ubicados en el marcador para activar un foco, un aspersor y la reproducción del sonido en el entorno con realidad aumentada (Fig.5).

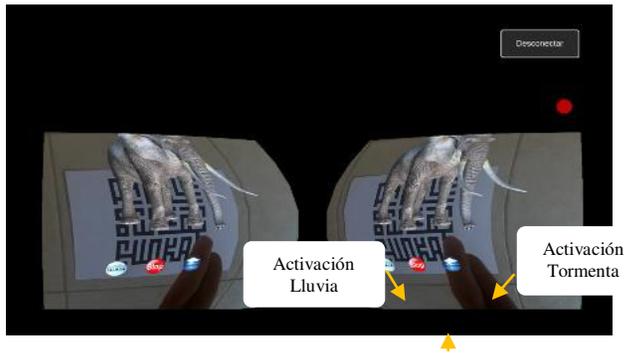


Fig. 5. Activación de actuadores mediante botones virtuales

III. RESULTADOS

La aplicación desarrollada se llama RACIE, que significa Realidad Aumentada con Interacción Electrónica para crear un ambiente multisensorial en escenarios de exposición, tales como: museos, centros culturales, entre otros.



Fig. 6. Interfaz de búsqueda y conexión del teléfono con HC-05

Activado RACIE, se visualiza una interfaz de emparejamiento con el Arduino, a través de una conexión bluetooth Fig. 6.; establecida la comunicación, se despliega el visor de realidad aumentada, montando el dispositivo móvil en la cardboard para buscar el patrón de referencia y sobreponer la imagen animada del elefante y los botones virtuales, que permitan accionar un foco, el aspersor y reproducir un sonido mediante Arduino, emulando un

ambiente virtual con truenos, lluvia y sonido; en las Fig.7-9, se ilustra el funcionamiento del sistema.

Para evitar errores de funcionamiento en el sistema RACIE, tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Para una correcta detección del patrón de referencia del marcador debe existir 90 grados con el visor de la cámara del móvil.
- Detectado el patrón de referencia, el movimiento del visor no debe ser inferior a los 30 grados de azimut respecto al plano del marcador; debido a que la cámara perderá el patrón de referencia.

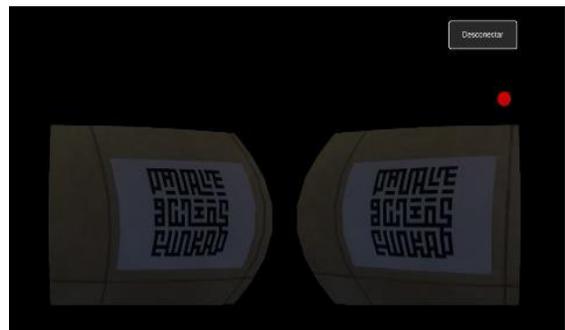


Fig.7. Visor de realidad aumentada incorporando Cardboard



Fig.8. Botones virtuales sobrepuestos en el marcador reconocido

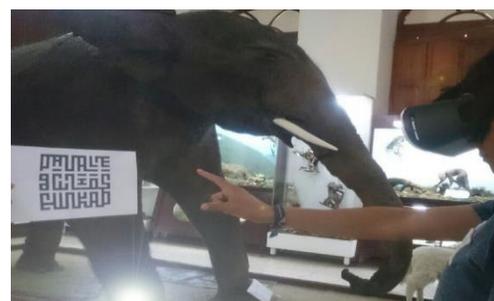


Fig. 9. Aplicación de Realidad Aumentada con interacción electrónica

IV. DISCUSIÓN

El museo de Montreal ubicado en Canadá, pretende integrar en el año 2017, una aplicación con realidad aumentada con soporte para Android y IOS, donde se

podrá observar contenidos históricos de la Universidad de Concordia [13].

En Italia en ciudades como: Florencia, Roma, Venecia, entre otras, existen monumentos, palacios históricos y centros de arte, que ofrecen una aplicación con realidad aumentada durante la visita a estas ciudades; logrando así obtener información desde el pasado hasta el presente acorde a la disponibilidad de imágenes [14].

Al realizar el estudio del arte se ha encontrado artículos que desarrollan aplicaciones con realidad aumentada [3], [6], [15], [16], [17], con la integración de una placa electrónica [4], [12], pero no se ha podido determinar trabajos relacionados enfocados a museos con interactividad multisensorial por lo que el presente trabajo fusiona un ambiente real con información digital, activando componentes físicos en el mundo real que estimulen los sentidos del usuario dando un resultado más atractivo para el público.

Al ejecutar pruebas piloto en el museo del Colegio Bolívar ubicado en la Ciudad de Ambato se observó notablemente el gran interés por parte del público usuario, los cuales al utilizar la aplicación se involucraron como actores principales de la experiencia multisensorial, creando el ambiente educativo deseado.

V. CONCLUSIONES

RACIE implementa un sistema de realidad aumentada con interacción electrónica para ambientes museísticos. Cambiando la forma de presentar la información al usuario, a través del uso de visor de realidad aumentada, con una aplicación instalada en teléfonos inteligentes y una tarjeta Arduino para encender varios tipos de actuadores ubicados estratégicamente en el entorno.

Unity 3D, permite generar el entorno de la aplicación con la inclusión de: Vuforia SDK, librería bluetooth, paquete con la información de marcadores, permitiendo generar realidad aumentada con interacción electrónica.

La integración de nuevos recursos tecnológicos en entornos museísticos favorece la participación de los visitantes, logrando que vivan una experiencia única, percibida a través de sus sentidos.

Como trabajo futuro se plantea la creación del hábitat del elefante en una habitación que contenga la vegetación adecuada del lugar, la inserción de la animación 3D por geolocalización y varios tipos de actuadores en el ambiente que permitan tener una inmersión más profunda.

REFERENCIAS

- [1] R. Monistrol, «Evolución y aplicación del marketing cultural en los museos,» *Bid Facultat de Biblioteconomia i Documentació*, n° 23, 2009.
- [2] Areti Damala, Nenad Stojanovic, «Tailoring the Adaptive Augmented Reality (A2R) Museum Visit: Identifying Cultural Heritage Professionals Motivations and Needs,» *2012 IEEE*

- International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH)*, pp. 71-80, 2012.
- [3] Moisés Ramírez, Erik Ramos, Omar Cruz, Jorge Hernández, Esperanza Pérez-Cordoba, Monica Garcia, «[13] of interactive museographic exhibits using Augmented reality,» *Electronics, Communications and Computing (CONIELECOMP), 2013 International Conference on*, pp. 1-6, 2012.
- [4] Chi-Fu Lin, Pai-Shan Pa, Chiou-Shann Fuh, «Mobile application of interactive remote toys with augmented reality,» *Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA)*, pp. 1-6, 2013.
- [5] R. Conde, «About en español,» [En línea]. Available: <http://celulares.about.com/od/Smartphones/ss/Parametros-Reales-Para-Identificar-Gamas-De-Los-Celulares.htm>. [Último acceso: 1 Junio 2016].
- [6] Sasithorn Rattananurongrot, Martin White, «A service-oriented mobile augmented reality architecture for personalized museum environments,» *Virtual Systems & Multimedia (VSM), International Conference on*, pp. 277-284, 2014.
- [7] Unity, «Unity3d,» [En línea]. Available: <http://unity3d.com/es/unity>. [Último acceso: 15 Marzo 2016].
- [8] Unity, «AssetStore,» [En línea]. Available: <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/home>. [Último acceso: 13 Abril 2016].
- [9] Google, «Cardboard,» [En línea]. Available: <https://vr.google.com/cardboard/get-cardboard/>. [Último acceso: 18 Mayo 2016].
- [10] Vuforia, «developer.vuforia,» [En línea]. Available: <https://developer.vuforia.com/downloads/sdk>. [Último acceso: 25 Abril 2016].
- [11] Biblioman, «AquiHayApuntes,» [En línea]. Available: <http://www.aquihayapuntes.com/indice-practicas-pic-en-c/bluetooth-hc-05.html>. [Último acceso: 29 Abril 2016].
- [12] Fabiano Amorim Vaz, João Lucas de Souza Silva, Rafael Sol dos Santos, «KinardCar: Auxiliary Game in Formation of Young Drivers, Utilizing Kinect and Arduino Integration,» *Virtual and Augmented Reality (SVR), XVI Symposium on*, pp. 139-142, 2014.
- [13] Miao Song, Serguei A. Mokhov, Sudhir P. Mudur, Jean-Claude Bustros, «Demo: Towards historical sightseeing with an augmented reality interactive documentary app,» *Games Entertainment Media Conference (GEM)*, pp. 1-2, 2015.
- [14] Alessandro Bellini, Cinzia Luddi, Simone Naldini, Carlo Ghetti, Emanuele Bellini, Giovanni Bergamin, «The application is designed to offer an immersive,» *Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)*, pp. 358-363, 2013.
- [15] Athanasios Kakarountas, Stamatis Dragoumanos, Konstantinos Kakarountas, «Extending visitor's reality at museums,» *Information, Intelligence, Systems and Applications,.*, pp. 196-200, 2014.
- [16] Thomas Chatzidimitris, Evangelia Kavakli, Maria Economou, Damianos Gavalas, «Mobile Augmented Reality edutainment applications for cultural institutions,» *Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, pp. 1-4, 2013.
- [17] «ARTHE_ experiencing projected Augmented Reality with things of the Everyday,» *Ubiquitous Intelligence and Computing, 2013 IEEE 10th International Conference on and 10th International Conference on Autonomic and Trusted Computing (UIC/ATC)*, pp. 495-501, 2013.

Modelación matemática de la radiación no ionizante producida por las estaciones base de telefonía celular

Mathematical modeling of non-ionizing radiation produced by cell phone base stations

Lizbeth Bonilla, Julio Cuji, Marco Jurado, Santiago Manzano

Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

Correspondencia Autores: lizbony@hotmail.es, julioecuji@uta.edu.ec

Recibido: agosto 2016, Publicado: diciembre 2016

Resumen— Las tecnologías vinculadas a la sociedad de la información y en este caso en especial la telefonía móvil ha tenido en estos últimos años una expansión tanto de servicios como su infraestructura para soportarlos, debido a esto las organizaciones encargadas de protección contra RNI han generados varios reglamentos en los cuales se limita la exposición humana a dichos radiaciones y obliga a las operadoras a realizar previos estudios a cada una de sus estaciones bases para controlar las emisiones electromagnéticas. Para acelerar el proceso de estudio se ha desarrollado una modelación matemática que determina si las emisiones electromagnéticas generadas por la ubicación de nuevas estaciones base sobrepasar dichos límites, lo cual optimiza el proceso de ubicación y da seguridad a la población donde estas sean ubicadas.

Palabras clave— Modelación, Telefonía, Celular, Electromagnéticas, Radiaciones.

Abstract— The technologies related to the information society and in this case especially mobile telephony has been in recent years an expansion of both services and infrastructure to support them, because of this the organizations responsible for protection RNI have generated several regulations which human exposure to such radiation is limited and requires operators to conduct preliminary studies for each of its base stations to control electromagnetic emissions. To accelerate the process of study has developed a mathematical model that determines whether electromagnetic emissions generated by the location of new base stations exceed those limits, which optimizes the placement process and gives security to the population where these are located.

Keywords— Modeling, Phones, Cell, Electromagnetic, Radiation.

I. INTRODUCCIÓN

Millones de personas en todo el mundo utilizan los teléfonos celulares como un dispositivo de comunicación de todos los días. Estaciones base continuamente se está construyendo. Una cantidad increíble de la publicidad generada en los medios de comunicación acerca de la

facilidad de acceso a los teléfonos celulares también ha causado gran preocupación entre las personas [1].

Esto nos lleva a ser personas que viven en un mundo de radiación. Las radiaciones se clasifican en: (a) la radiación ionizante que tiene suficiente energía para causar la ionización. Los electrones se eliminan de átomos de moléculas conocidas como ionización. Se puede cambiar las reacciones químicas en el cuerpo que conduce a daños en tejidos biológicos, incluidos los efectos sobre la genética del ADN. Los rayos gamma y los rayos X son las formas de radiaciones ionizantes. (b) La radiación no ionizante – esta no posee suficiente energía para causar ionización en la materia solo causa un efecto de calentamiento, pero por lo general no es suficiente para causar cualquier tipo de daño a largo plazo a los tejidos. Dentro de estos se encuentra la energía de RF, la luz visible y la radiación de microondas. Los estudios muestran que esta radiación no ionizante puede causar daño biológico a través de efectos de calentamiento [2].

Se ha establecido normas y estándares internacionales para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos se da en dos categorías: restricciones básicas (SAR, la densidad de potencia inducida) y los niveles de referencia espacio libre del campo eléctrico de intensidad [3]. La entidad encargada de hacer cumplir las recomendaciones internacionales en nuestro país es la Arcotel.

En la investigación se realizó la medición del campo eléctrico magnético y de la densidad de potencia emitida por las tres estaciones base que se encuentran en el cantón Mera a poca distancia una de la otra. Mismos datos serán utilizados en la aplicación que se desarrolla con el fin de determinar si la densidad de potencia que aumenta al incrementar una estación base afecta o no a la población del mencionado cantón.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los campos electromagnéticos son desconocidos e imperceptibles para las personas lo cual indica una clara falta de comunicación e información a los ciudadanos, porque no existe un organismo o entidad que se dedique a informar sobre el funcionamiento o la operación de las emisiones de radiación no ionizante producidas por las estaciones base, esto ha llevado a las personas a tener temor de dichas estaciones, lo que genera conflictos sociales y causa demoras en el despliegue de nuevas tecnologías inalámbricas.

La Arcotel institución encargada de dar permisos de funcionamiento a las operadoras de telefonía celular, por lo cual para que estas operadoras ubiquen nuevas estaciones base, piden que se desarrolle un estudio previo donde demuestren que la ubicación de una nueva estación base no sobrepase los valores límites establecidos por las normas internacionales. Dicho estudio se debe realizar con mediciones de niveles de campos electrográficos es decir tienen que seguir un proceso mismo que causa una gran demora en el despliegue de nuevas tecnologías.

Se recalca que la competencia entre las operadoras de telefonía móvil en el país ha llevado a las mismas a incrementar sus estaciones base con el fin de aumentar su cobertura con el objetivo de obtener más usuarios y de esta manera elevar sus ganancias. Esta competencia entre empresas ha causado que en el cantón Mera se haya implementado diversas estaciones base a poca distancia una de las otras, esto ha provocado una gran preocupación de los pobladores a vivir con el temor de adquirir alguna enfermedad con el paso de tiempo, por lo cual ellos se niegan a que se implementen más estaciones base en el cantón.

III. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Alrededor del mundo se ha realizado investigaciones acerca de radiaciones no ionizantes producidas tanto por las estaciones base de telefonía celular así como de estaciones transmisoras de radio y televisión tal es el caso de la entidad mundial Organización mundial de la Salud, la cual ha establecido el denominado Proyecto Internacional de Campos Electromagnéticos para evaluar los niveles de radiación electromagnética a las cuales pueden estar expuestas los seres humanos sin que estas afecten a su salud. [4]

Como resultado de estos estudios, basados en la revisión exhaustiva de documentos internacionales y estudios realizados se afirma que las exposiciones a los campos electromagnéticos de las telecomunicaciones pueden causar un incremento de temperatura en algunos órganos del cuerpo humano, sin embargo, mientras el incremento de temperatura sea menos a 1°C no habrá efectos sobre la salud de las personas. Los incrementos de temperatura mayores a

1°C pueden provocar cambios de comportamiento, reduciendo la resistencia debido al calor. [5]

Víctor Manuel Puente Tristán se basa en la detección, medición y modelo matemático de la radiación ionizante producida en los televisores comerciales en la cual crea un modelo matemático por medio del método de mínimos cuadrados de Gauss que se encarga de mostrar el incremento de radiación producida por el uso de cristales termoluminiscentes en las pantallas de los televisores. [6]

La investigación de análisis de exposición de radiaciones no ionizantes, realizado por Luis Javier Castillo Heredia indica que el desconocimiento de los riesgos a los seres humanos que producen las Radiaciones Electromagnéticas no Ionizantes, sobre los límites permitidos por las normas internacionales, producen una preocupación en las personas que viven en la cercanía de las antenas, por el temor de contraer una enfermedad crónica, debido a que viven cerca de una antena transmisora. [7]

IV. DESARROLLO DE MODELACIÓN MATEMÁTICO

El presente proyecto está orientado a la elaboración de un modelo matemático de la radiación no ionizante producida por las estaciones base de telefonía celular localizadas en el sector urbano del cantón Mera de la provincia de Pastaza como una referencia de lo que sucede en todas las estaciones base existentes, el cual consta en primer lugar de un estudio histórico-bibliográfico acerca de los daños que produce las emisiones de radiación no ionizantes generadas por las estaciones base a las personas expuestas y después se realizó la modelación matemática por medio de los datos adquiridos tanto del campo eléctrico como de la densidad de potencia los cuales fueron tomados mediante un analizador de radiación de alta frecuencia y posteriormente se realizó un software en el cual se muestra el funcionamiento del modelo matemático.

A. Estudio de Radiaciones no Ionizantes

Para la evaluación de los efectos que producen las emisiones de RNI en la salud del ser humano, se ha realizado una revisión de los principales documentos publicados por organizaciones internacionales tales como el IEEE, ICNIRP, IARC y OMS, además se revisó los documentos nacionales más importantes publicados por ARCOTEL.

Una considerable cantidad de investigación se ha realizado sobre la relación entre los campos de alta frecuencia y los resultados de salud como dolores de cabeza, dificultad de concentración, la calidad del sueño, la función cognitiva, efectos cardiovasculares, etc. Esta investigación no ha mostrado ningún tipo de efectos sobre la salud. El hallazgo sólo observado consistentemente es un pequeño efecto sobre la actividad cerebral medida por la

electroencefalografía (EEG). En fin no se ha demostrado que afectan a la calidad del sueño o estar asociados a otros efectos dañinos [8].

De otros estudios se ha determinado que los efectos en seres humanos sobre la función cognitiva y memoria, electroencefalogramas, disturbios del sueño y potenciales relacionados con eventos, dolor de cabeza y fatiga, hipersensibilidad, efectos en la presión sanguínea y el ritmo cardiaco, se observa que la evidencia de efectos adversos para exposición de bajo nivel es no convincente e inconsistente por lo que no se toman acciones que contrarresten este tipo de radiaciones.

También se ha demostrado que los efectos en la salud se dan como consecuencia del efecto térmico de las RNI que se producen cuando el SAR es mayor a 4W/ kg produciendo un incremento de temperatura mayor a 1 °C y que se convierte en el indicador más sensible que puede ser definido como efecto nocivo para la salud durante la exposición a campos electromagnéticos, el mismo que deber ser tomado en cuenta antes que aparezcan lesiones anatómicas debido a exposiciones fuertes y no tratadas con las medidas de seguridad requeridas.[9].

B. Elección de dispositivo de medición

En los últimos 20 años se han incrementado dramáticamente en la variedad de servicios que ofrecen las telecomunicaciones. Además de las tradicionales señales de radio, televisión, analógica walkie-talkie y militares, ahora tenemos nuevos servicios, tales como GSM, UMTS, CDMA, DVB-T, WLAN, WiMAX, y TETRA.

Pero cuando se trata de evaluar la seguridad se lo realiza mediante un conjunto de medición de frecuencia selectiva - un instrumento que analiza el espectro y por lo tanto se puede determinar qué fuente está activa actualmente y cuál es su intensidad de campo es en el momento.

Para la medición de la radiación no ionizantes producida por la estación base de telefonía celular se considera los siguientes dispositivos; SRM NARDA 3000, Spectran HF2025E, PCE-EMF 823 de los cuales se revisó las características técnicas, físicas y que el precio sea accesible. En la tabla 4.1 se muestran las características técnicas de los dispositivos de medición.

Tabla 4.1. Características Técnicas de dispositivos

	NARDA SRM 3000	Spectran HF2025E	PCE-EMF 823
			

Rango de frecuencias	100 kHz a 3 GHz	700MHz a 2,5GHz	30 Hz a 300 Hz
Amplitud	-27 dBm to +23 dBm (in steps of 1 dB)	-80dBm a 0dBm Antena: HyperLOG 7025, para GSM900, Smax=45 mW/m2	-----
Tiempo de muestreo más corto	-----	100mS	Aproximadamente 1 segundo
Anchos de banda de resolución (RBW)	Consulte las especificaciones para cada modo	1MHz a 50MHz	Micro Tesla- Tesla Gauss: 200 a milli-Gauss * 1
Unidades	V / m, A / m, W / m ² , mW / cm ² , dBV / m, m,	dBm, dBμV, V/m, A/m, W/m ²	-----
Entrada	Conector, 50 Ω	50 Ohm SMA AF (f)	-----
Exactitud	-----	+/- 4dB	20 microTesla ± (4 % + 3 d) 200 microTesla ± (5 % + 3 d) 2,000
Interfaz	RS232 y USB	USB 2.0/1.1	-----
Peso	1,9 kg con baterías	410gr	216 g / 0,48 lb
Garantía	5 años	10 años	1 año

Fuente: Investigadora

Se optó por elegir el dispositivo Spectran HF2025E, puesto que muestra las mejores características eléctricas, físicas y que a su vez cuenta con manuales de usuario amigables para facilitar el uso del mismo, que además tiene un precio aceptable.

C. Evaluación del procedimiento de medición.

Para realizar las mediciones de las emisiones electromagnéticas se tomó en cuenta las recomendaciones otorgadas por la entidad reguladora de las emisiones no

Modelación matemática de la radiación no ionizante producida por las estaciones base de telefonía celular

ionizantes de telefonía celular ARCOTEL. El procedimiento realizado es:

- Para la elección de puntos se evaluó las características geográficas en las cuales están ubicadas las estaciones base. Se efectuará las mediciones en puntos accesibles.
- Las mediciones se realizaron en las horas de mayor tráfico o de mayor potencia emitida en horario de 9am - 17pm.
- Los puntos de medición dependiendo de la antena, se escogieron entre dos y tres perfiles de acuerdo a la dirección de máxima propagación de las antenas de la estación base ya que cada una cubre 120° en el sector.
- Las distancias para la ejecución de las medidas 5- 10, 10–20, 20-50 y de 50 metros en adelante como lo ilustra la figura 4.3., en sentido horizontal y radial a partir de la base de la antena.

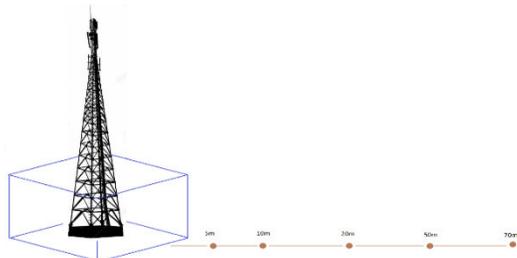


Fig. 4. 1. Esquema de medición
Fuente: Investigadora

- La altura de las mediciones será de 1.5 metros sobre la superficie del suelo.
- Todos los equipos utilizados están debidamente calibrados.
- El tiempo de medición debe ser de 6 minutos en cada punto y con el fin de evitar errores en la medición.
- Para evitar acoplamiento capacitivo, los puntos de medición deben encontrarse a una distancia no inferior a 20 cm de cualquier objeto conductor.
- Se procedió a medir en cada punto el campo eléctrico y densidad de potencia, en las frecuencias de telefonía celular; gracias a las prestaciones de Spectran HF2025E.

D. Realización de medición de campo eléctrico y densidad de potencia.

Se realizó una actividad de campo la cual constaba en seguir los pasos establecidos en la evaluación del procedimiento de medición. Las mediciones se recogieron durante tres meses, los días no fueron continuos debido a la presencia de días lluviosos.

En la tabla 4.2 se muestra el promedio de las mediciones otorgadas por la operadora Conecel tomadas a lo largo de los tres meses.

Tabla 4.2. Promedio de mediciones Conecel

DISTANCIA DE MEDICIÓN	TIPO DE EXPOSICIÓN	PROMEDIO CAMPO ELÉCTRICO V/m	PROMEDIO CAMPO MAGNÉTICO A/m	PROMEDIO DENSIDAD DE POTENCIA W/m ²
5m	POBLACIONAL	5,65E-01	4,03E-02	1,66E-02
10m	POBLACIONAL	4,84E-01	5,50E-03	2,77E-03
20m	POBLACIONAL	2,17E-01	3,45E-03	7,00E-04
50m	POBLACIONAL	5,89E-02	5,97E-04	3,23E-05
70m	POBLACIONAL	5,29E-02	5,45E-04	2,83E-05

Fuente: Investigadora

La tabla 4.3 se muestra el promedio de las mediciones de la operadora Otecel.

Tabla 4.3. Promedio de mediciones Otecel.

DISTANCIA A DE MEDICIÓN	TIPO DE EXPOSICIÓN	PROMEDIO CAMPO ELÉCTRICO V/m	PROMEDIO CAMPO MAGNÉTICO A/m	PROMEDIO DENSIDAD DE POTENCIA W/m ²
5m	POBLACIONAL	5,99E-01	4,39E-02	3,32E-02
10m	POBLACIONAL	6,04E-01	7,85E-03	5,93E-03
20m	POBLACIONAL	1,98E-01	3,09E-03	7,43E-04
50m	POBLACIONAL	9,89E-02	1,32E-03	2,04E-04
70m	POBLACIONAL	4,96E-02	5,17E-04	3,31E-05

Fuente: Investigadora

La tabla 4.4 se observa el promedio de las mediciones de la operadora CNT.

Tabla 4.4. Promedio de mediciones CNT

DISTANCIA A DE MEDICIÓN	TIPO DE EXPOSICIÓN	PROMEDIO CAMPO ELÉCTRICO V/m	PROMEDIO CAMPO MAGNÉTICO A/m	PROMEDIO DENSIDAD DE POTENCIA W/m ²
5m	POBLACIONAL	6,00E-01	4,06E-02	2,80E-02
10m	POBLACIONAL	6,06E-01	6,98E-03	4,12E-03
20m	POBLACIONAL	2,44E-01	2,62E-03	7,52E-04
50m	POBLACIONAL	9,11E-02	1,27E-03	1,89E-04
70m	POBLACIONAL	4,59E-02	5,85E-04	2,97E-05

Fuente: Investigadora

V. ELABORACIÓN DE MODELO MATEMÁTICO

Para la modelación matemática se usó el software Matlab el cual proporciona directamente un Toolbox, el cual dispone de varios métodos numéricos por los cuales se puede realizar la modelación matemática, en este caso se ha optado por realizar una modelación matemática por medio del desarrollo de un modelo exponencial porque a medida que aumenta la distancia de medición se reduce la densidad de potencia que generan cada una de las estaciones base.

Tal como se menciona las variables utilizadas para la obtención de la ecuación son la distancia a la que se realizó cada una de las mediciones se denominará (x) y los valores

de la densidad de potencia adquirida por el dispositivo de medición se denominara (y).

Para que los datos se adapten de mejor manera se usa la ecuación exponencial denotada así: $Y = Ae^{BX}$.

El proceso de la modelación lo realiza Matlab y lo presento a continuación:

1. Se exporta los datos de Excel, el archivo posee el nombre ecuación1.

```
%% Import the data
[~,~,raw] =
xlsread('C:\Users\Lenovo\Desktop\li\ecuacion1.xlsx','Hojal','B2:C181');
%% Create output variable
data = reshape([raw{:}],size(raw));
%% Allocate imported array to column variable names
DISTANCIA = data(:,1);
DENSIDAD_DE_PONTECIA_W_m2 = data(:,2);
%% Clear temporary variables
clearvars data raw;
```

2. Gráfica de los datos exportados y representados en la figura 4.5.

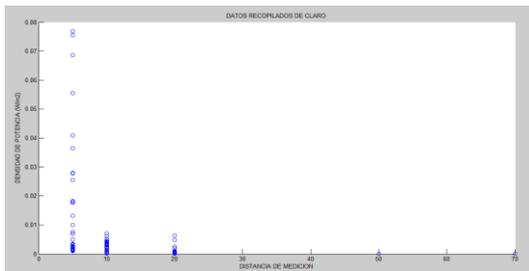


Fig.4 18. Datos recopilados de claro
Fuente: Investigadora

3. En este punto se realiza los cálculos matemáticos los cuales determinan los valores de los coeficientes de la modelación exponencial de datos de la densidad de potencia versus la distancia de medición.

```
function [fitresult, gof] = createFit(DISTANCIA,
DENSIDAD_DE_PONTECIA_W_m2)
%CREATEFIT(DISTANCIA,DENSIDAD_DE_PONTECIA_W_
M2)
% Create a fit.
% Auto-generated by MATLAB on 16-Dec-2015 19:17:07
%% Fit: 'ECUACION CLARO'.
[xData, yData] = prepareCurveData( DISTANCIA,
DENSIDAD_DE_PONTECIA_W_m2 );
% Set up fitype and options.
```

```
fit = fitype( 'exp1' );
opts = fitoptions( 'Method', 'NonlinearLeastSquares' );
opts.Display = 'Off';
opts.StartPoint = [0.0093628960908838 -0.101259973791054];
% Fit model to data.
[fitresult, gof] = fit( xData, yData, fit, opts );
% Plot fit with data.
figure( 'Name', 'ECUACION CLARO' );
h = plot( fitresult, xData, yData );
legend( h, 'DENSIDAD_DE_PONTECIA_W_m2 vs.
DISTANCIA', 'ECUACION CLARO', 'Location', 'NorthEast' );
% Label axes
xlabel( 'DISTANCIA' );
ylabel( 'DENSIDAD_DE_PONTECIA_W_m2' );
grid on
```

4. Dentro del Toolbox Apps se obtiene los valores de las variables A y B.

En donde $A=0.08274$ y $B=-0.3289x$ formando la modelación exponencial $y = 0,08274e^{-0,3289x}$ y se observa en la figura 4.6, la misma muestra que los datos se ajustan de manera óptima.

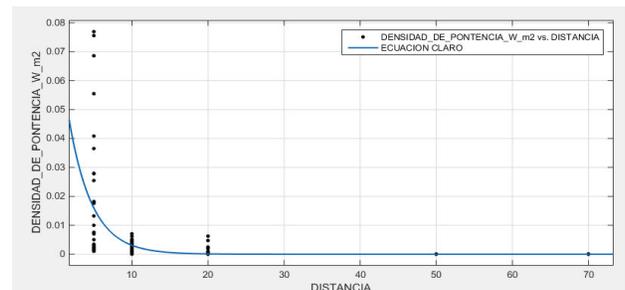


Fig. 4. 20. Modelación matemática de Claro
Fuente: Investigadora

El mismo procedimiento se lo realizo para las demás operadoras obteniendo las siguientes modelaciones exponenciales que se presentan en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Modelos Exponenciales de Operadoras

	Modelación Exponencial
CONECCEL	$y = 0,08274e^{-0,3289x}$
OTECCEL	$y = 0,1958e^{-0,3487x}$
CNT	$y = 0,1879e^{-0,3809x}$

Fuente: Investigadora

VI. DISEÑO DE APLICACIÓN MODELO MATEMÁTICO

El objetivo de la elaboración de una aplicación, es facilitar la generación de resultados del incremento de la densidad de potencia que sucede al incrementa una nueva estación base en el cantón Mera.

Modelación matemática de la radiación no ionizante producida por las estaciones base de telefonía celular

La aplicación fue desarrollada en Matlab, dada su filosofía orientada a objetos y a su gran capacidad de cálculo, y el uso de la interfaz gráfica de usuario (Guide), facilita la visualización de resultados. La aplicación es sencilla e intuitiva, de tal modo que, solo con unas pequeñas nociones, cualquier persona es capaz de conseguir resultados esperados.

Se estudió los parámetros necesarios, para proceder a la elaboración de dicha aplicación. En esta sección se explica las funcionalidades de la aplicación, para que el usuario pueda llegar a entender el funcionamiento del mismo.

En la Figura 6.1 se presenta la pantalla Caratula en donde están colocados datos informativos y botones denominados DIAGRAMAS Y MODELOS, RESULTADOS. Los están programados de tal forma en que se da clic en ellos y se abre automáticamente otra pantalla.



Fig 6.1. Caratula de Aplicación

Una vez que da clic en el botón DIAGRAMAS Y MODELOS se muestra la pantalla de la figura 6.2, esta GUI se denomina ESTACIONES Y es el resultado de la estación base de Conecel.

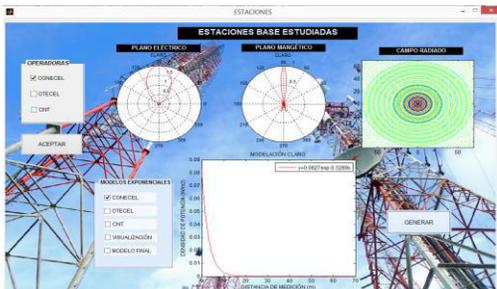


Fig.6.2. Resultados de Conecel

Para ver los resultados de campo eléctrico, campo magnético y campo radiado lo que tiene que hacer es seleccionar la opción de operadora y dar clic en ACEPTAR y para ver los resultados de la modelación matemática de la misma manera selecciona la operadora y da clic en GENERAR. De la misma manera se lo realiza para cada una de las operadoras.

VII. RESULTADOS DE MODELACIÓN MATEMÁTICA

Para verificar el funcionamiento de la modelación matemática al incrementar una nueva estación base se crea la GUI denominada RESULTADOS la cual se abre a dar clic en el botón ubicado en la caratula se presenta en la figura 7.1, donde se ubican datos de tecnologías, cálculo de distancias, datos de medidas realizadas y resultados de modelación matemática.

Lo único que el usuario tiene que ingresar para obtener los resultados el ingresar el número de estaciones base que quiere incrementar y la altura que tendrá la misma, además tiene que elegir si esta será una estación de Claro, Movistar y Cnt, simplemente da clic en la operadora que desee. Cada una de las Columnas está debidamente programada con datos recopilados, fórmulas de antenas, y fórmulas de las modelaciones matemáticas.

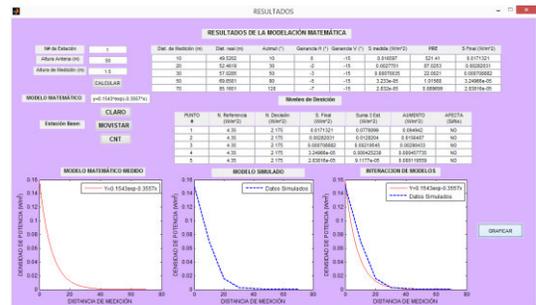


Fig. 7.1. Resultados de Modelación Matemática

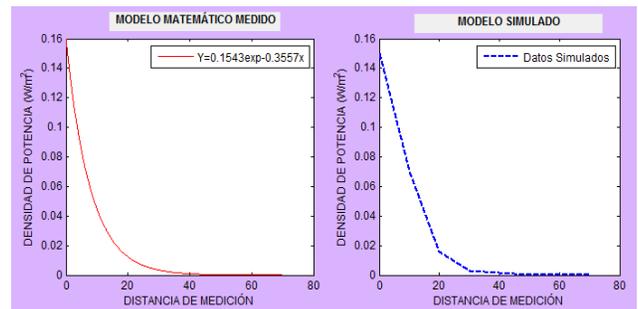


Fig. 7.2. Función de Modelación Matemática Final

Para comprobar el correcto funcionamiento de la modelación matemática se muestra la figura 7.2 se visualiza la función de la modelación matemática, en y la función de los nuevos datos simulados al incrementar una nueva estación base y en la figura 7.3 se muestra la interacción de las dos curvas, se comprueba que los nuevos datos de Densidad de potencia calculados se ajustan a la curva exponencial de manera óptima.

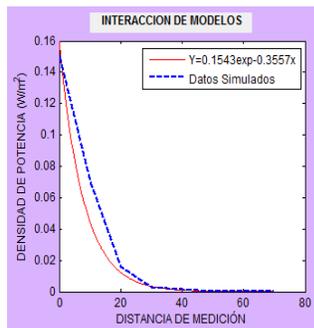


Fig. 7.3. Función de datos simulados

VIII. CONCLUSIONES

- Mediante el estudio de radiaciones no ionizantes el análisis muestra que el cuerpo humano puede absorber la radiación térmica desde las estaciones de base celular fácilmente, esto por medio de la elevación de la temperatura del cuerpo humano, así que no podemos decir exactamente que es seguro, pero no mortal, además el estudio demuestra que a las estaciones base a corto plazo generan incremento en el estrés, pérdida de reflejos, dolores de cabeza pero estos efectos biológicos dependen del tiempo de exposición, de la potencia de emisión, de la distancia entre la antena zonal y la persona expuesta.
- En este estudio, el nivel de las radiaciones no ionizantes en el caso de las mediciones de densidad de potencia emitida por los transmisores en la estación base situada alrededor de las áreas poblacionales se han llevado a varias distancias y en diferentes direcciones. Y los valores medidos están por debajo de los recomendados por las normas emitidas por Arcotel, pero lo cual, no evita que los habitantes no sigan teniendo temor de dichas estaciones.
- La elaboración de la aplicación por medio de un GUI de Matlab, ya que posee gran capacidad y maneja todo tipo de datos. Se creó una aplicación intuitiva de fácil manejo para cualquier usuario. Los datos que se obtuvieron de desde esta aplicación son diagramas de radiación, visualización de graficas de modelos matemáticos por estaciones, incremento de densidad de potencia y lo más importante muestra que datos generados se ajustan a la modelación matemática elaborada.

IX. RECOMENDACIONES

- Para mejorar la adustión de datos más precisos de mediciones de campos electromagnéticos se debe

adquirir un dispositivo de medición con mayor capacidad operacional esto permite dar predicciones de emisiones de radiaciones ionizantes con mayor eficacia.

- Para la adquisición del dispositivo de medición se debe tomar en cuenta la disposición de ese dentro del país, ya que al traerlo de otro país implica costos de envío, mas costos de aduana de aranceles y toda la problemática que ocasionan en la aduana al ingresar un producto que no es de conocimiento de los operadores.
- Los análisis comparativos de los resultados de la exposición a RF deben ser mostrados y explicado a toda la población del cantón en donde se realizó el proyecto, para sacar de su pensamiento el temor a adquirir enfermedades fatales, y darles noción de cómo funcionan las emisiones producidas por la estación bases.

REFERENCIAS

- [1] J. Gavan. 2007 «Estaciones Base y Auriculares Radio Móvil Sistemas de Radiación: Análisis, Mitigación y Simulaciones Técnicas», Conferencia Internacional sobre Sistemas de comunicación, Gold Coast Australia, 2008.
- [2] R. Andrzejak, R. Poreba 1, M. Poreba, A. Derkacz, R. Skalik, PGAC, B. Beck, «La influencia de la llamada con un teléfono móvil en la frecuencia cardíaca parámetros de variabilidad en voluntarios sanos, Higiene Industrial».2009
- [3] A. Guixa, «La radiación del teléfono móvil 2013 Disponible en <http://www.electroschematics.com/5200/mobile-phone-radiation/> (último acceso Agosto '15).
- [4] O. M. d. I. Salud, "Campos electromagnéticos y salud pública: teléfonos móviles," MARTES OCTUBRE 2014. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/>.
- [5] I. N. d. I. y. C. d. Telecomunicaciones, "Radiaciones No Ionizantes y la Salud," LUNES DICIEMBRE 2009. [Online]. Available: http://rmi.inicel-uni.edu.pe/suplemento-peruano/SUPLEMENTO_PERUANO.pdf.
- [6] V. M. P. Tristán, Detección, Medición y Modelo Matematico de la Radiacion producida en Televisores Comerciales, MEXICO: Universidad Autónoma Nuevo León, 1998
- [7] B. Thors, ML Strydom, B. Hansson, FJC Meyer, Kärkkäinen, "En la estimación de la RAE y Cumplimiento Distancia relacionada con la exposición a radiofrecuencias Desde Comunicaciones Móviles de estación de base de la antena, IEEE Transactions on Compatibilidad electromagnética ", 2008.
- [8] ICNIRP (Comisión Internacional sobre No Ionizante Protección Radiológica), "Directrices para limitar la exposición al tiempo que varía campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)", 1998.
- [9] KS Kunz y RJ Luebbers, "La Diferencia Finita Tiempo Método dominio para Electromagnetismo", CRC Press ", 1998

Compresor de Imágenes Médicas con formato DICOM mediante Familias Wavelets basadas en Funciones Atómicas

Compressor of Medical Images with DICOM Format by Families Wavelets based on Atomic Functions

Espinosa Jimena A., Cuji Julio E., Jurado Marco, Pallo Juan P.

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial
Ambato, Ecuador,

Correspondencia Autores: jimaeb@gmail.com, julioecuji@uta.edu.ec

Recibido: agosto 2016, Publicado: diciembre 2016

Resumen— En el presente artículo se presentan los resultados obtenidos en la compresión de las imágenes médicas con formato DICOM mediante familias wavelet basadas en funciones atómicas, sin afectar la calidad de la imagen y así no alterar el diagnóstico médico, esta investigación se la realizó al considerar la importancia de las imágenes médicas para la prescripción clínica, y tomando en cuenta las limitaciones de transmisión y almacenamiento por el gran tamaño de dichas imágenes. Para cumplir con los objetivos propuestos se realizaron investigaciones en Centros Radiológicos, determinando los criterios cualitativos y cuantitativos para evaluar la calidad de las imágenes médicas, además se analizó la transformada discreta Wavelet con Funciones Atómicas aplicada para la compresión de imágenes con extensión *.dcm, para el desarrollo del programa se utilizó el software Matlab y su herramienta Guide que permitió la creación de la interfaz gráfica, desempeñando la compresión y descompresión de las imágenes médicas.

Palabras clave— compresión de imágenes, DICOM, calidad de imágenes médicas, transformada wavelet.

Abstract— In this article the results of compression of medical images with DICOM format using wavelet families based on atomic functions without affecting image quality and thus not alter the medical diagnosis, this research was conducted by considering the present importance of medical imaging for clinical prescription, and taking into account the limitations of the transmission and storage of such large images. To meet the objectives investigations were performed in radiology centers, determining the qualitative and quantitative criteria for assessing the quality of medical images, plus the discrete wavelet transform is analyzed with atomic functions applied to image compression with *.dcm, program for the development of the Matlab software and its Guide tool that allowed the creation of the graphical interface was used, carrying the compression and decompression of medical imaging.

Keywords— Image compression, DICOM, medical imaging quality, wavelet transform.

I. INTRODUCCION

Con el avance de la tecnología y el desarrollo de equipos médicos, las imágenes médicas desempeñan un papel muy importante en la prevención y diagnóstico de un sin fin de enfermedades por lo que es imprescindible contar con

herramientas que permitan intercambiar dichas imágenes, sin embargo, la transmisión y almacenamiento de estos datos están limitados por el canal de comunicación y por la capacidad de almacenamiento en disco.

Los trabajos previos que se desarrollaron y de los cuales se partió para realizar el presente trabajo son: Elaboración de un método de compresión de imágenes utilizando los últimos conocimientos del Sistema Visual Humano, es un proyecto de fin de carrera que reposa en la Universidad Politécnica de Madrid desarrollado por el Señor Redondo Tejedor Rafael, el cual consistió en el desarrollo de un método de codificación de búsqueda de cadenas con códigos Huffman y Aritméticos justificando la elección en las características de dichas imágenes retinales y la implantación de un Toolbox gráfico para Matlab del nuevo estándar de codificación de imágenes JPEG2000 desarrollado por JPEG (Joint Photographic Experts Group).[1]

Existe un proyecto de tesis realizado por José Luis Sánchez Ramírez en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en México titulado “Investigación y Optimización de Compresión basada en Wavelet con aplicación a Imágenes Médicas”, el cual comprende una evaluación del estándar de compresión JPEG2000, para compresión de imágenes basado en la más reciente tecnología Wavelet que permita obtener mejores resultados al comprimir. [2]

“Compresión de Imágenes Médicas, artículo de investigación publicado en la revista del Instituto Nacional de Salud “Biomédica”, realizado por Tatiana Noreño y Eduardo Ramos”, presenta una revisión de las técnicas de compresión más utilizadas para el almacenamiento de imágenes. [3]

El presente artículo está dividido en 7 secciones que son: La sección 1 comprende la introducción sobre el tema investigado. La sección 2 envuelve los parámetros de calidad de la imagen médica. La sección 3 contiene propiedades matemáticas de funciones wavelets. La sección 4 comprende el algoritmo para la compresión. En la sección

5 está el algoritmo para la descompresión. La sección 6 contiene el análisis de los resultados y finalmente las conclusiones se presentan en la sección 7.

II. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA IMAGEN MÉDICA

Para realizar la compresión de Imágenes Médicas se consideran algunos parámetros que evalúan la calidad de las imágenes los cuales se muestran en la Figura 1.



Figura 1: Parámetros de calidad de la Imagen Médica

A. Contraste

El Contraste es la relación de densidad óptica del brillo entre dos zonas de una imagen, permite revelar diferencias tenues en la estructura de tejidos del organismo, y como la mayoría de las imágenes médicas son en blanco y negro el contraste se suele mostrar en forma de niveles de grises.

B. Resolución Espacial

La resolución espacial es la distancia mínima que debe existir entre dos puntos del objeto para poder identificarlos en la imagen como independientes.

C. Resolución Temporal

La resolución temporal permite obtener una imagen óptima en el menor tiempo posible. Es inversamente proporcional al tiempo de adquisición de la imagen

D. Ruido

El ruido es la información no deseada que contamina la imagen y se produce por la variación de los píxeles provocada por factores externos, es conveniente medir el nivel de ruido en relación al nivel de la señal original. [4]

E. Distorsión

La distorsión se produce por: la ampliación desigual de sistemas anatómicos, la impresión inexacta de la dimensión real, por la presencia de artefactos visualizados en la imagen, mal contacto en la pantalla- película debido a la

mala ubicación del paciente y también por puntos luminosos en la imagen que parecen micro calcificaciones. [5]

III. PROPIEDADES MATEMÁTICAS DE FUNCIONES WAVELETS

El algoritmo de descomposición de Wavelet utiliza un filtro pasa-bajo y un filtro pasa-alto, y para la reconstrucción emplea los filtros de síntesis complementarios, constituyendo estos cuatro filtros la reconstrucción perfecta.

En la figura 2 se aprecia como una señal es descompuesta en aproximaciones y detalles por efecto de los filtros pasa alto y pasa bajos. El símbolo $2\downarrow$ significa el proceso de decimación.

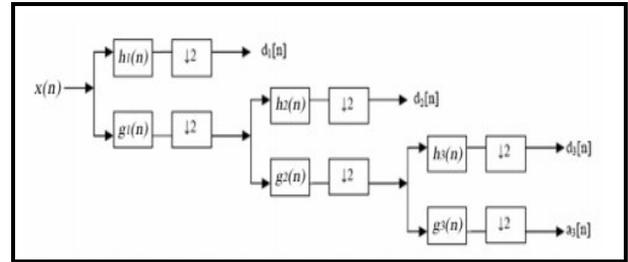


Figura 2: Árbol de Descomposición de wavelets de 3 niveles

A. Respuesta en Frecuencia

La respuesta en frecuencia se representa en forma gráfica y permite determinar el comportamiento de los filtros de análisis. La Figura 3 representa la respuesta en frecuencia de algunas familias wavelets que no están basadas en funciones atómicas y la Figura. 4 presenta la respuesta en frecuencia para las Wavelets de Kravchenko-Rvachev basadas en funciones atómicas.

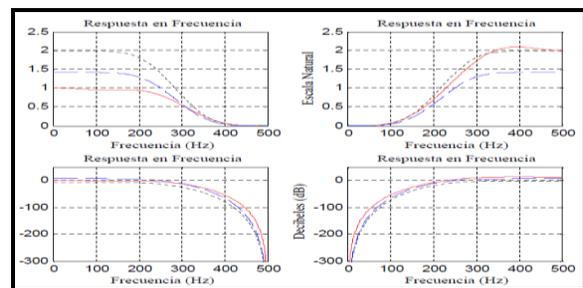


Figura3 Respuesta en Frecuencia: Wavelet 9/7 (línea continua), Daubechies 8 (línea punteada) y Symlet8 (línea espacio línea)

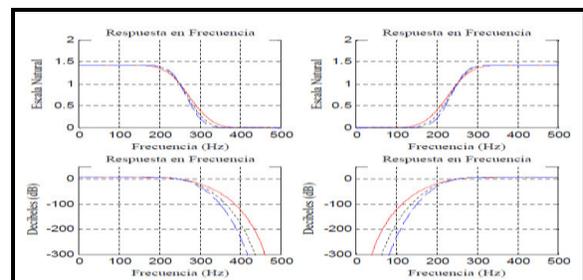


Figura 4. Respuesta en Frecuencia basada en Funciones Atómicas

$\mu p(x)$ (línea continua), $f\mu p(x)$ (línea punteada), $e\mu p(x)$ (línea espacio línea)

B. Orden de Aproximación

El orden de aproximación pertenece al número de factores que decide la función de transferencia, además corresponde con la tasa de disminución del error de proyección.

C. Límites de Riesz

Los límites de Riesz son los límites superior e inferior del filtro de autocorrelación y aseguran que las funciones de base subyacentes están en L2 que son linealmente independientes.

D. Proyección Coseno

El ángulo de proyección θ permite comparar el desempeño de la proyección biortogonal con la solución óptima de mínimos cuadrados para la aproximación en el espacio; entre los subespacios de análisis y síntesis debe ser de 90o.

IV. ALGORITMO PARA LA COMPRESIÓN

Una imagen en blanco y negro es una matriz de enteros M*N dentro de un rango específico como por ejemplo entre 0 y L-1, generalmente se asocia el color negro con el valor 0 y el blanco con el valor L-1. Cada elemento de la matriz es distinguido como pixel y su valor está asociado con una matriz particular en escala de grises.

Un sistema de compresión de imágenes está compuesto por tres etapas como se muestra en la Figura 5.

- Transformación
- Cuantización
- Codificación

A. Transformación

En esta etapa se emplea una función que convierte el conjunto de datos de la imagen original en un nuevo conjunto de datos en los cuales se excluye la información redundante sin pérdida de información.

En este caso se aplicó la Transformada Wavelet porque permite localizar en la imagen toda la información “oculta” es decir los niveles de resolución que como por ejemplo con la Transformada de Fourier no se puede encontrar. Para la elección del mejor grupo de bases wavelet se toma en cuenta el filtro wavelet que se debe utilizar, debido a que la representación de la gráfica debe ser de alta calidad se requiere de filtros con un gran número de momentos desvanecidos para que las partes suaves de la imagen produzcan coeficientes wavelets muy pequeños.

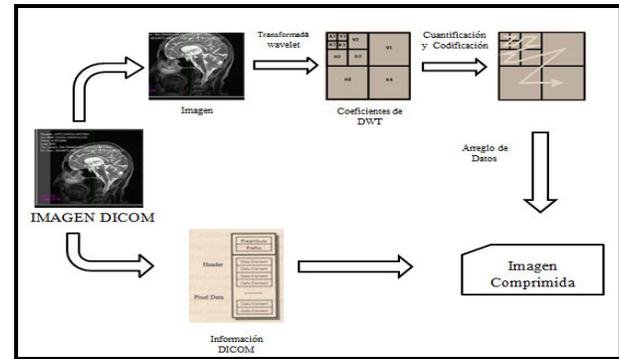


Fig. 5 Esquema de Compresión

Los filtros que se utilizaron son de las Wavelets Atómicas de Kravchenko y son los siguientes:

Filtro paso bajo de descomposición: Se muestra en la Ec. 1 que se encuentran expandiendo $H_0(\omega)$ en una serie de Fourier Ec 2:

$$H(\omega) = \sqrt{2}H_0 = \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_n e^{in\omega} \quad \text{Ec. 1}$$

$$h_n = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H_0(\omega) e^{in\omega} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde los coeficientes del filtro h_n satisfacen la condición de la Ec. 3.

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_n = H_0(0) = 1 \quad \text{Ec. 3}$$

Filtro paso alto de descomposición: Los otros filtros se definen en términos de $H(\omega)$ como se observa en la Ec.4 [6]

$$G(\omega) = e^{i\omega} \overline{H(\omega + \pi)} = \sum_{n \in \mathbb{Z}} g_n e^{-in\omega} \quad \text{Ec. 4}$$

En la Tabla 1. Se observa que los coeficientes del filtro satisfacen la condición de

Tabla 1 Coeficientes del Filtro h_n para la nueva función escalada $\phi(x)$ de las Wavelets Kravchenko

n	$h_n = h_{-n}$	n	$h_n = h_{-n}$
0	0.757698251288	17	0.000384982816
1	0.438708321041	18	0.000499860951
2	-0.047099287129	19	-0.000700388155
3	-0.118027008279	20	0.000468702885
4	0.037706980974	21	0.000255769244
5	0.043603935723	22	-0.000649033581
6	-0.025214528289	23	0.000266223602
7	-0.011459893503	24	0.000307507863
8	0.013002207742	25	-0.000463771747
9	-0.001878954975	26	0.000104807634
10	-0.003758906625	27	0.000324973138
11	0.005085949920	28	-0.000288500372
12	-0.001349824585	29	-0.000066833177
13	-0.003639380570	30	0.000021430184
14	0.002763059895	31	-0.000018524173
15	0.001188712844	32	-0.000032851429
16	-0.001940226446		

B. Cuantización

Luego de que la imagen ha sido transformada se adquiere una matriz de M*M con coeficientes que deben ser cuantizados, se eliminan los coeficientes menos representativos. Mediante la descomposición de una imagen médica con transformada wavelet se obtienen cuatro componentes, en la Tabla 2 se puede observar las componentes con la información que contienen ya sean frecuencias bajas o altas y en qué dirección vertical u horizontal.

C. Codificación

Hasta esta etapa se obtiene el dato para ser comprimido que consiste en una fila de M2 enteros entre 0 y r-1, para algún entero positivo r.

Esta fila de números hay que codificarla y aprovechar la redundancia para disminuir el número de bits que se requieren para almacenar la fila.

Tabla 2: Componentes de la Descomposición de una Imagen con Wavelet

	DIRECCION	HORIZONTAL	VERTICAL
COMPONENTES			
LL		Baja Frecuencia	Baja Frecuencia
LH		Baja Frecuencia	Alta Frecuencia
HL		Alta Frecuencia	Baja Frecuencia
HH		Alta Frecuencia	Alta Frecuencia

V. ALGORITMO PARA LA DESCOMPRESIÓN

Para iniciar el proceso de descompresión se selecciona la imagen comprimida y se realiza el proceso inverso que la compresión como se muestra en la Figura 6.

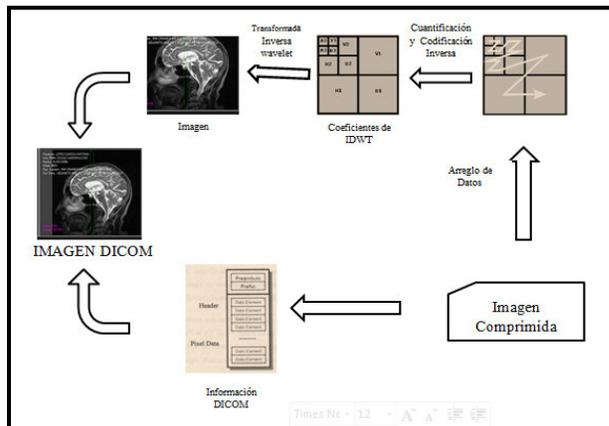


Figura 5. Esquema de Descompresión

Los coeficientes obtenidos para la reconstrucción de la imagen se obtuvieron de las siguientes ecuaciones que representan los filtros pasa alto y pasa bajo de reconstrucción.

Filtro paso bajo de reconstrucción:

$$\overline{H(\omega)} = \sum_{n \in \mathbb{Z}} \tilde{h}_n e^{-in\omega} \tag{Ec. 5}$$

Filtro paso alto de reconstrucción:

$$\tilde{G}(\omega) = e^{-i\omega} H(\omega + \pi) = \sum_{n \in \mathbb{Z}} \tilde{g}_n e^{-in\omega} \tag{Ec. 6}$$

$$\tilde{G}(\omega) = \sum_{n \in \mathbb{Z}} (-1)^{n-1} h_{n-1} e^{-in\omega} \tag{Ec. 7}$$

Entonces:

$$g(n) = (-1)^{n-1} h_{n-1} \tag{Ec. 8}$$

Ejemplo para obtener el coeficiente $g(0)$

Si $h_0 = 0.757696698674595$

$$g(0) = (-1)^{0-1} h_{-1}$$

$$h_1 = h_{-1} = 0.438708965447716$$

$$g(0) = (-1)^{0-1} * (0.438708965447716)$$

$$g(0) = -0.438708965447716$$

En la Tabla 3. Se observan los coeficientes obtenidos para la descompresión.

Tabla 3: Coeficientes del Filtro g_n para la nueva función escalada $\phi(x)$ de las Wavelets Kravchenko

N	$g_n=g-n$	N	$g_n=g-n$
1	-0.438708965447715	17	-0.001190436285742
2	0.757696698674595	18	-0.001941676039092
3	-0.438708965447716	19	-0.000384533687802
4	-0.047097949870288	20	0.000501460496150
5	0.118028794320359	21	0.000701405743411
6	0.037706314314555	22	0.000468177622539
7	-0.043606360094327	23	-0.000257297316413
8	-0.025214916873357	24	-0.000649954951212
9	0.011462076128870	25	-0.000265524204123
10	0.013003645662999	26	0.000309067549210
11	0.001877974964581	27	0.000464513517405
12	-0.003760753697217	28	0.000103937334339
13	-0.005086624232600	29	-0.000326529626101
14	-0.001348620154255	30	0.000289041675800
15	0.003641208512878	31	0.000067886949634
16	0.002763266479132	32	0.000215180672472

VI. DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA LA COMPRESIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS EN EL SOFTWARE MATLAB

A. Diagrama de Flujo del Programa Elaborado

El programa compresor de las imágenes médicas funciona de la siguiente manera: Primero hay que abrir la imagen médica con extensión *.dcm, luego si hace clic sobre el botón COMPRIMIR se realiza la compresión de la imagen y se habilitan los botones GUARDAR IMAGEN COMPRIMIDA y también el botón DESCOMPRIMIR, el cual esta creado para obtener la imagen original luego de la compresión, básicamente este botón se lo puede utilizar por ejemplo, después de haber transferido la imagen médica comprimida y para que el doctor receptor de la imagen pueda visualizar la imagen original.

Figura 6: Diagrama de Flujo del programa para la compresión de imágenes médicas.

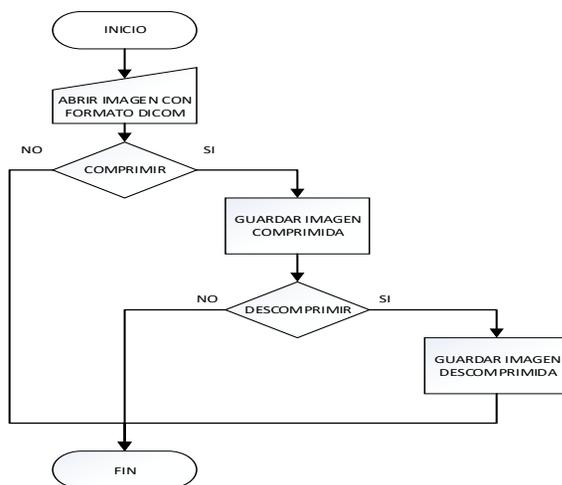


Figura 6 Diagrama de Flujo

B. Interfaz Gráfica

La Interfaz Gráfica creada se muestra en la Figura 7 y está compuesta por cuatro paneles que son:

- Panel de Control: Este panel contiene los botones: ABRIR (permite abrir la imagen en formato DICOM), COMPRIMIR (realiza la compresión de la imagen y la visualiza) y DESCOMPRIMIR (este botón se habilita luego de que la imagen ha sido comprimida y permite recuperar la imagen).
- Panel de Imágenes: Está compuesta por 4 áreas de imágenes distintas en donde se visualizan la Imagen Original, Imagen Comprimida, Imagen Descomprimida y las Imágenes de las Componentes Wavelet.
- Panel de Datos: En este panel se observan los valores de parámetros importantes obtenidos en la compresión.

- Panel de Histogramas: En esta área se visualizan los gráficos del histograma de la imagen original y de las componentes wavelet.

VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A. Resultados de las Pruebas Subjetivas

Se analizó 20 imágenes médicas tomando en cuenta el tamaño de la imagen sin comprimir y el tamaño de la imagen comprimida obteniendo un porcentaje de compresión aproximadamente del 75% ahorro de espacio en disco del 25%. En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos.



Figura7 Interfaz Gráfica

Tabla 4: Resultados Obtenidos luego de la compresión

NOMBRE	TAMAÑO IMAGEN ORIGINAL (Mb)	TAMAÑO IMAGEN COMPRIMIDA (Mb)	PORCENTAJE DE COMPRESION (%)
IMAGEN1	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN2	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN3	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN4	9,37	2,34435	74,98
IMAGEN5	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN6	9,37	2,34435	74,98
IMAGEN7	9,37	2,34435	74,98
IMAGEN8	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN9	9,37	2,34435	74,98
IMAGEN10	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN11	9,37	2,34435	74,98
IMAGEN12	9,37	2,34435	74,98
IMAGEN13	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN14	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN15	2,7	0,6752	74,99
IMAGEN16	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN17	4,69	1,17419	74,96

IMAGEN18	4,69	1,17419	74,96
IMAGEN19	9,37	2,34435	74,98
IMAGEN20	9,37	2,34435	74,98
ESPACIO OCUPADO EN DISCO DURO	129,25	32,34609	74,97

B. Resultados de las Pruebas Objetivas

Una vez finalizado el trabajo de investigación se realizó pruebas en el consultorio de la Dra Dra. Ximena Viera Medina Libro 82 Folio 08 N0 22 ubicado en las calles. Quien certificó que el programa realiza la compresión sin afectar la calidad de la imagen y sin pérdida de información que pudiera alterar el diagnóstico médico del paciente.

VIII. CONCLUSIONES

La calidad de las imágenes con formato. dcm se mantuvo gracias a que las Wavelets basadas en funciones atómicas tiene filtros con una respuesta en frecuencia más selectivo.

Con la metodología empleada se logró determinar que el empleo de las wavelets basadas en FAs tiene la capacidad de mantener una buena definición de los contrastes y luminancias de la imagen.

Se desarrolló una metodología de compresión que permite la transmisión de imágenes médicas a través de redes con diferentes características favoreciendo a los pacientes que podrán obtener un diagnóstico ágil y confiable.

REFERENCIAS

- [1] R. Redondo, «Tesis: Desarrollo de Algoritmos de Optimización visual en Imágenes Médicas,» Junio 2002. [En línea]. Available: <http://optica.csic.es/papers/pfc-rredondo.pdf>. [Último acceso: 5 Enero 2014].
- [2] J. Ramírez, «Investigación y Optimización de Compresión basada en Wavelet con aplicación a Imágenes Médicas,» 26 Mayo 2008. [En línea]. Available: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3689/INVESTYOPTIMIZ.pdf>. [Último acceso: 20 Enero 2014].
- [3] T. Noreño y E. Ramos, Compresión de Imágenes Médicas, 14 Agosto 2012. [En línea]. Available: <http://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/804>. [Último acceso: 20 Enero 2014].
- [4] P. Escobar. [En línea]. Available: <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/pescobar/E7-1/Archivos/2%20-%20Imagen%20medica.pdf>. [Último acceso: 04 Julio 2014].
- [5] OIEA, “PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIODIAGNÓSTICO Y EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA”
- [6] V. Kravchenko, H. Perez y V. Ponomaryov, Adaptative Digital Processing of Multidimensional Signals with Applications, Moscu: Fizmatlit, 2009, p. 9.

Modelo de semáforo inteligente empleando un algoritmo genético

Intelligent traffic light model using a Genetic Algorithm

Fernando Mejía^a, German Torres^b, Eduardo Villa^c

^a Facultad de Informática y Electrónica/Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

^b Unidad de Admisión y Nivelación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

^c Facultad de Informática y Electrónica/Escuela de Ingeniería en Sistemas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Correspondencia Autores: msmejiaedwinf@yahoo.com, gtorres@esepoch.edu.ec, evilla@esepoch.edu.ec

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— El control automático y las técnicas del Softcomputing han evolucionado en resolver los problemas de control óptimo que consiste en asignar tiempos a los semáforos de acuerdo a la llegada de vehículos en el cruce de calles donde debe fluir el tráfico de una manera rápida. En este artículo se ha desarrollado un algoritmo genético que controle los tiempos de cambio de luces entre verde, amarilla y roja con el objetivo de minimizar al máximo la congestión vehicular de la ciudad de Riobamba. Para esto se realiza un seguimiento de lo que está pasando en las calles con cada uno de los vehículos que llegan al semáforo. Se realiza también una revisión de que tiempos se adaptaron mejor, es decir, los que minimizaron mejor el tráfico, se hace a través de un cruce y mutación que nos da el método de aprendizaje de los algoritmos genéticos. Entonces de esta manera se controla el tráfico de Riobamba y se ayuda a minimizar en gran medida basado en sensores el flujo vehicular.

Palabras Claves— Inteligencia Artificial, Softcomputing, Algoritmos Genéticos, Semáforo Inteligente, Sensores.

Abstract— the automatic control and techniques of the Softcomputing have evolved in solving the problems of optimum control that consists of assigning times to the traffic lights according to the arrival of vehicles in the crossing of streets where the traffic must flow in a fast way. In this article, a genetic algorithm has been developed that controls the time of change of lights between seeing, yellow and red in order to minimize the traffic congestion of the city of Riobamba. For this, it is tracked what is happening on the streets with each of the vehicles that arrive at the traffic light. We also performed a review of which times were better adapted, that is, those that minimized the traffic better, is done through a cross and mutation that gives us the method of learning the genetic algorithms. This way the traffic of Riobamba is controlled and it is helped to greatly minimize sensor-based traffic flow.

Keywords— Artificial Intelligence, Softcomputing, Genetic Algorithms, Intelligent Semaphore, Sensors.

I. INTRODUCCIÓN

Desde los años cincuenta, existen evidencias que se usaron ordenadores para realizar ciertos procesos naturales [Neum, 56], [Neum, 58]. Uno de los primeros trabajos que utilizan un proceso evolutivo para la resolución de problemas en computadoras es el de Friedberg [Frie, 58], [Frie, 59]. Aquí se manifiesta la utilización de algoritmos evolutivos para programación automática.

A mediados de los 60's ya se establecen las bases de lo que hoy es la computación evolutiva. Donde los trabajos de Fogel [Foge, 66] en San Diego de California, se desarrollaron el campo de la Programación Genética.

Se desarrollan también los algoritmos genéticos por Holland [Hol, 69] en la Universidad de Michigan, a la vez las estrategias evolutivas en la Universidad de Berlín [Rech, 65].

En el año 1991 se reúnen varios investigadores en el Workshop on Paralell Problem Solving from Nature en Dortmund, en donde en realidad nace la Computación Evolutiva como término [Schw, 91] para englobar las tres técnicas empleados que son: algoritmos genéticos, estrategias evolutivas y la programación genética [1].

La investigación en teorías sobre la evolución es el paradigma neo-Darwiniano. En esta teoría se da una afirmación de que la vida puede ser completamente justificada mediante procesos físicos, mediante poblaciones y especies [Hoff, 89].

Esta oportunidad se potencia con el auge del paradigma de la Teoría de la Complejidad, que privilegia la no linealidad, la irreversibilidad y el no determinismo, en esferas que recorren todo el universo científico [2].

Los Sistemas Expertos son pioneros en la idea de obtener modelos partiendo de expresiones verbales, de manera que los decisores humanos pueden aplicar su experiencia esencial en problemas concretos. La representación del conocimiento sobre la base de la Lógica es aquí protagónica. En los últimos tiempos se ha desarrollado una disciplina matemático-informática llamada Soft-Computing o Inteligencia Computacional, [3-4]. Entre los fundamentos de esta disciplina está también los algoritmos genéticos [4-6].

A partir de la década de los 80 del siglo anterior, los responsables de los departamentos de tráfico intuyeron que las soluciones tradicionales que se estaban aplicando no serían capaces de resolver esta problemática. Estas soluciones típicamente implicaban la construcción de nuevas infraestructuras o la ampliación de las ya existentes, pero en muchos casos no eran soluciones viables debido principalmente a los elevados costes, a la carencia de espacio disponible y al inevitable impacto medioambiental. Por tanto, los departamentos de tráfico de todo el mundo están muy interesados en la optimización de las

infraestructuras existentes, con el objeto de mejorar al máximo sus prestaciones [5]. La Unión Europea tiene diferentes medios, a través de los cuales pretende mitigar los indeseables impactos citados con anterioridad. Desde el establecimiento de normas de comportamiento para los turismos nuevos, con el fin de reducir las emisiones de CO₂ [3], hasta el uso de una normativa para disminuir el ruido de vehículos de motor, pasando por las medidas ordenadoras del tráfico, como pueden ser, entre otras, el funcionamiento de los semáforos que regulan una intersección vial.

La función principal de los semáforos en el control de una intersección es dar el paso alternativamente a los distintos grupos de vehículos, peatones, bicicletas y/u otro sistema de transporte, de tal manera que éstos pasen a través de la intersección con un mínimo de problemas, riesgos y demoras. Los objetivos del diseño de una intersección regulada por semáforos son:

- Reducir y prevenir cierto tipo de accidentes en la intersección y en las intersecciones aledañas.
- Reducir las demoras que experimentan los peatones y los vehículos al intentar cruzar la intersección, y al mismo tiempo evitar los obstáculos en las intersecciones más cercanas causados por colas largas.
- Reducir el consumo de combustible de los vehículos en la intersección.
- Reducir la emisión de contaminantes al aire (CO₂), que afectará positivamente [3,5]

En este artículo se revisa una de las técnicas de inteligencia artificial que son los algoritmos genéticos, la importancia en el desarrollo de sistemas automáticos en el mundo de la semaforización inteligente, se describe cuáles son los dispositivos más comunes, así como la técnica para desarrollar el algoritmo genético.

Debido a los índices de demora de los tiempos en los cruces de semáforos y por ende la correspondiente molestia que los conductores han expresado, entonces se realiza una automatización de los semáforos para que exista una fluidez mayor respecto a los tiempos.

El objetivo es implementar y analizar un algoritmo genético para disminuir los tiempos y mejorar la movilidad de los vehículos en la ciudad de Riobamba en el Ecuador, dando prioridad a las vías con mayor tráfico. El algoritmo aprende de los cambios que se efectúan en los semáforos y de esta manera busca obtener los tiempos óptimos.

Este sistema inteligente captura a través de los sensores donde existe mayor cantidad de autos y de acuerdo a los tiempos seleccione los ciclos más óptimos para seguir actualizando su aprendizaje.

II. GENERALIDADES

En este trabajo de investigación se desarrolla un análisis de cómo realizar la captura de los datos de la longitud de cola de los vehículos que llegan a los semáforos. Esto se realiza mediante sensores ubicados en cada calle de donde están los semáforos.

Este sistema inteligente captura la longitud de cola vehicular en cada semáforo, y da prioridad a las intersecciones con mayor afluencia vehicular. Luego

selecciona los ciclos más óptimos adaptados al tráfico, con el fin de realizar nuevas generaciones a partir del proceso de aprendizaje de los algoritmos genéticos. Al momento de finalizar el análisis de ciclos, son realizadas actualizaciones en cada semáforo para volver a ejecutar el proceso.

La longitud en tiempo del ciclo completo de los semáforos, es decir, el tiempo necesario para que se dé una sucesión completa de indicaciones en los semáforos conectados a un mismo regulador. Independientemente de lo que resulte de los cálculos, la duración del ciclo tiene que estar forzosamente comprendida entre los límites que fija la psicología del conductor. La práctica indica que ciclos menores de 35 segundos o mayores de 120, se acomodan difícilmente a la mentalidad del usuario de la vía pública [6].

Debido a que la buena coordinación de la red de semáforos de la ciudad y la optimización de los ciclos y fases de los mismos son herramientas fundamentales para tratar de resolver los problemas de congestión de tráfico y sobresaturación de vehículos, como se demuestra en algunos trabajos [4], es por lo que se ha diseñado un nuevo modelo, que es la principal aportación del presente artículo, para la resolución de dichos problemas

A. Algoritmos Genéticos

Los Algoritmos Genéticos (AGs) son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos. A lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza de acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por Darwin. Por imitación de este proceso, los Algoritmos Genéticos son capaces de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas. [7]

Un algoritmo genético consiste en una función matemática o una rutina de software que toma como entradas a los ejemplares y retorna como salidas cuáles de ellos deben generar descendencia para la nueva generación. [8]

Versiones más complejas de algoritmos genéticos generan un ciclo iterativo que directamente toma a la especie (el total de los ejemplares) y crea una nueva generación que reemplaza a la antigua una cantidad de veces determinada por su propio diseño. Una de sus características principales es la de ir perfeccionando su propia heurística en el proceso de ejecución, por lo que no requiere largos períodos de entrenamiento especializado por parte del ser humano, principal defecto de otros métodos para solucionar problemas, como los Sistemas Expertos [6].

B. Metodología

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica con base en la adaptación de la metodología PRISMA [Preferred Reporting Items for Systematic

Reviews and Meta-Analyses][Urrutia y Bonfil, 2010]. La pregunta de investigación establecida para conducir el proceso metodológico fue el siguiente: ¿Cuáles son los enfoques y estrategias de implementación de los Algoritmos Genéticos para el uso de semáforos inteligentes? Los principios básicos de los Algoritmos Genéticos fueron establecidos por Holland, y se encuentran bien descritos en varios textos. Goldberg, Davis, Michalewicz, Reeves. [6]

En la naturaleza los individuos de una población compiten entre sí en la búsqueda de recursos tales como comida, agua y refugio. Incluso los miembros de una misma especie compiten a menudo en la búsqueda de un compañero. Aquellos individuos que tienen más éxito en sobrevivir y en atraer compañeros tienen mayor probabilidad de generar un gran número de descendientes. Por el contrario, individuos poco dotados producirán un menor número de descendientes. Esto significa que los genes de los individuos mejor adaptados se propagarán en sucesivas generaciones hacia un número de individuos creciente [3]. La combinación de buenas características provenientes de diferentes ancestros, puede a veces producir descendientes "superindividuos", cuya adaptación es mucho mayor que la de cualquiera de sus ancestros. De esta manera, las especies evolucionan logrando unas características cada vez mejor adaptadas al entorno en el que viven.

Los Algoritmos Genéticos usan una analogía directa con el comportamiento natural. Trabajan con una población de individuos, cada uno de los cuales representa una solución factible a un problema dado. A cada individuo se le asigna un valor o puntuación, relacionado con la bondad de dicha solución. En la naturaleza esto equivaldría al grado de efectividad de un organismo para competir por unos determinados recursos [5]. Cuanto mayor sea la adaptación de un individuo al problema, mayor será la probabilidad de que el mismo sea seleccionado para reproducirse, cruzando su material genético con otro individuo seleccionado de igual forma. Este cruce producirá nuevos individuos, descendientes de los anteriores, los cuales comparten algunas de las características de sus padres. Cuanto menor sea la adaptación de un individuo, menor será la probabilidad de que dicho individuo sea seleccionado para la reproducción, y por tanto de que su material genético se propague en sucesivas generaciones.

De esta manera se produce una nueva población de posibles soluciones, la cual reemplaza a la anterior y verifica la interesante propiedad de que contiene una mayor proporción de buenas características en comparación con la población anterior. Así a lo largo de las generaciones las buenas características se propagan a través de la población. Favoreciendo el cruce de los individuos mejor adaptados, van siendo exploradas las áreas más prometedoras del espacio de búsqueda. Si el Algoritmo Genético ha sido bien diseñado, la población convergerá hacia una solución óptima del problema. [7]

C. Proceso de Control Inteligente

1. Cantidad de Vehículos

Se captura la cantidad de vehículos que llegan al semáforo, es decir, la cantidad de vehículos que tiene un semáforo en cola. Esto se realiza por medio de una red de sensores ubicados a 80mts, 40mts y 2mts de cada semáforo. Actualmente se han implementado en Riobamba dos tipos de sensores: uno de presión, que es ubicado debajo del asfalto, y otro de presencia o proximidad (infrarrojos), que es ubicado en la parte izquierda y derecha de la calle (figura 1). Se propone utilizar en una futura implementación el sensor de cámara, no solo por ser el más económico, sino también porque tiene un rango de visión más amplio.

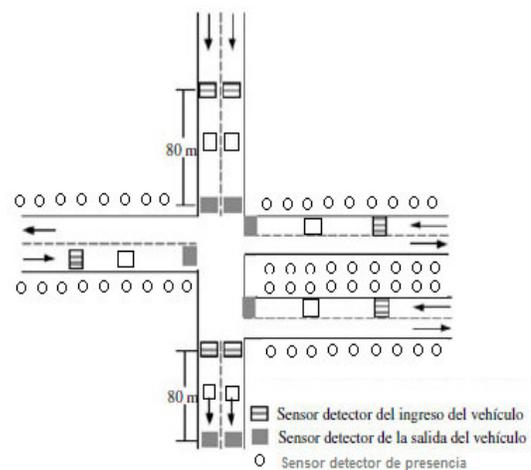


Fig. 1. Modelo Estándar de los sensores

El prototipo retorna por cada semáforo la cantidad real de vehículos que se encuentran en la carretera, de manera parecida a como si contara con un sensor real. Luego de recorrer las intersecciones y de capturar la cantidad de vehículos por cada semáforo, se organizan de mayor a menor, siendo las intersecciones prioritarias las que mayor cantidad de vehículos tengan. La figura 2 muestra la ubicación del sensor de impacto o presión. De esta manera, se crea la primera generación de tiempos de los ciclos verde y rojo, y el tiempo de ciclo amarillo se ha determinado como una constante con un valor de dos segundos. Esta primera generación creada se realiza a partir de la demanda de vehículos; se establecen unos límites para esta y evitar que un punto del sistema sea sobrecargado.

La función de adaptación con los tiempos de los ciclos que se crearon en la primera generación se calcula el impacto en el sistema, es decir, se evalúa cuáles de los tiempos generados se adaptaron al sistema de tráfico de manera positiva, cuáles ayudaron a minimizar el tráfico y cuáles contaron con el menor tiempo del ciclo. Esto se hace comparando el flujo vehicular y los tiempos de ciclo, y el resultado es guardado para las siguientes generaciones de ese semáforo.

2. Función de adaptación

Los tiempos que se generan en cada semáforo por la cola de autos que intervienen en el mismo se calcula el impacto en el sistema, esto es, evaluar cuales de esos tiempos puede adaptarse al sistema, en donde está el mejor tiempo para disminuir de manera positiva el tráfico en la ciudad y finalmente donde están los tiempos menores del ciclo.

Esto se hace comparando el flujo vehicular y los tiempos de ciclo, y el resultado es guardado para las siguientes generaciones de ese semáforo. Los tiempos que no se adaptaron al ciclo son desechados, siguiendo el esquema de evolución de Darwin [8], y así para cada semáforo.



Fig. 2. Sensor de impacto o presión

Cambio de rojo a verde y viceversa

Teniendo los diferentes niveles de pertenencia arrojados por la función de adaptación, los mismos deben ser procesados para generar una salida óptima. La tarea del sistema inteligente es tomar los niveles de pertenencia y apoyado en los tiempos mejores, se genera la salida del color rojo o verde.

Cuando existen una gran carga de vehículos en una parte de la calle y en la otra existen menos se da prioridad donde está la mayor carga, dando un 40% más de los tiempos de acuerdo al número de vehículos para que puedan pasar de un lado de la calle al otro.

Debe haber un tiempo de desfase, esto va a depender de la distancia que existe entre cada calle, para poder cruzar y que no existan choques entre vehículos.

3. Algoritmo Genético Aplicado

En la figura 4 se muestra el algoritmo genético aplicado bajo la metodología que se indica:

Es una de las mejores metodologías a seguir dado que permite tener una población coherente al inicio, luego seleccionamos los padres, realizamos el cruce y mutación, y obtenemos las descendencias de donde escogeremos el mejor individuo o mejores.

En la figura 5 se muestra el algoritmo que se debe seguir para poder seleccionar al mejor individuo.

A los individuos se los representa mediante Cromosomas, siguiendo con esta situación podemos decir que el proceso de reproducción o cruce no es más que crear un nuevo individuo a partir de los padres elegido, es decir combinando los dos vectores que representan a los mismos.

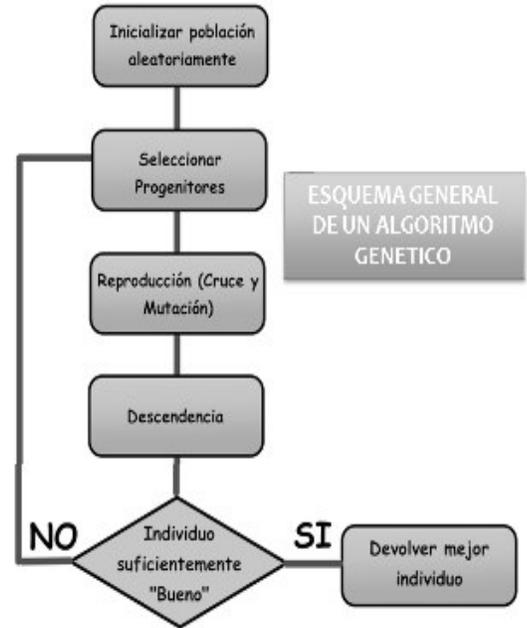


Fig. 4. Metodología Aplicada

```

BEGIN
INICIALIZAR de forma aleatoria una población con soluciones candidatas EVALUAR cada candidato
REPEAT UNTIL ( CONDICIÓN DE TERMINACIÓN == true )
1. SELECCIONAR progenitores
2. RECOMBINAR progenitores seleccionados obteniendo descendencia
3. MUTAR descendencia
4. EVALUAR nuevos candidatos
5. SELECCIONAR individuos para la próxima generación
END REPEAT
END
    
```

Fig. 5. Algoritmo de programación a seguir.

En la figura 6 se presenta un ejemplo de cómo se obtiene el nuevo individuo a partir de sus padres elegidos:

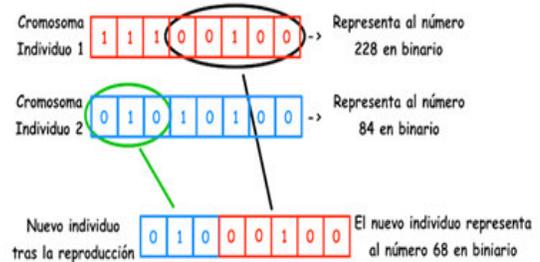


Fig. 6. Cruce de 2 individuos

En lo referente a la generación de nuevos individuos [6], existe también la posibilidad de que se realice la mutación de algún Gen, esto realiza al azar para que un

elemento del Cromosoma cambie de valor, por ejemplo, el valor complementario como se muestra en la figura 7.

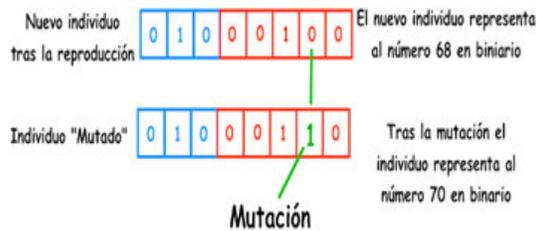


Fig. 7. Mutación del nuevo individuo

Como se ha comentado los Algoritmos Evolutivos sirven para resolver problemas de optimización combinatoria, pero también se puede decir que no siempre alcanzan la mejor solución, por lo tanto hay que definir un umbral a partir del cual consideramos que la solución que buscamos es lo suficientemente buena. Este umbral se obtiene a partir de una “función de evaluación” que se define siempre que se utilicen algoritmos evolutivos. Esta función de evaluación es conocida como “Función de Fitness” aunque también lo denominan función de calidad, función de aptitud o función objetivo.

D. Propuesta

En este artículo utilizamos la figura 1 y 2 en donde se muestra las formas como van a estar conectados cada uno de los diferentes sensores en las calles de la ciudad de Riobamba y como se recogerá la información.

La idea principal de este artículo es dar solución al problema de la congestión vehicular en los cruces de las vías y entonces de manera automática controlar el semáforo a través de un algoritmo genético el mismo que controla los tiempos de cambio de las luces de color roja, amarilla y verde, siguiendo los lineamientos de la figura 4, 5, 6 y 7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		via1								
3	Padre 1	sensor1	sensor2	sensor3	sensor4	sensor5	sensor6	sensor7	sensor8	sensor9
4		1	0	1	1	0	0	1	1	0
5										
6	Padre 2	1	1	0	1	0	1	0	1	1
7										

Fig. 8. Datos recogidos de los sensores en Excel

El proceso de la toma de datos por parte de los sensores tanto de los que están en el piso como de los que están a los costados depende de la cantidad de autos que lleguen y especialmente de la manera como vaya aprendiendo el algoritmo. El algoritmo que controla esto se basa en el

principio de Selección, cruce, mutación y elección del mejor individuo que se adapte a esta circunstancia.

El algoritmo genético usado es el que se muestra en la figura 8, en donde se recoge los datos de los sensores en Excel para cada una de las vías en las cuales estamos realizando la investigación, es el siguiente:

```
function rtn = creator(genomeLength, fitnessFn, options)
temp = floor(5.*rand(5,1));
rtn = temp';
```

```
function rtn = objective(param)
seq = [1 2 3 4 5];
temp = 5;
for i = 1:length(param)
if eq(seq(i),floor(param(i)))
temp = temp - 1;
end
end
rtn = temp;
```

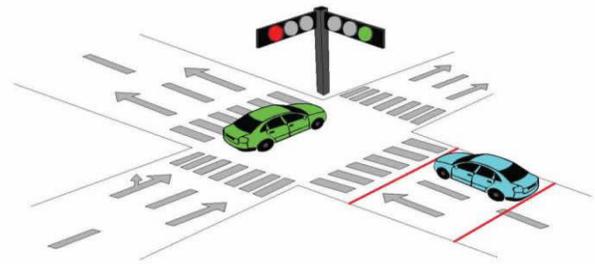


Fig.9. Cruce de vías con dos semáforos

Con estos datos se ingresa a la función que se crea en Matlab con los siguientes parámetros:

La función de Fitness tiene que llegar a lo que se muestra en la figura 9, donde en la una vía tiene que estar en rojo y en la otra tiene que estar en verde.

La mejor solución del algoritmo genético luego de realizar el proceso es la que se muestra en la figura 10.

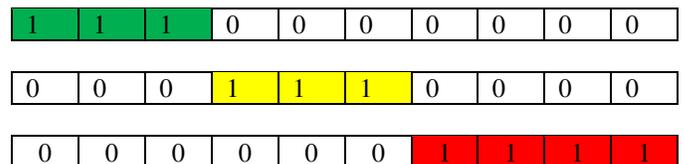


Fig.10. Cromosomas con sus 3 genes y colores de semáforos para poder encenderlos

III. RESULTADOS

Para comprobar el correcto funcionamiento del algoritmo genético diseñado y programado en el arduino, todo esto se realizó y programó en MATLAB como se muestra en la figura.8. Para ejecutar el algoritmo se inicia el toolbox, ingresando en la línea de comandos optimtool. Luego que se abre la ventana en el campo Solver se selecciona “ga-Genetic Algorithm”. La función Rastrigin está incluida en Matlab, por lo tanto, no es necesario definirla en algún archivo “.m”, solo se tiene que ingresar como función de fitness “@rastriginsfcn” y en Number of variables 2.

Modelo de semáforo inteligente empleando un algoritmo genético

En la figura 11 se observa la manera como el algoritmo genético para nuestra investigación de acuerdo a la metodología planteada en la figura 4, nos da 71 iteraciones para darnos una respuesta óptima.

Con esta información insertada en la figura 11 ya se puede ejecutar el algoritmo. En primer lugar, se resolverá con todas las opciones por default y luego se intentará mejorar los resultados mediante el uso de algunas opciones. Luego de ejecutar el algoritmo mediante el botón Start se observan los resultados en la ventana de ejecución que se muestra en la figura 12. Se puede observar que al cabo de 71 generaciones el algoritmo se detuvo porque “el cambio promedio en los valores de la función de fitness es menor al especificado por las opciones”. Y al hacerlo encontró un mínimo en el punto (0.874, 0.953) donde la función toma el valor de 5.099.

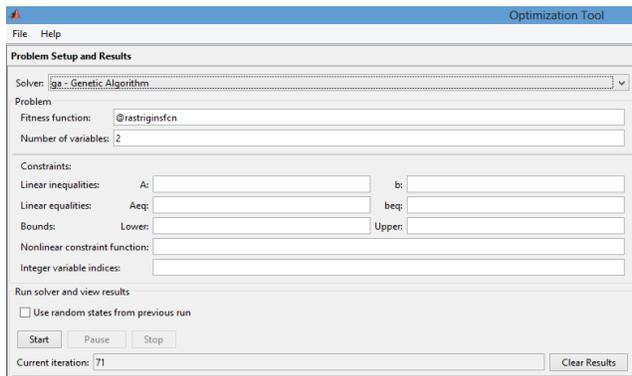


Fig.11. Algoritmo genético en Matlab.

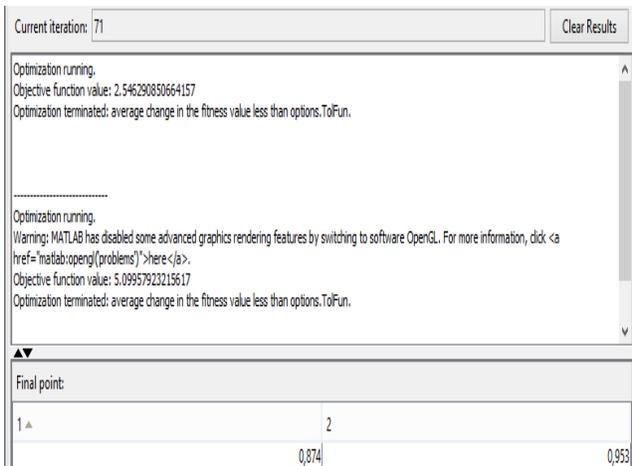


Fig.12. Venta de ejecución con los resultados de fitness

Este resultado que se muestra en la figura 12, siempre va a depender de la naturaleza del problema y puede conllevar a que tomemos el mismo como aceptable o no.

En este caso, que ya se conoce la ubicación del mínimo global, es claro que queda un margen para mejorarlo.

Para analizar de mejor manera el desempeño del algoritmo podemos analizar algunas graficas de los resultados del algoritmo. Para empezar, se mostrarán las gráficas de los valores con los mejores individuos y la distancia promedio entre ellos, las cuales se seleccionan en

las opciones de “funciones de plot” que se muestra en la figura 13.

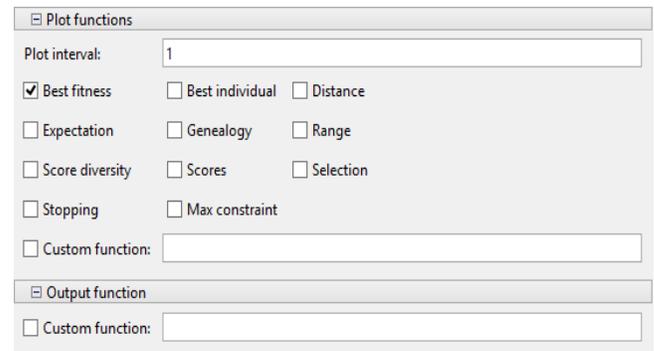


Fig.13. Funciones de plot en el intervalo 1 – Best fitness

Al hacer de nuevo clic en Start tenemos la figura 16 donde nos muestra que al pasar de generaciones el mejor valor alcanzado sigue mejorando, así como el valor promedio de los individuos (mean fitness). A su vez la distancia promedio entre individuos va disminuyendo progresivamente, aunque aún se tiene una población bastante dispersa. Esto puede indicar que el algoritmo se detuvo demasiado pronto.

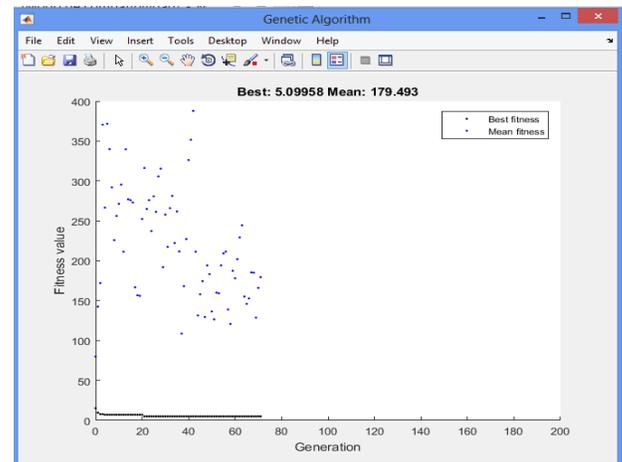


Fig.14. Plot Functions con plot interval de 1 – Best fitness

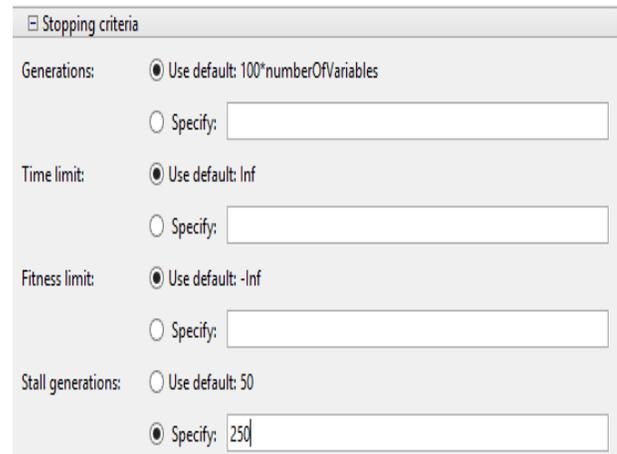


Fig.15. Opcion de Stopping criteria – Stall generations

En el caso anterior el motivo de la detención del algoritmo fue: “el cambio promedio en los valores de la función de fitness es menor al especificado por las opciones”. Esto se puede modificar mediante la opción de “Stall generations” en el menú de opciones de criterios de detención. Por defecto es 50, y para una nueva prueba se llevará a 250, tal como se muestra en la figura 15:

En este caso se obtiene la figura 16 luego de ejecutar el algoritmo.

En este caso se observa un resultado considerablemente mejor. La función alcanza un valor cercano a 0.0072906245126134195 (-0,006, 0,001), lo cual es un resultado más satisfactorio para cualquier aplicación ingenieril. Al observar las mismas graficas que en el caso anterior se puede ver como la población converge al cabo de las generaciones. En este caso el criterio de detención del algoritmo fue el de máxima cantidad de generaciones (valor por defecto: 200), tal como se muestra en la figura 17.

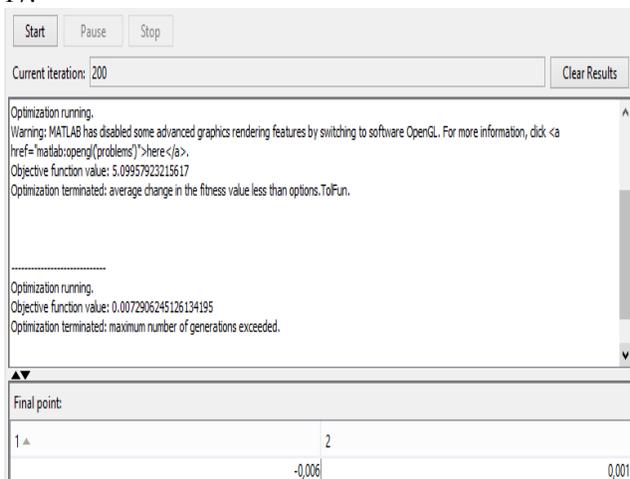


Fig.16. Generaciones igual a 200

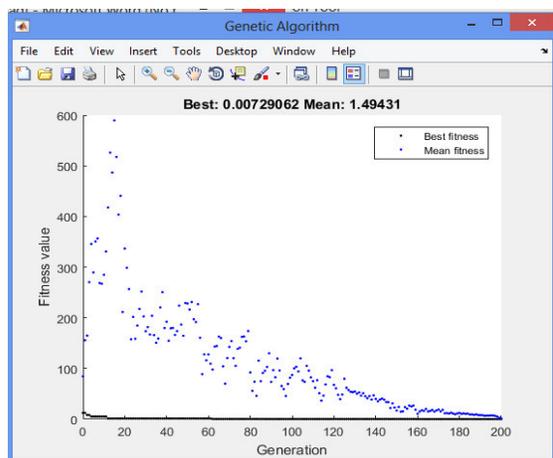


Fig.17. Mejor individuo en el intervalo

La verificación de los datos obtenidos, se ha utilizado la herramienta optintool - toolbox de Matlab, la cual sirve como referencia para corroborar que el algoritmo genético realiza la función de optimización y obtiene el mejor individuo obteniéndose un rango de -1 a 0 que es un valor que nos permite decir que nuestro algoritmo es el adecuado.

Para verificación de las placas realizadas se utilizó el multímetro digital Fluke, con el cual se hicieron las pruebas de continuidad, medición de voltajes, detección de falsos contactos entre terminales y algunos análisis en las salidas de los pines y las interfaces.

IV. DISCUSIÓN

La toma de decisiones la debe generar el algoritmo genético planteado [2] para presencia o ausencia de vehículos y el tiempo de demora entre los colores verde, amarillo y rojo, en el caso planteado que es la de contar cuantos vehículos están en un lado de la calle u otro y tomar las decisiones correctas para que el flujo de vehículos sea dinámico, resulta muy beneficioso utilizar esto.

La dimensión del tiempo en cuanto a respuesta del sistema esta medido en segundos. Los datos obtenidos se obtienen de los sensores que están en el asfalto y los que están a los costados, ellos permiten contar de manera adecuada los vehículos que ingresan y salen de la calle continua al semáforo.

Ahora también hay que decir que cada instante que se vaya ejecutando el algoritmo genético, el mismo irá aprendiendo de cada intervalo de tiempo en el día, se debe mencionar que el semáforo se utiliza de 6 de la mañana a 8 de la noche ininterrumpidamente.

Se debe decir que cuando se desarrollen este tipo de automatización en sentido industrial los nuevos modelos de procesamiento y control vistos, junto con otros de relativa novedad, se engloban en la denominada Soft Computing.

V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha demostrado que con una herramienta de algoritmos genéticos se puede lograr el control de las vías de una ciudad y en este caso de Riobamba.

Sin dejar de lado la metodología para la construcción de los algoritmos genéticos que son la selección, cruce, mutación y selección del mejor individuo también hay que saber hacer el cruce y cuál es la mejor mutación en ese momento que el algoritmo se está ejecutando.

El uso de los sensores y del Arduino es de gran ayuda para este tipo de trabajos de investigación, pero hay que saber escogerlos, al momento de realizarlos en la realidad.

El número de individuos aumenta exponencialmente con el número de intervalos que nosotros le demos, cuanto más grande es se puede llegar a la mejor solución.

El número de sensores es de acuerdo a la practicidad y relación que puedan tener con la cola de vehículos en la calle donde vayan a coger los datos.

En un próximo trabajo se estará mostrando las simulaciones realizadas con ejemplos prácticos y los tiempos que se demoran cada uno de los semáforos en cada una de las intersecciones

RECONOCIMIENTOS

Agradezco a mi familia en especial a mi madre que está ahí para darme las fuerzas que todo hijo necesita. (Mejia, F.).

REFERENCIAS

- [1] Piedrafita R (2000) Ingeniería de la Automatización, Alfa omega.
- [2] Sánchez S. (2012) Optimización de estructuras mediante algoritmos genéticos, Valencia – España.
- [3] Gestal M. and Rivero D. (2010). Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética, Coruña – España.
- [4] Verdegay J.L. (2005). Una revisión de las metodologías que integran la Soft computing. Actas del Simposio sobre Lógica Fuzzy y Soft Computing LFSC 2005 (EUSFLAT).151-156.
- [5] Holland J. (2016). Algoritmos Genéticos Adaptativos, Portugal.
- [6] Araujo L. and Cervigon C. (2009). Algoritmos Evolutivos – Un enfoque práctico. Ra-Ma.
- [7] Gestal M. (2013). Introducción a los algoritmos genéticos. Coruña – España.
- [8] Berzal F. (2016). Algoritmos Genéticos. Departamento de Ciencias de la Computación e IA. España

La responsabilidad social empresarial analizada desde la estructura organizativa de las empresas del cantón Quevedo

The managerial social responsibility analyzed from the organizational structure in the companies to Quevedo

Mauricio Franco^a, Baldramina Velásquez^b

^a Facultad de Dirección de Empresas/Carrera de Administración de Empresas y Negocios, UNIANDÉS extensión Quevedo

^b Facultad de Ciencias Administrativas/Carrera de Contabilidad y Auditoría, UTC extensión La Maná
Correspondencia Autores: mrfranco@espe.edu.ec, baldramina.velasquez@utc.edu.ec

Recibido: agosto 2016, **Publicado:** diciembre 2016

Resumen— Se determina que la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) es una de las bases de la estrategia empresarial, si es bien empleada y utilizada representa ganancias a la compañía y a sus stakeholders, cuando está en la estrategia, al influirse de ética los principios corporativos y la toma de decisiones, esta combinación se manifiesta a través de la divulgación de Memorias de RSE, quien establece que se fortalece el compromiso de los miembros de la organización y mejora la imagen empresarial, y, se puede aseverar que el bienestar social no está en conflicto con la obtención de riqueza, ya que se compite en responsabilidad. El objetivo general que se esboza en esta investigación es la definición de las estructuras organizativas de las empresas del cantón Quevedo con la RSE, y relacionarlas a los resultados, actuaciones, estrategias, impactos y demostrar que la RSE incrementa el capital inmaterial o intangible de las empresas.

Palabras Claves— Estrategia, Responsabilidad Social Empresarial, Sostenibilidad

Abstract— It determines that the Social Managerial Responsibility (RSE) is one of the bases of the managerial strategy, if she is well an employee and used it represents earnings to the company and to his stakeholders, when it is in the strategy, on there having influenced of ethics the corporate beginning and the capture of decisions, this combination demonstrates across the spreading of RSE's Memories, The one who establishes that there fortifies the commitment of the members of the organization and improves the managerial image, and, can affirm that the social well-being is not in conflict with the obtaining wealth, since one competes in responsibility. The general aim that is outlined in this investigation is the definition of the organizational structures of the companies of the canton Quevedo with the RSE, and to relate them to the results, actions, strategies, impacts and to demonstrate that the RSE increases the immaterial or intangible capital of the companies.

Keywords— Social Managerial Responsibility; Sustainability; Strategy

I. INTRODUCCIÓN

La derivación de las corrientes antiglobalización, el clamor de las ONG's a favor de los más desposeídos, el ecologismo, los magnos aquelarres financieros, religiosos y

políticos, han provocado un cambio social en todo el planeta que busca sosegar con las injusticias.

Kotler y Roberto (2006:5) explican a la campaña social como “el esfuerzo organizado dirigido por un grupo (agente de cambio), que intenta persuadir a otros (adoptantes objetivo) para que acepten, modifiquen o abandonen determinadas ideas, actitudes, prácticas y conductas”; además, describen al cambio social como “el hecho de alterar la forma con que los individuos desarrollan sus vidas, transformando prácticas adversas o dañinas en otras productivas, cambiando actitudes y los valores en las comunidades y en las sociedades en su totalidad, creando nuevas tecnologías sociales que introduzcan los cambios deseados y eleven la calidad de vida de las personas.”

Estos autores consideran que las campañas de cambio social se realizan teniendo en cuenta situaciones sociales de importancia, se proyecta y dirige este tipo de campañas a un grupo específico con el fin de concientizar sobre el tema y al finalizar se evalúa el cambio y el impacto logrado, reflexionan al decir que las campañas de cambio social no son nuevas, a lo largo de la historia han existido campañas de cambio social, evidenciando ejemplos en la antigua Grecia y Roma las campañas fueron creadas para liberar esclavos. En Inglaterra durante la revolución industrial las campañas fueron lanzadas para liberar deudores de la cárcel, promover el voto de la mujer, evitar y eliminar el abuso de los infantes en el trabajo, Kotler y Roberto (2006:5). Como se ha mencionado, con la revolución industrial y desde la antigua Grecia iniciaron movimientos de cambio de conducta de la comunidad. Con el paso del tiempo estos temas se han especificado y han encontrado sus públicos meta, intereses y puntos a atacar tal como es el caso de la RSE.

Estas épocas de cambios han incitado a que las empresas se inclinen hacia la Responsabilidad Social Empresarial. En el año 2000, la Cumbre de Lisboa establece como objetivos convertir a Europa en una economía competitiva capaz de lograr un crecimiento económico sostenible con una mayor cohesión social. Pero no es hasta julio de 2001 que, como primera Comunicación de la Comisión y primer

La responsabilidad social empresarial analizada desde la estructura organizativa de las empresas del cantón Quevedo

antecedente a nivel mundial se publica el llamado Libro Verde de la Comisión de la Comunidad Europea en donde se plasman las líneas de la política gubernamental europea en materia de RSC.

Este libro ha resultado ser el marco para promover la calidad y la coherencia de las prácticas de responsabilidad social, y el verdadero inicio mundial del debate sobre cómo se podría fomentar la responsabilidad social de las empresas. Propone fomentar prácticas correctas de las empresas; velar por la coherencia entre las políticas nacionales y los estándares internacionales; fomentar el partenariado entre empresa e interlocutores sociales; promover instrumentos de evaluación; animar a las empresas a adoptar un enfoque proactivo en relación al desarrollo sostenible; crear foros multistakeholders e incorporar prácticas de responsabilidad social en la gestión de gobierno (Libro Verde de la Comisión de la Comunidad Europea COM 2001/336). Establece también un conjunto de objetivos que tienen que ser alcanzados y que afectan a una nueva estrategia global, que pretende una economía basada en el conocimiento, capaz de alcanzar un crecimiento sostenible con mejores y mayores empleos, así como una mayor cohesión social (Ramos, 2007:453).



Figura 1. Principios establecidos y aceptados de la Responsabilidad Social Empresarial.

En el caso ecuatoriano, la RSE está vinculada al ámbito empresarial y se encuentra en un proceso de construcción desde hace aproximadamente una década atrás.

Para Ecuador, lo que existe en materia de RSE es un conjunto normativo que regula ciertas dimensiones como, la relación entre empresa y empleado, el medio ambiente, la ética, etc.; la legislación vigente está direccionada a:

1. Vincular la relación con el medio ambiente.
2. Mediación entre el Estado, sociedad y empresa.
3. Regularizar clientes internos, cliente externo y empresa.
4. Intervenir en la relación trabajador, sector externo y empresa.

A más de estos lineamientos aparecen evidencias en varios ámbitos de la Constitución Política del Ecuador y en orientaciones de algunas normas internacionales tomadas y que sirven de guía tales como la ISO 26000, la SA8000 y la AA1000

La Responsabilidad Social Empresarial en si es una forma novel de encauzar las demandas de los grupos de interés de la empresa. Los stakeholders esperan obtener un producto y/o servicio, que no solo sea de calidad, sino que exigen que su producto/servicio se haya elaborado de manera cuidadosa con el medio ambiente, que los trabajadores no hayan sufrido ningún tipo de exclusión, que la empresa combata la corrupción y/o que defienda los Derechos Humanos.

La RSE no es una moda instituida por el ciudadano global, es un cambio que se está promoviendo al interior de las organizaciones, taxativamente en la cultura empresarial, esto se puede ver en el progreso que tiene el comportamiento empresarial para ser condescendientes con sus stakeholders en varios tipo de demanda, por ejemplo en los 90, brindaban información social, laboral y ambiental, como parte de su informe anual, luego en el año 2002, a más del informe anual, brindan un informe medioambiental y/o social, que no está enmarcado a un estándar en común, sino que, se presentan varios informes, como el anual, con los aspectos económicos-financieros y de actividad empresarial, el de sostenibilidad/RSE ajustado al estándar GRI, el de Gobierno Corporativo entre otros. (Redondo, 2005b:2).

Así también, la comprensión integral de la situación del entorno por la sociedad como: la explotación de la mano de obra, discriminación, contaminación de aguas, tierra o aire, destrucción de la biodiversidad, etc., ha generado protestas por parte de los tres agentes que conforman el mercado: sociedad, administración pública y empresas (Redondo, 2006:4-9):



Figura 2. Agentes de Mercado.

El alcance de la RSE es tan extensa que perturba y a la vez ataña a todos los grupos de interés, ello determina que su desempeño simbolice una amplia gama de contingencias, en un entorno competitivo donde la empresa debe sobrevivir, por lo que es imperativo que el término rentabilidad sea concurrente con responsabilidad, y si una empresa no es responsable socialmente no sería tampoco sostenible económicamente. Con la RSE los procesos de gestión y toma de decisiones cambian para adaptarse a los deseos de los diferentes grupos de interés, que están cada vez más concienciados de que la empresa en la actualidad debe cumplir requisitos de sostenibilidad y que de no actuar

alcanzaría grandes problemas para las generaciones venideras (Redondo, 2006:11).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Existe un sinnúmero de motivos que causan que las empresas preparen acciones en el campo de la RSE, entre estas inciden el acatamiento de la legislación, la obtención de ventajas competitivas, la imposición de los stakeholders, circunspecciones éticas, accidentes y decisiones de los directivos (Bansal y Roth, 2000: 717-736) y de forma significativa cuando los clientes lo perciben como un mayor valor (Luo y Bhattacharya, 2006:1-14), sin embargo, la motivación de su aplicación, a través de la argumentación económica-racional, se basa en un futuro de incremento de ingresos o reducción de posibles costos futuros, derivados en tres tipologías; sanciones, indemnizaciones y costos por los efectos reputacionales negativos (Pucheta, Muñoz & de la Cuesta, 2010).

Para ello se trabajó desde las siguientes hipótesis:



Figura 3. Hipótesis planteadas para el desarrollo de la investigación.

Este estudio se llevó de febrero a diciembre del 2015; para ello se contactó a 31 empresas e instituciones de diferentes sectores de actividad radicadas en el cantón Quevedo todo esto con el objetivo de encontrar una muestra lo suficientemente representativa a nivel local, lo cual permitió preparar el constructo teórico fundamentado en el contexto actual y la optimización de la encuesta. Las empresas contactadas en función de su origen fueron:

Tabla I
Muestras de Empresas por Actividad

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
SERVICIOS	INVESTIGACION	COMERCIAL	AGRICOLA
1. Transportes TIA	1. INIAP	1. Almacenes TIA	1. La Casa del Cacao
2. BanEcuador		2. Casa Ferrería FONG	2. MANOBANDA Group
3. banco del Pichincha		3. CONGAS	3. REYBANPAC
4. TEVCOL		4. Grupo ROSADO	4. Agrícola CHONG-QUI
5. CONECEL-CLARO			5. AGRO-AEREO
			6. AGRIPAC-AGRISEN
			7. ECUAQUIMICA
GRUPO 5	GRUPO 6	GRUPO 7	GRUPO 8
MANUFACTURA	SALUD	EDUCACION	SECTOR ELECTRICO
1. TROPIFRUTA S.A.	1. Hospital SAGRADO CORAZON DE JESUS	1. UTEQ	1. HidroLitoral - Quevedo
2. LA ORIENTAL S.A.	2. IESS-Quevedo	2. UTB (Extensión Quevedo)	
3. PLANTABAL S.A.		3. Colegio Nacional "NICOLAS INFANTE DIAZ"	
4. QUEVEPALMA S.A.		4. Colegio Nacional "QUEVEDO"	
		5. Unidad Educativa Particular "BENJAMIN FRANKLIN"	
		6. Unidad Educativa "ABDON CALDERON" UEPAC	
		7. Unidad Educativa Particular "THOMAS JEFFERSON"	

El procedimiento realizado para la recogida de información, fue a través de una primera introspección con una entrevista para conocer las diferentes opiniones sobre la implantación de la RSE y posteriormente en la elaboración de un cuestionario, realizando una prueba piloto para verificar si las preguntas correspondían con la información que se deseaba para el estudio.

El cuestionario en mención estuvo dividido en siete secciones (uno por cada Eje), y en cada una de ellas una serie de indicadores. Los indicadores estaban conformados a su vez por sub indicadores que se plantearon como afirmaciones respecto a las acciones y políticas implementadas por la empresa. Para cada afirmación se consideró tres alternativas posibles de respuesta, mismas que señalaban la que mejor describía la acción de la empresa en estudio, los puntos asignados como escala de medición por prioridad variaron de 0 a 2.

Las hipótesis se respondieron en base a la creación de factores específicos con del grupo de sub factores;

Factor: Valores, Transparencia y Gobierno Corporativo;

Complejidad; Transformando los ítems en escalas definidas por sub factores. Estas cuestiones se han utilizado como Índice de Intensidad Administrativa:

Compromisos éticos.

- Cultura Organizacional.
- Gobierno Corporativo.
- Relaciones con la competencia.
- Balance Social.

Factor: Proveedores

Formalización; se creó una escala para observar el nivel de formalización.

- Criterios de selección y evaluación de proveedores.
- Relación con las cadenas de proveedores.

Factor: Público Interno

Capital relacional; se ha considerado para verificar el grado de fiabilidad de las respuestas

- Salud, Seguridad y condiciones laborales.
- Valoración a la diversidad.

La responsabilidad social empresarial analizada desde la estructura organizativa de las empresas del cantón Quevedo

- Compromiso con el desarrollo empresarial.
- Gestión participativa.
- Relaciones con sindicatos.
- Políticas de remuneración y beneficios.
- Clima laboral.
- Comportamiento en los despidos.
- Plan de retiro.
- Relaciones con colaboradores tercerizados.

Factor: Medioambiente

Capital intangible;

- El medio ambiente como compromiso empresarial.
- Prácticas de cuidado del Medio Ambiente.
- Impacto Medioambiental.

- Sustentabilidad de la Economía Forestal.
- Minimización de residuos.

Factor: Consumidores/Clientes

Capital estructural-relacional;

Consideraciones de la opinión del cliente.

- Procesos de Reclamaciones.
- Marketing y comunicación.
- Conocimiento y gerenciamiento de los daños potenciales de los productos y servicios.

III. RESULTADOS

La utilización de la metodología se fundamenta en considerar que, dadas las investigaciones exploratorias anteriores sobre las dinámicas y realidades del comportamiento y la estructuración de las empresas de Quevedo, hace pertinente plantearse esta investigación a partir de una lógica documental, descriptiva y de campo.

Cabe recalcar que entre los sectores destacan el grupo 4 Agrícolas. El tamaño de las empresas estudiadas es de 28% pyme y 72% grandes empresas. La forma jurídica más frecuente que se representa es la Sociedad Anónima (68%), seguida de empresas estatales y unipersonales (32%), con la idea de que todas las dimensiones empresariales estén representadas.

El estudio se desarrolló tras la revisión teórica y la obtención de las principales fundamentaciones sobre los rasgos que han de tipificar el comportamiento empresarial. En este interés con el objetivo de validar las hipótesis planteadas, se asumen dos variables generales:

- Estructura organizativa, según la complejidad, centralización y formalización de la organización, el tipo de estructura y los cambios organizativos.
- Capital intangible, formada por Capital humano, Capital estructural y Capital relacional, según Bueno Campos, Salmador y otros (2000:55-66).

Se realizó una encuesta, siguiendo las necesidades de información planteadas por las hipótesis, la literatura y las indicaciones de los responsables de las empresas e instituciones entrevistadas en el estudio de casos, y se llevó

a cabo la prueba para mejorarla.

Se precisó tomar en consideración que con este diagnóstico se pretende en definitiva tener:

Políticas y prácticas vinculadas a la relación con los actores sociales clave, valores, cumplimiento de requerimientos legales y respeto hacia las personas, comunidades y el ambiente en la ciudad de Quevedo.

El compromiso del empresario quevedeño para contribuir con el desarrollo sustentable.

Figura 4. Fines a alcanzar con la Responsabilidad Social Empresarial

Considerando que 2 es el puntaje máximo, se estableció una escala del 1 al 5 para calificar y extrapolar los datos suponiendo que el curso de los acontecimientos continuará en el futuro, con el estado del desempeño en RSE; por lo tanto:

Tabla 2
Escala para calificar

0,40	1
0,80	2
1,20	3
1,60	4
2,00	5

De los resultados del estudio se afirma como axioma que en promedio el total de las empresas se encontraron en el rango hasta 0,80 es decir que las empresas e instituciones inmersas en el estudio tienen grandes oportunidades de mejorar, pues aún no poseen una gestión orientada a la Responsabilidad Social Empresarial.

Adicionalmente, se pudo identificar que el tema de RSE en las empresas e instituciones del cantón Quevedo, de algún modo conexas, depende de la poca valoración directiva del tema y del desconocimiento, asistematicidad o falta de aplicación de la planeación estratégica en las empresas. Se ha observado que no cuentan con una planeación estratégica documentada, pero cuentan con objetivos y metas que cumplen en el día a día y su propósito es mantenerse en el tiempo.

Ventajas:

De los resultados obtenidos se considera que si cualquier empresa de la localidad llega a implementar en su planificación estratégica corporativa prácticas de RSE, se despliega una relación disímil con los grupos de interés, el beneficio es generar una mejor correlación así como incrementar la credibilidad de la empresa, ya que genera una imagen empresarial diferente. Por otro lado la estructura organizativa se orienta a la RSE, se crea empleo, se desarrolla habilidades, existe un impacto económico local y un enfoque a la inversión social.

Se desarrollarían actividades empresariales basadas en el respeto y cuidado del medio ambiente, la transparencia en las gestiones, trato justo y equitativo con las personas y recursos, se empieza a forjar hábitos en los stakeholders, se modifica la cultura de consumo en el mercado local, se orienta sus decisiones a la RSE.

Una ventaja que se pudo percibir es que se empieza a valorar al recurso humano de una manera diferente, se

mejora el trato a los funcionarios y sus prácticas laborales, permite generar una cultura de conocimiento en las empresas por el lado de fomentar la capacitación.

Por el lado de la comunidad existen varias ventajas, como es el hecho de desarrollar sectores determinados, por ejemplo el rol femenino y su participación en la fuerza laboral en todos los niveles de las empresas.

Empezarían a trabajar en función de las RSE y que la cadena de valor porque la producción se vuelve más responsable, por consiguiente se inicia con un mejor manejo de los recursos de la empresa, tanto financieros, humanos como de infraestructura y tecnología, que en largo plazo generarían una optimización de procesos en pro de una rentabilidad basada en prácticas más responsables.

Se promoverán valores como el respeto, la puntualidad de cumplimiento, la honestidad, equidad, entre otros a nivel personal y estos ayudarán en la evolución de las empresas con la creatividad, innovación, competitividad, productividad y el emprendimiento, al juntar estos factores obviamente se va a obtener una mejora en los procesos internos.

Desventajas:

También hay desventajas que se han detectado ya que la mayoría de las empresas de Quevedo, no cuentan con un plan estratégico definido o documentado y no llegan a tener un mejor direccionamiento con estrategias claras orientar a todos los grupos de interés.

Sobre el tema de RSE las empresas de Quevedo no cuentan con capacitación y preparación sobre el tema, la mayoría de empresarios tienen desconocimiento, poseen información nimia, limitándolos a experimentar su aplicación en sus empresas.

De igual manera resulta complicada la unificación de la RSE con el mercado local, porque el medio del consumidor no posee una cultura desarrollada en esta materia, la mayoría de los consumidores, busca aparte de un producto "socialmente responsable", el elemento diferenciador que es el precio.

Finalmente, el problema más álgido gira en torno a la falta de recursos por parte de las empresas para efectuar cambios de modo transversal de RSE, para poder efectuar una inversión de este tipo, es obligatorio que tanto el gobierno local y nacional intervengan, brinde apoyo tanto en capacitación como en el asesoramiento del tema.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a las hipótesis planteadas se puede deducir que no se cumple la RSE en las empresas de Quevedo ya que al ser aplicadas como parte de las estrategias empresariales no han podido desarrollar lineamientos corporativos de diferenciación, competitividad y productividad, se ha podido determinar que estas no cuentan con una alineación de RSE a una estructura

organizativa, en si la mayoría de las empresas del estudio no poseen por escrito una planeación estratégica dentro de la organización, sus metas y objetivos no están definidas como proceso explícito de RSE.

Las empresas en estudio si desean una adaptabilidad de la RSE, dependiendo eso sí de la forma y modelo de ejecución, ajustándolas a sus necesidades y requerimientos, su tendencia no es hacia la estandarización de los procesos ajustándolos a un modelo específico de RSE sino más bien la libre decisión, adoptando la RSE de acuerdo a sus posibilidades e iniciativa.

En unanimidad coinciden que con la aplicación de la RSE las empresas de Quevedo pueden generar mejores oportunidades para su crecimiento y diferenciación, coinciden en que si se sabe aprovechar pueden sacar beneficios y factores positivos para efectos de planificar de mejor manera la gobernanza de la organización.

El análisis determina también que la RSE en la estructura organizativa de las empresas quevedeñas aportarían con beneficios, incrementando la generación de empleo, mejores prácticas laborales, desarrollo de habilidades, negocios éticos, diferenciación frente a la competencia, mismas que se transformarían en ventajas competitivas.

Lamentablemente el sector productivo de Quevedo no presta las facilidades y no es el momento propicio para aplicar la RSE ya que no existe una cultura y conciencia ciudadana, de hecho, al ser de libre elección y voluntaria y, a la vez motivada por una decisión unilateral del poder central de la administración, ésta la enfoca como necesaria por los beneficios que generarían en el entorno.

Hay una divergencia de criterios en lo que es en realidad la RSE, confundiéndola con prácticas laborales obligatorias en la parte salarial y remunerativa, la confunden también como caridad hacia la colectividad. Se ha generado un alto grado de desconocimiento y confusión de la aplicación de la RSE por lo cual es necesario crear primero una cultura en el medio para que entiendan de mejor manera las bondades y valía de actividades en reciprocidad con los grupos de interés.

REFERENCIAS

- [1] Argandoña, A. (2006) "La ética en la economía de las organizaciones: ¿es posible una integración efectiva?, Actas del 14 th Internacional Symposium on Ethics, Business and Society: Towards a Comprehensive Integration of Ethics into Management: Problem and Prospects. Barcelona.
- [2] Bansal, P Y Roth, K. (2000), "Why companies go green: A model of ecological responsiveness", *Academy of Management Journal*, Vol. 43, N° 4, pp. 717-736
- [3] Bueno Campos, E., Salvador, M: P. Y Otros (2000). *Perspectivas sobre Dirección del Conocimiento y Capital Intelectual*. Instituto Universitario Euroforum. Madrid
- [4] García González, A. (2007); "Estructura organizativa de la empresa española ante el reto medioambiental". XIX Congreso anual y XV Congreso Hispano Francés de AEDEM, Vol. 1, 2007 (Ponencias), pág. 31.

La responsabilidad social empresarial analizada desde la estructura organizativa de las empresas del cantón Quevedo

- [5] Kotler, P. y Roberto, E.L. (2006) Marketing social: estrategias para cambiar la conducta pública. Editorial Félix Varela La Habana
- [6] Luo, W Y Bhattacharya, C.B. (2006): “Corporate Social Responsibility, Customer Satisfaction and Market Value”, Journal of Marketing, vol. 70, núm.4; pp.114
- [7] Pucheta Martínez, M.C.; Muñoz Torres, M.J.; De la Cuesta González, M. (2010). Información y comunicación de la RSC. Oleiros, La Coruña: Netbiblo, S.
- [8] Ramos González, M. (2007): “La humanización de las organizaciones en el siglo XXI”. Anuario Jurídico y Económico Escorialense, XL (2007) 449-458 / ISSN:11333677
- [9] Redondo, H., (2005b): RSC. Implicaciones para la empresa y el trabajo del auditor, nombre el análisis de la situación de las empresas españolas con el buen gobierno. Deloitte-Esade, enero 2005 .http://www.auditors-censors.com/pfw_files/cma/doc/eventos/XV%20FAP/T4%20Helena%20Redondo.pdf
- [10] Redondo, H., (2006): El compromiso social de las empresas con las ciudades. Deloitte mayo 2006.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

REVISTA INFOCIENCIA

1. La revista “Infociencia” es de carácter científico y tecnológico, con aplicación al campo de las ciencias de la ingeniería. Infociencia consta en el directorio de Latindex desde el año 2005. El objetivo de la revista es difundir investigaciones originales, útiles y relevantes que presentan nuevos conocimientos sobre aspectos teóricos o prácticos de las metodologías y métodos usados en ingeniería y/o conducentes a la mejora de la práctica profesional.
2. Todo trabajo científico debe ser inédito, la revista acepta artículos escritos en idiomas español e inglés. La revista aparece anualmente en el mes de diciembre.
3. Los trabajos científicos se reciben, durante el mes de agosto, en la Secretaría de la Jefatura de Innovación, Investigación y Transferencia Tecnológica, en la dirección Quijano y Ordoñez y Hermanas Páez, o bien, vía email: sie-el@espe.edu.ec
4. El editor inicialmente evaluará los trabajos científicos determinando la pertinencia del mismo para proseguir con la evaluación de los trabajos por pares.
5. Los trabajos científicos serán enviados a pares evaluadores los cuales realizarán las respectivas revisiones a través de comentarios y sugerencias que permitan mejorar los trabajos científicos en fondo y en forma.
6. Es responsabilidad del autor obtener permiso para utilizar material que aparece en otras publicaciones.
7. Los autores deberán suministrar sus trabajos científicos en formato Word. El ancho de los márgenes será de 1,78 cm inferior y superior y de 2 c, de izquierda y derecha.
8. New Times Roman será el tipo de letra a utilizarse para la elaboración de los trabajos científicos.
9. El formato del título principal será: tamaño 2 centrado, en minúsculas.
10. Se deberá incluir el nombre del autor o autores en tamaño 10, en una línea. En las siguientes líneas se indicará la institución donde trabaja con la dirección respectiva en tamaño 10 normal. En la siguiente línea las direcciones email del autor y coautores en cursiva y tamaño 10. Todo esto centrado.
11. A continuación, se pondrá el Resumen y el Abstract en español y en inglés respectivamente, así como sus respectivas palabras claves y Keywords. Las palabras Resumen, Abstract, Palabras Claves y keywords va a la izquierda con negrilla, en tamaño 9 cursiva, seguida de dos líneas. El texto va en tamaño 9. La extensión máxima del Resumen o Abstract es de 300 palabras.
12. Los apartados de un artículo irán escritos con letras mayúsculas, en negrita, centrado, con numeración arábica, con tamaño 10. Los subapartados se escribirán con letras minúsculas, de tamaño 10 en negrita, alineado a la izquierda y destacados con letras mayúsculas siguiendo el orden alfabético. El texto propiamente del artículo será escrito en tamaño 10 normal.
13. Entre el título o enunciado del apartado o subapartado y el número arábigo o letra debe quedar en espacio en blanco.
14. Los gráficos, figuras o fotos se enumerarán y señalarán como Figura. Los cuadros y tablas se han de enumerar independientemente de las figuras y se han de señalar con la palabra Tabla.
15. Se recomienda numerar las fórmulas utilizadas entre paréntesis y con la debida alineación hacia la derecha. Dichas formulas o ecuaciones deberán estar centradas.
16. Las referencias serán enumeradas, entre corchetes, con números romanos y se presentan al final del artículo, siguiendo estrictamente el orden: Apellidos, Nombres, Título, Editorial, Año y Números de página de ser el caso. Toda referencia deberá tener una cita en el texto mediante el número de referencia encerrado entre corchetes.
17. Lo no previsto en las normas señaladas será decidido por el Comité Editorial de la revista.



REVISTA INFOCIENCIA

ISSN: 1390-339X

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

Campus Centro (Latacunga)

Quijano y Ordoñez s/n y Hermanas Páez

Telf: (03) 2 810206 Fax: (03) 2 810208

<http://www.espe.edu.ec>