

# **LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS desde la Ingeniería y la Arquitectura**



**COORDINADOR  
Andrés Rivera Ricárdez**



# **PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS** desde la Ingeniería y la Arquitectura

**C O L E C C I Ó N**  
**FEDERICO LÓPEZ DIONISIO**  
*Textos para la enseñanza de la arquitectura*

**José Manuel Piña Gutiérrez**  
*Rector*

# **PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS** desde la Ingeniería y la Arquitectura



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

Las Perspectivas Científicas / desde la Ingeniería y la Arquitectura  
-- Primera edición. - Villahermosa, Tabasco : Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,  
2016.

118 páginas. -- (Colección Federico López Dionisio).

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN 978-607-66-409-2

Primera edición, 2017

D.R. © Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
Av. Universidad s/n. Zona de la Cultura  
Colonia Magisterial, C.P. 86040  
Villahermosa, Centro, Tabasco.

El contenido de la presente obra es responsabilidad exclusiva de los autores. Queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor.

Se autoriza su reproducción parcial siempre y cuando se cite la fuente.

ISBN: 978-607-66-409-2

Apoyo editorial : Francisco Morales Hoil  
Diseño y formación: Calíope Bastar Dorantes

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México.

# ÍNDICE

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MICELAR CRÍTICA DEL SISTEMA DECILSULFATO DE ANILINIO POR CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	9
SÍNTESIS DE CATALIZADORES NIMO/MGO-TIO <sub>2</sub> PARA HIDRODESULFURACIÓN DE GASOLINA Y DIÉSEL. EFECTO DEL CONTENIDO DE MO	15
ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE FLUIDO EN UNA CÁMARA DE AMBIENTE CONTROLADO	25
PRÓTESIS TRANSFEMORALES	35
CANCELACIÓN ADAPTABLE DE RUIDO COMO UNA APLICACIÓN DE ANFIS	45
ADOQUINES ECOLÓGICOS A BASE DE FIBRA DE COCO	55
TIPOLOGÍA ARQUITECTÓNICA DE LOS TEMPLOS CATÓLICOS DE LA CHONTALPA DE TABASCO	61
FACTORES DE DISEÑO EN UN BORDO DE PROTECCIÓN MARGINAL	69
CLIMA ESCOLAR UNIVERSITARIO: UN ANÁLISIS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA	75
DIAGNÓSTICO Y TRANSFERENCIA DE HERRAMIENTAS CONDUCTUALES PARA EL ESTUDIANTE DEL PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO	85
ANÁLISIS DE INYECCIÓN DE ARMÓNICOS EN LA RED ELÉCTRICA DE UNA FUENTE RENOVABLE (PANEL FOTOVOLTAICO)	95
MÉTODO ALTERNO DE ANALISIS DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA DE UNA SUBESTACION TIPO JARDIN: FACTOR DE POTENCIA	105
EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PIRÓLISIS UTILIZANDO LA ACTIVACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA, DURANTE LA PREPARACIÓN DE MATERIALES ADSORBENTES	115





# DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MICELAR CRÍTICA DEL SISTEMA DECILSULFATO DE ANILINIO POR CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Ana Karen Hernández Méndez<sup>1\*</sup>

Keila Arias Alejandro<sup>1</sup>

Germán Pérez Hernández<sup>1</sup>

Laura Lorena Díaz Flores<sup>1</sup>

Juan G. Álvarez Ramírez<sup>1</sup>

## I. RESUMEN

Los surfactantes polimerizables son aquellos que presentan un grupo polimerizable ya sea en el extremo de la porción hidrofóbica o en el contraíón. Al utilizar surfactantes polimerizables, se evita el uso de monómeros, ya que el mismo surfactante puede ser polimerizable. En este trabajo se reporta la síntesis y caracterización físicoquímica de un surfactante polimerizable catiónico de cola sencilla, decilsulfato de anilinio (DSA). El DSA es preparado por una reacción de sustitución ácido-base del decilsulfato de sodio y el clorohidrato de anilina. La concentración micelar crítica (C.M.C) fue medida por conductimetría. El valor obtenido de la C.M.C. fue  $1.13 \times 10^{-3}$  % peso.

## II. INTRODUCCIÓN

Los surfactantes son sustancias anfífilas, que provocan la disminución de la tensión superficial o interfacial y pueden formar una gran variedad de microestructuras con agua y otros solventes polares o no polares. En agua la mayoría de los surfactantes forman agregados moleculares a concentraciones bajas, llamadas micelas (1). A concentraciones más elevadas los surfactantes también pueden formar una amplia variedad de fases líquido-cristalinas hexagonales, lamelares y cúbicas. Los surfactantes polimerizables son aquellos que presentan un grupo polimerizable ya sea en el extremo de la porción hidrofóbica o en el contraíón. Al utilizar surfactantes polimerizables, se evita el uso de monómeros, ya que el mismo surfactante puede ser polimerizable. Las microestructuras formadas por los surfactantes polimerizables se pueden utilizar para preparar películas de alta elasticidad [Yang y col., 1998], catalizadores con gran área superficial (2); electrodos poliméricos (3); compuestos nanopoliméricos (4); dispositivos fotónicos (5) y plantillas para la síntesis de materiales mesoporosos (6), entre otros.

---

<sup>1</sup> Profesor Investigador, DAIA-UJAT.

<sup>2</sup> Profesor Investigador, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

\*email: fermin.martinez@ujat.mx

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

La concentración a la cual los segmentos del surfactante interactúan para autoensamblarse y formar estructuras de asociación (micelas) en el medio acuoso se le llama concentración micelar crítica (cmc) (7), (8), (9). La cmc es característica para cada surfactante, dependiendo de su composición química y arquitectura (10). Así, a medida que sea mayor la cadena hidrocarbonada más rápido se alcanza la concentración donde las interacciones entre las moléculas del tensoactivo se vuelven lo suficientemente fuerte como para formar un agregado espontáneamente del tipo micelar y por tanto el valor que tendrá la cmc será menor con respecto a un tensoactivo de cadena hidrocarbonada más corta.

Para caracterizar los fluidos microestructurados se utiliza una gran variedad de técnicas analíticas como son: la birrefringencia, tensiometría, viscosimetría, conductividad eléctrica, dispersión de rayos x a bajo ángulo, resonancia magnética nuclear y reometría (11), (12).

En la actualidad existen diferentes métodos para la determinación de la concentración micelar crítica: tensiometría (13), (14); conductimetría (9), (7), (15), (16), (17), (18); electroforesis capilar (19); entre otros. Los métodos aplicables dependen de la naturaleza del tensoactivo.

Un método práctico sumamente importante es el de la titulación conductimétrica, es decir, la determinación de la concentración de un electrólito en solución por la medición de su conductividad durante la titulación.

Esta técnica se aplica especialmente con tensoactivos iónicos porque la conductividad eléctrica de los compuestos iónicos solubles en agua depende directamente de la concentración (20).

### III. OBJETIVOS Y METAS

Sintetizar el tensoactivo catiónico de cola sencilla, el decilsulfato de anilinio (DSA) mediante el procedimiento reportado por Zaragoza (2012) y determinar la concentración micelar crítica mediante la técnica de conductividad.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

#### *Materiales*

Para la realización de este trabajo de investigación los reactivos utilizados fueron:

- Decilsulfato de sodio, marca SIGMA-ALDRICH con pureza de 99%.
- Clorhidrato de anilina (HClA) marca ALDRICH al 99% de pureza.
- Agua desionizada.

#### *Síntesis del tensoactivo*

El tensoactivo se sintetizó a partir de una reacción de sustitución del ion Na<sup>+</sup> por

el ión anilinio  $[C_6H_5NH_3]^+$  siguiendo el procedimiento que a continuación se describe: Se prepararon 200 ml de solución acuosa al 5% en peso de decil sulfato de sodio y una segunda solución 200ml al 5% en peso de clorhidrato de anilina. La solución de decilsulfato de sodio se colocó en un equipo para venoclisis (para lograr un goteo regulado durante horas), uno de los extremos de la manguera de este equipo se introduce en el matraz que contenía la solución de clorhidrato de anilina, se selló perfectamente y se ubicó en la parrilla para mezclarse con agitación magnética de 140 RPM y manteniendo 50°C durante 24 horas. El matraz se cubrió con papel aluminio.

Una vez concluidas las horas de agitación, se llevó a refrigeración a 4°C durante 5 días para que el el tensoactivo se precipitara (el cual se observa extendido por las paredes del matraz). Se retiró de refrigeración permitiendo que la solución tomará la temperatura ambiente y el tensoactivo sólido se depositó al fondo del matraz.

El tensoactivo se separó por decantación de la solución y se colocó en cajas Petri para secado a 35°C por 3 días; el resto de la solución se refrigeró nuevamente para otra recuperación. La homogenización del tensoactivo se realizó por molienda en un mortero de ágata, dejándolo sellado con parafilm.

#### ***Preparación de la muestra***

Para realizar el análisis de conductividad se prepara una solución del tensoactivo en agua al 0.3% en peso. La solución es sellada con parafilm y cubierta con papel aluminio, posteriormente se dejó reposar a una temperatura de 30°C por un periodo de 2 días.

#### ***Determinación de la concentración micelar crítica (C.M.C)***

Para llevar a cabo el análisis se empleó el conductímetro Hanna modelo HI2550 (ubicado en el laboratorio de Instrumentación y Control de la división DAIA UJAT). Se realizaron mediciones de conductividad eléctrica como una función de la concentración a 30°C. Las mediciones fueron realizadas de la siguiente manera: en un vaso de precipitados conteniendo 125 grs. de agua desionizada, se le agregó continuamente 5 gotas de una solución al 0.3 % en peso de decilsulfato de anilinio contenido en una bureta, y se le midió el cambio de la conductividad con la concentración. A lo largo de todo el experimento, la solución se mantuvo en constante agitación con el fin de conservar una concentración homogénea. Los datos de conductividad en función de la concentración se graficaron usando el software Origin Pro®.

## **V. RESULTADOS**

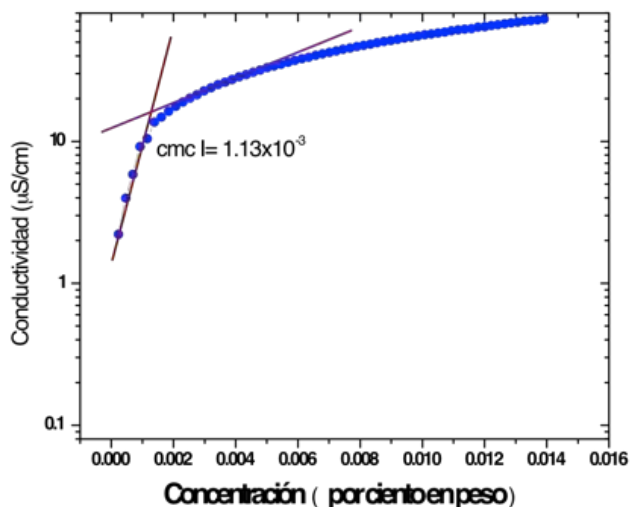
La concentración micelar crítica fue determinada usando la técnica de conductividad eléctrica (18) (21) (9) (17).

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las mediciones a la solución de DSA en agua en el intervalo de concentraciones de  $1 \times 10^{-6}$  -  $1 \times 10^{-2}$  %

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

en peso a 30°C (figura 1), realizadas con la finalidad de determinar la concentración a la cual se forman las micelas esféricas y su transición a micelas cilíndricas.

En esta gráfica el cambio de la pendiente es notable para poder observar mejor la C.M.C. Para el tensoactivo decilsulfato de anilino se observa una mayor conductividad eléctrica a medida que la concentración del tensoactivo aumenta. El valor para la C.M.C. I obtenido por este método es de  $1.13 \times 10^{-3}$  % en peso de DSA.



Conductividad eléctrica en función de la concentración de surfactante decilsulfato de anilino (DSA) a 30°C.

## VI. DISCUSIÓN

Al sustituir el ion sodio por el anilino para la síntesis del tensoactivo polimerizable decil sulfato de anilino (DeSA) se mejora la propiedad conductora de este, permitiendo que este sea un elemento conductor en alto grado (15) de modo que al poseer esta propiedad es un posible precursor para la obtención de compuestos de polímeros eléctricamente conductores (17).

De acuerdo a la gráfica anterior, se puede asumir que el primer cambio es debido a la formación de preagregados micelares y está relacionado con la concentración micelar crítica I (CMC I), esto es porque por debajo del valor de cmc los monómeros del tensoactivo se comportan como electrolitos fuertes.

## VII. CONCLUSIONES

Se logró el objetivo principal, sintetizar el tensoactivo catiónico de cola sencilla, decilsulfato de anilino (DSA) mediante el procedimiento reportado por Zaragoza (2012). Se determinó la concentración micelar crítica mediante la técnica

de conductividad. De los cambios de pendiente de la curva se determinó la concentración micelar crítica. El valor del cambio observado fue  $1.13 \times 10^{-3}$  % en peso de surfactante.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] Colloid and surface chemical aspects of mesophases (liquid-crystals). Tamamushi, B. 1980, Pure & Appl. Chem., pág. 441.
- [2] Catalytic Pd Nanoparticles Synthesized Using a Lyotropic Liquid Crystal Polymer Template. Ding, J. H. 2000, Chem. Mater., págs. 22-24.
- [3] Microporous Polymeric Composite Electrolytes from Microemulsion Polymerization. Xu, W., y otros, y otros. Langmuir, 1999, pág. 4812.
- [4] Ordered Poly(p-phenylenevinylene) matrix nanocomposites via Lyotropic Liquid-Crystalline Monomers. Smith, R. C., Fischer, W. M. y Gin, D. L. 1997, J. Am. Chem. Soc., págs. 4092-4093.
- [5] Synthesis of macroporous minerals with highly ordered three-dimensional arrays of spheroidal voids. Holland, B. T., Blandford, C. F., Stein, A.,. 1998, Science, págs. 281, 538.
- [6] Hierarchically Ordered Oxidess. Yang, Peidong, y otros, y otros. 1998, Science, págs. 2244-2246.
- [7] Polimerization of rodlike Micelles. R.Kline, Steven. 1999, Langmuir, págs. 2726-2732.
- [8] Critical Micelle Concentration. A Transition Point for Micellar Size Distribution . Nagarajan, E. Ruckenstein. and R. 1975, The journal of Physical Chemistry, págs. 2622-2626.
- [9] Spectrophotometric and conductimetric determination of the critical micellar concentration of sodium dodecyl sulfate and cetyltrimethylammonium bromide micellar system modified by alcohols and salts. Benito, I., y otros, y otros. 1997, Colloids and Surfaces, págs. 221-224.
- [10] López, Eduardo Bordallo. CARBOXIMETILCELULOSA ANFIFÍLICA:síntesis, caracterización y estudio en disolución . 2014.
- [11] Rheology Cetyltrimethylammonium p-Toluenesulfonate-Water System. 3. Nonlinear Viscoelasticity,. Soltero, J.FA, Bautista, F y Puig, JE. 1999, Langmuir, pág. 1604.
- [12] On the shear thickening flow of dilute CTAT worm-like micellar solutions. Macías, E. R. 2003, Journal of Rheology, págs. 643-658.
- [13] Micellization of AOT in aqueous sodium chloride, sodium acetate, sodium

propionate, and sodium butyrate media: A case of two different concentration regions of counterion binding. I.M. Umlong, K. Ismail. 2005, Journal of Colloid and Interface Science, págs. 529–536.

[14] Aggregation and adsorption properties of sodium dodecyl sulfate in water-acetamide mixtures. D. Das, K. Ismail. 2008, Journal of Colloid and Interface Science , págs. 198-203.

[15] Poly-aniline synthesis by electrochemical oxidation. Restrepo. 2005, Dyna, págs. 147, 57-63.

[16] Critical micelle concentrations and interaction parameters of aqueous binary surfactant:ionic surfactant mixtures. Akisada, Hideo. 2005, Journal of Colloid and Interface Science , págs. 238-246.

[17] Synthesis of core-shell composites using inverse surfmer. Zaragoza, E., y otros, y otros. 2012, Journal of Colloid and Interface Science, págs. 231-236.

[18] Investigation of structure-surface properties relationship of semi-fluorinated polymerizable cationic surfactants. Benbayer, Chahinez. 2013, Journal of Colloid and Interface Science, págs. 125-131.

[19] Rapid determination of surfactant critical micelle concentrations using pressure-driven flow with capillary electrophoresis instrumentation. Stanley, F.E. 2009, Journal of Chromatography , págs. 8431–8434.

[20] Mayers. Surfactant Science and Technology. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2006.

[21] The methods of determination of critical micellar concentrations of the amphiphilic systems in aqueous medium. Chakraborty, Tanushree. 2011, Arabian Journal of Chemistry, págs. 265–270.

[22] Poly-aniline synthesis by electrochemical oxidation. Restrepo, Hector, Cervera, Jesus y Alonso, Bibian. 2005, Dyna, págs. 147, 57-63.



# SÍNTESIS DE CATALIZADORES NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> PARA HIDRODESULFURACIÓN DE GASOLINA Y DIÉSEL. EFECTO DEL CONTENIDO DE Mo

Alida Elizabeth Cruz Pérez \*  
María Guadalupe Hernández Cruz  
Ebelia del Ángel Meráz<sup>1</sup>  
Ana Luisa Gómez Calzada<sup>1</sup>  
Tomás Francisco Chablé Contreras

## I. RESUMEN

A nivel mundial, los límites de contenido de azufre en combustibles fósiles son cada vez más estrictos, lo cual hace necesario el desarrollo de catalizadores más activos en el proceso de hidrodeshulfuración. En este trabajo se evaluó el efecto del contenido de molibdeno sobre las relaciones intermoleculares de los componentes de los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> y su repercusión en la actividad en la hidrodeshulfuración de dibenzotiofeno. Los sólidos se caracterizaron por medio de fisisorción de N<sub>2</sub>; espectroscopía Raman y de reflectancia difusa UV-Visible (EDR-UV-Vis), consecuentemente los materiales se evaluaron en la reacción de hidrodeshulfuración de dibenzotiofeno. Los resultados mostraron que con el contenido de 20 %p/p de Mo se obtiene la mejor actividad catalítica. El efecto promotor del Ni es mayor en los catalizadores calcinados, ya que el proceso de calcinación favorece la interacción Ni-Mo y permite que el Ni se encuentre disponible para para la formación de las fases activas NiMoS, las cuales son nano-estructuras sobre las cuales se lleva a cabo el ciclo catalítico que permite la eliminación del azufre.

## II. INTRODUCCIÓN

La optimización de catalizadores de CoMo o NiMo soportados en alúmina es necesaria para obtener gasolina y diesel con contenido de azufre generalmente menor a 15 ppm. Las variaciones en las interacciones metal-soporte son las causantes de la diferencia en la actividad catalítica [1]. Los compuestos azufrados presentes en las cargas de combustible, se dividen en dos grupos: El primero incluye benzotiofenos con sustituyentes alquilo. El segundo grupo contiene dibenzotiofenos con grupos alquilo como sustituyentes. Los dos grupos están presentes en diferentes tipos de diesel, pero su distribución difiere en cargas de combustible craqueado. El tipo y el volumen de las corrientes que alimentan las cargas de diesel tienen también una fuerte influencia en la concentración de los compuestos azufrados. El combustible inicial contiene 4300 ppm S, esta concentración depende de la actividad del catalizador y en consecuencia de la

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de Ingeniería Química DAIA-UJAT

<sup>2</sup> Profesor-Investigador de Ingeniería Petroquímica DAM-Jalpa de Méndez-UJAT

\*alidaelizabeth2009@hotmail.com

reactividad de los compuestos azufrados. A fin de alcanzar menos de 100 ppm S, los catalizadores deben eliminar el grupo de compuestos menos reactivo, como el 4,6 dimetildibenzotiofeno (4,6-DMDBT).

La formación de las fases activas NiMoS y su dispersión en la superficie son fuertemente influenciadas por su interacción con el soporte. Los óxidos mixtos MgO-TiO<sub>2</sub> presentan carácter básico [2], la adición de TiO<sub>2</sub> deforma la estructura cristalina de la magnesia y produce cargas electrónicas desbalanceadas. Esto puede favorecer la distribución de las especies MoS<sub>2</sub> y MoO<sub>3</sub> [2]. En un trabajo anterior se evaluó el efecto del pH de impregnación sobre la distribución de las especies de Ni y W en el soporte Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>, los resultados mostraron que la impregnación a pH = 9 conducía a la formación del heteropolitungstato Ni<sub>2</sub>+Oh-W<sub>12</sub>O<sub>41</sub>10- con alta interacción Ni-W, que resultaba difícil de sulfurar y presentaba baja actividad catalítica con respecto al catalizador impregnado a pH natural, el cual presentaba la especie Ni<sub>2</sub>+Oh/WO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en su superficie Chang y col. [3] reportaron que el MgO tiene alta capacidad de dispersión de Mo en estado óxido. El soporte de MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> presenta un punto de carga cero que sugiere que este soporte posee también una alta capacidad de dispersión. Por lo anterior se prepararon catalizadores con 12, 15 y 20 % p/p de MoO<sub>3</sub>. Guevara y col. [4] reportaron que los soportes con MgO pueden formar fácilmente espinelas de NiMgO. Por lo que, también se estudió la concentración de Ni. En este trabajo se estudia el efecto del contenido de Mo sobre las interacciones Ni-Mo en el soporte MgO-TiO<sub>2</sub>, desde la distribución de las especies en fase óxido hasta la formación de las estructuras NiMoS. Y finalmente se evalúa su efecto en la reacción de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno (DBT).

### III. OBJETIVOS

El objetivo fue evaluar el efecto del contenido de Mo en los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> sobre la actividad en la reacción de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno. Además se analizó la distribución de las especies de Ni y Mo en fase óxido y su evolución hacia las fases activas "NiMoS". Como metas alcanzadas, se obtuvo el modelo de un catalizador NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> considerablemente activo en la HDS de DBT.

### IV. METAS

Se pretende la publicación de los resultados en congresos nacionales y la obtención del título de Ingeniero Químico de un alumno

### V. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 5.1. Síntesis del óxido mixto MgO-TiO<sub>2</sub>

El óxido mixto de MgO-TiO<sub>2</sub> (95:5) se preparó por el método sol-gel, a partir de etóxido de magnesio e isopropóxido de titanio.



Los alcóxidos se disolvieron en metanol e isopropanol, respectivamente. Cuando ambas soluciones fueron homogéneas se mezclaron para formar la solución precursora. Posteriormente, la hidrólisis se realizó con agua desionizada hasta la obtención de un gel. El gel obtenido se secó a 120 °C y después se calcinó a 550 °C.

### 5.2. Caracterización fisicoquímica de los óxidos mixtos MgO-TiO<sub>2</sub>

El análisis de las propiedades texturales de los sólidos se llevó a cabo por medio de fisisorción de N<sub>2</sub> a 77K en un equipo Micromeritics ASAP 2020. La medición del potencial-  $\zeta$  se realizó en un equipo Malvern Zeta Sizer3000. El coloide se preparó a partir de la disolución del sólido en KOH (0.01 M) con una concentración de 0.05g/L. Para determinar las fases cristalinas de los componentes activos de los compuestos sintetizados, se usó un difractómetro Bruker D5005 equipado con un cátodo de cobre CuK $\alpha$  ( $\lambda=0.1518$  nm), en el dominio del ángulo  $2\theta= 5^\circ$  a  $70^\circ$  con una velocidad de  $2^\circ\text{min}^{-1}$ .

### 5.3. Preparación de catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub>

El soporte de MgO-TiO<sub>2</sub> se impregnó por el método de llenado de poro con una solución acuosa de nitrato de níquel hexahidratado Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O y de heptamolibdato de amonio tetrahidratado (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O. El contenido de MoO<sub>3</sub> se modificó de 12, 15 y 20 % p/p y la relación molar Ni/(Ni+Mo) fue de 0.3. Los sólidos impregnados se dejaron reposar 24 h a temperatura ambiente y después se secaron a 120 °C por 12 h. Finalmente, los sólidos se calcinaron a 400 °C durante 4 h. La Tabla 1 muestra la nomenclatura de los catalizadores que se presentarán en este trabajo.

Catalizador	MoO <sub>3</sub> % p/p	Ni/(Ni+Mo)	Tratamiento
12Mo-NC	12	0	Secos a 120 °C
15Mo-NC	15		
20Mo-NC	20		
12NiMo-NC	12	0.3	
15NiMo-NC	15		
20NiMo-NC	20		
12Mo-C	12	0	Calcinados a 400 °C
15Mo-C	15		
20Mo-C	20		
12NiMo-C	12	0.3	
15NiMo-C	15		
20NiMo-C	20		

Nomenclatura de los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub>

### 5.4. Caracterización fisicoquímica de los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub>

La determinación de las especies de Mo en fase óxido se llevó a cabo por medio de espectroscopía Raman, con un equipo GX Raman FT-IR de Perkin Elmer, equipado con láser Nd:YAG (1064 nm) y detector InGaAs. El barrido de las muestras se realizó con 50 repeticiones, con una potencia láser 40-300 mW entre 1200-100 cm<sup>-1</sup> y con 4-2 cm<sup>-1</sup> de resolución. La espectroscopia de reflectancia difusa UV-Vis permite obtener información de la simetría local de los iones de níquel y molibdeno. Los espectros UV-Vis fueron obtenidos en un espectrómetro Perkin-Elmer Lambda 40 equipado con una esfera de integración Labsphere de 150 mm de diámetro.

### 5.5. Evaluación catalítica en la reacción de HDS de DBT

Los catalizadores activos se evaluaron en una micro-planta piloto a 30 bars con un reactor de lecho fijo, en donde se colocaron 0.05 g de catalizador entre dos camas de  $\theta$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. El cual fue alimentado con un flujo de líquido de 0.12 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> de una solución de 500 ppm de azufre contenido en dibenzotiofeno disuelto en n – heptano; y un flujo de gas de 35 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>. El heptano se eligió como disolvente, ya que bajo las condiciones de reacción todos los reactivos se encuentran en fase gaseosa.

Los productos de la reacción se analizaron en un cromatógrafo Perkin Elmer AUTOSYSTEM XL equipado con detector de ionización de flama FID y columna capilar ULTRA2 (L= 24m,D.I = 0.32 mm), usando el dodecano como referencia interna.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

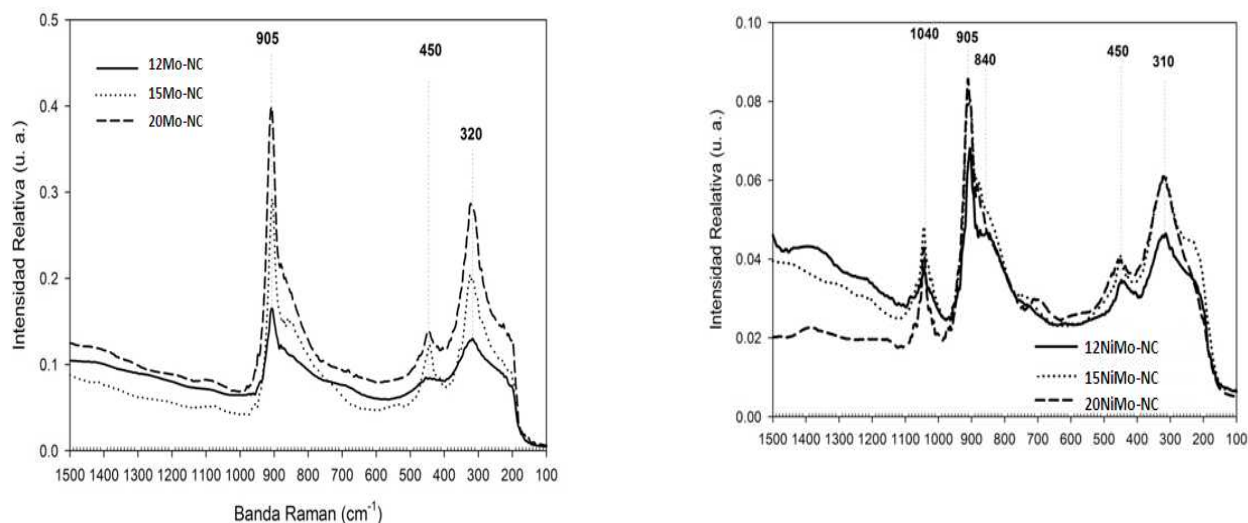
El soporte MgO-TiO<sub>2</sub> con 95 % de MgO mostró un área superficial de 266 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> y presenta una superficie conformada principalmente por mesoporos con un diámetro de 8 nm. Por medio de la técnica de potencial- $\zeta$ , se determinó que su pH neto superficial es de 8.0. Los resultados obtenidos por medio de DRX mostraron que el sólido presenta en mayor proporción al MgO en la fase periclase, aunque también muestra la presencia de las fases Mg<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub> en forma de espinela y de TiO<sub>2</sub> en fase anatasa, estos resultados concuerdan con lo reportado por López y colaboradores [5].

### 6.1. Efecto del molibdeno sobre la distribución de las especies Ni y Mo en fase óxido

La Figura 1A muestra los espectros Raman de los catalizadores Mo/MgO-TiO<sub>2</sub> secos. Las bandas Raman a 905 y 320 cm<sup>-1</sup> que corresponde a la vibración del enlace Mo=O y Mo – O – Mo del ion MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> [3]. Estas bandas no cambian al aumentar la cantidad de Mo, lo que sugiere que el soporte permite que el Mo esté disperso en forma de MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. La solución de impregnación a pH= 9 contiene principalmente iones de MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Los cuales se depositan sin cambios sobre el soporte MgO-TiO<sub>2</sub>. El MgO es inestable en contacto de la solución acuosa ya que se observa una banda 450 cm<sup>-1</sup> que corresponde al estiramiento (A<sub>1g</sub>) del enlace Mg-O del Mg(OH)<sub>2</sub> [3].

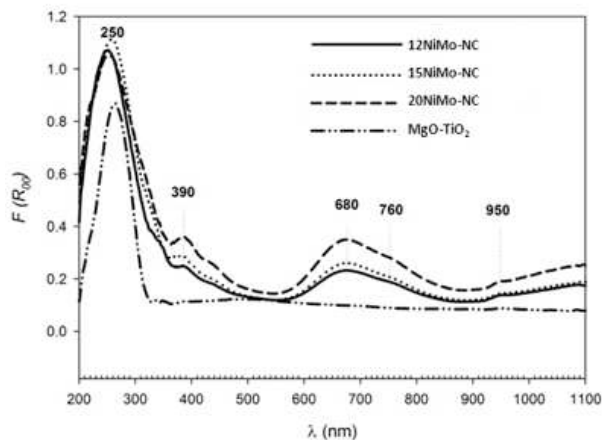
Durante la preparación de las fases activas NiMoS se requiere que el Ni se encuentre disponible para interactuar con el Mo. Por lo que es importante conocer

si durante la impregnación con Ni, las especies de Mo se mantienen en la forma MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Los espectros de los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> presentan señales a 905 y 320 cm<sup>-1</sup> que corresponden al MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> [3], Figura 1B. Al igual que en los catalizadores de Mo/MgO-TiO<sub>2</sub>, la concentración de Mo no muestra cambios en la distribución MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. La señal a 1040 cm<sup>-1</sup> es característica de los iones NO<sub>3</sub><sup>-</sup> [6] provenientes de la sal de nitrato de níquel. Además, se observa la presencia de Mg(OH)<sub>2</sub>.



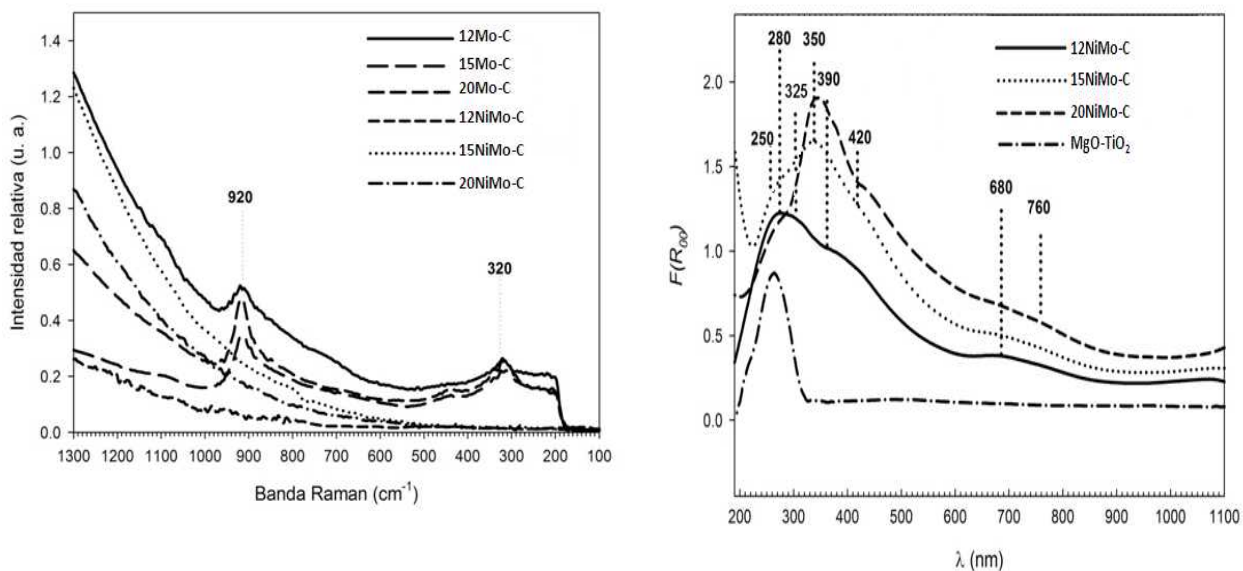
A) Espectros Raman de los catalizadores Mo/MgO-TiO<sub>2</sub> y B) NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> sin calcinar.

La Figura 2 muestra los espectros de RD-UV-Visible de los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub>. Los tres catalizadores muestran una banda a 390 nm, la cual se relaciona al níquel octaédrico acuoso [Ni(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> [7]. La banda amplia entre 680 y 760 nm corresponde al ion Ni con simetría local octaédrica distorsionada, Ni<sup>2+</sup>+Oh [8-10]. La presencia del ion Ni con simetría local tetraédrica se evidencia con la banda a 950 nm [7]. Estas bandas sugieren que el ion Ni mantiene una simetría local octaédrica con el aumento de la concentración de Mo.



Espectros de RD-UV-Vis de los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> sin calcinar.

Con la finalidad de seguir el comportamiento de las especies de Ni y Mo durante la preparación del catalizador, la Figura 3 muestra los espectros Raman de los catalizadores Mo/MgO-TiO<sub>2</sub> y NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> calcinados. Los catalizadores Mo/MgO-TiO<sub>2</sub> presentan señales a 920 y 320 cm<sup>-1</sup> que identifican al MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> [3]. Lo que sugiere que esta especie se mantiene durante la impregnación y después de la calcinación. Los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> calcinados no presentan bandas. A pesar de aumentar la concentración de metales, el Ni ocasiona que las interacciones Ni-Mo y Mo-soporte en los catalizadores calcinados sean lo suficientemente fuertes para no permitir apreciar las vibraciones Mo-O-Mo y Mo=O.



A) Espectros Raman de los catalizadores Mo/MgO-TiO<sub>2</sub> y NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> calcinados y B) Espectros de RD-UV-Vis de los catalizadores NiMo-MgO-TiO<sub>2</sub> calcinados.

La Figura 3B muestra los espectros de RD-UV-visible de los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> calcinados. La calcinación favorece la presencia de bandas a 390 y 420 nm, las cuales son reportadas para la solución sólida NiMgO [10]. Estas bandas se intensifican al aumentar el contenido de Mo y Ni. La presencia de las bandas alrededor de 680 y 760 nm corresponden al Ni<sup>2+</sup>+Oh con simetría distorsionada. La intensidad de esta banda aumentó después de la calcinación. El Ni<sup>2+</sup>+Oh puede relacionarse con la interacción Ni-Mo [7, 9, 11, 12].

Las espectroscopías Raman y UV-Vis evidenciaron la formación de MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> durante el proceso de impregnación, y después de la calcinación, la interacción Mo-soporte no permite observar los modos de vibración, por lo que es de esperar que esta alta interacción modifique las propiedades texturales del soporte.

### 6.2. Efecto del contenido de molibdeno sobre la hidrosulfuración de dibenzotiofeno

La Tabla 2 resume los resultados la velocidad de hidrosulfuración de dibenzotiofeno de la serie de catalizadores. El catalizador 12-Mo-C presenta la más baja actividad de la serie. Los catalizadores muestran un aumento de

velocidad importante al pasar de 12 a 15 % p/p Mo. Pero este aumento es menor con 20 % p/p. Esto sugiere que las especies de Ni<sup>2+</sup>Oh/MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> observadas sufren un cambio importante debido a la sulfuración en concentraciones de más de 15 % p/p de Mo, en acuerdo a la disminución del área superficial. La calcinación favorece la actividad catalítica, ya que los catalizadores calcinados son los más activos de la serie.

Catalizador	$r \times 10^{-8}$ $\frac{molDBT}{s * g_{cat}}$	$r \times 10^{-21}$ $\frac{molDBT}{s * AtomMo}$	Efecto promotor $r_{NiMo}/r_{Mo}$	Conversión (%)	Selectividad DDS/HID
12Mo-C	3	5	0	10	1.00
12NiMo-NC	5	9	2	12	0.96
15NiMo-NC	25	27	8	46	0.96
20NiMo-NC	28	27	9	52	0.96
12NiMo-C	31	54	10	62	0.95
15NiMo-C	41	56	14	84	0.94
20NiMo-C	42	40	14	85	0.94
NiMo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31	30	--	62	0.48

Velocidad de reacción y selectividad de los catalizadores NiMo/MgO-TiO<sub>2</sub> después de 10 h de HDS de DBT, P=30 bar, T=300°C.

Con la finalidad de observar, la dispersión de los catalizadores sulfuros se presenta la velocidad de reacción en función de los átomos de Mo. De esta manera, el catalizador 15-NiMo-C presenta la mayor actividad de la serie. Al aumentar la concentración de metálica de 15 a 20 no se observan cambios en la velocidad de reacción, esto sugiere que la sulfuración de MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en los catalizadores calcinados lleva a especies de MoS<sub>2</sub> similares.

En los catalizadores de Mo secos y calcinados se observó la especie MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Sin embargo, la adición de Ni ocasionó que en los catalizadores calcinados no se observaran especies de MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, pero el Ni se encuentra con simetría local octaédrica en los secos y se distorsiona en los calcinados. Estos cambios se manifiestan en la velocidad de reacción con el efecto promotor de Ni (rNiMo/rMo), Tabla.2. Este efecto del Ni se tomó usando como referencia la velocidad de reacción del 12Mo-C. El efecto promotor en los catalizadores secos es menor que en los calcinados. Lo que sugiere que el Ni se aprovecha mejor para formar la fase NiMoS. El efecto promotor de Ni en los catalizadores 15NiMo-C y 20NiMo-C es similar, esto se asocia a que el Ni forma espinelas de NiMgO, como se observó en los ERD-UV-Vis. Por otro lado, el catalizador industrial presenta la misma actividad que el 12NiMo-C. Pero el 15NiMo-C es 33 % más activo que el industrial. La selectividad que se muestra en la Tabla 2, muestra que la relación de desulfuración directa con respecto a la hidrogenación DDS/HID se favorece ligeramente con el aumento del



contenido de Mo. El catalizador industrial NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> presenta una selectividad prácticamente igual hacia ambas rutas de reacción, esto se debe al carácter ácido del soporte Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### VII. CONCLUSIONES

El MgO del soporte MgO-TiO<sub>2</sub> es inestable al entrar en contacto con la solución acuosa durante la impregnación. Sin embargo el Mo y el Ni se encontraron dispersos en las formas Ni<sup>2+</sup><sub>oh</sub>/MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y Ni<sup>2+</sup>/MgO. La simetría del Ni<sup>2+</sup><sub>oh</sub> se distorsionó después de la calcinación, esto indica una mayor interacción Ni-Mo, la cual se ve reflejada en la mayor actividad y efecto promotor en los catalizadores calcinados. Los resultados de HDS de DBT sugieren que las interacciones Mo-Mg y Ni-Mg son óptimas a 20 %p/p de MoO<sub>3</sub>, a pesar de la formación de las espinelas NiMgO y MgMoO<sub>4</sub>, las cuales disminuyen el aprovechamiento del Ni para la formación de la fase NiMoS.

### VIII. REFERENCIAS

- [1] C. Stinner, R. Prins, Th. Weber. 2000, Formation, Structure, and HDN Activity of Unsupported Molybdenum Phosphide J. Catal. 191, 438.
- [2] T. López, J. Hernández, R. Gómez, X. Bokhime, J. L. Boldú, E. Miño, O. Novaro, A. García – Ruíz, 1999, Synthesis and characterization of TiO<sub>2</sub>-MgO mixed oxides prepared by sol gel method, Langmuir, 15, 5689.
- [3] M. Breyse, C. Geantet, P. Afanasiev, J. Blanchard, M. Vrinat, 2008, Recent studies on the preparation, activation and design of active phases and supports of hydrotreating catalysts Catal. Today, 130, 3.
- [4] S. C. Chang, M. A. Leugers, S. R. Bare., 1992, Surface chemistry of magnesium oxide-supported molybdenum oxide: an in situ Raman spectroscopic study J. Phys. Chem. 96,10358-10365
- [5] A. Guevara, A. E. Cruz Pérez, Z. Contreras Valdez, J. Mogica Betancourt, A. Alvarez Hernández, M. Vrinat. 2010, Effect of Ni promoter in the oxide precursors of MoS<sub>2</sub>/MgO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts tested in dibenzothiophene hydrodesulphurization Catal. Today, 149, 288.
- [6] C.J. Carter, P. K. Khulbe., J. Gray., J. W. Van Zeec, 2004, Raman spectroscopic evidence supporting the existence of Ni<sub>4</sub>(OH)<sub>44+</sub> in aqueous, Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> solutions Analytica Chimica Acta 514, 241.
- [7] C. Lepetit, M. Che., 1996, Discussion on the coordination of Ni<sup>2+</sup> ions to lattice oxygens in calcined Faujasite– type Zeolites followed by Diffuse Reflectance Spectroscopy. J. Phys. Chem., 100, 3137-3143.

- [8] F. Iova, A. Trutia, *Opt. Mater.* 13, 2000, 455.
- [9] K.T. Ng, D.M. Hercules, *J. Phys. Chem.* 80, 1976, 2094.
- [10] M. Fournier, C. Louis, M. Che, P. Chaquin, D. Masure, 1989, Polyoxometallates as models for oxide catalysts: Part I. An UV-visible reflectance study of polyoxomolybdates: Influence of polyhedra arrangement on the electronic transitions and comparison with supported molybdenum catalysts *J. Catal.* 119, 400.
- [11] L. Rodrigo, K. Marcinkowska, C. P. Lafrance, C. P. Roberge, S. Kaliaguine, "Proceedings, 9th Ibero-American Symp. Catal., Lisbon," p. 675, 1984.
- [12] N. Mironova-Ulmane, V. Skvortsova, A. Kuzmin, U. Ulmanis, I. Sildos, E. Gazzanelli, G. Mariotto, *Phys. Solid State*, 2005, Magnetic ion exchange interactions in NiO-MgO solid solutions 8, 1516.





# ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE FLUIDO EN UNA CÁMARA DE AMBIENTE CONTROLADO

Karla María Aguilar Castro<sup>1\*</sup>  
Edgar Vicente Macías Melo<sup>1</sup>  
Isa Yadira Pérez Olán <sup>1</sup>  
Humberto Jiménez Hernández<sup>1</sup>

## I. RESUMEN

Este trabajo presenta un estudio para la selección de la configuración adecuada de una Cámara de Ambiente Controlado (CAC) útil para la caracterización de materiales de construcción, en la cual se logre una distribución de aire homogénea sobre la muestra de estudio. Para la selección de la configuración adecuada de la CAC, se realizó una simulación en 2D de tres configuraciones propuestas (rectangular, rectangular redondeada y octagonal) mediante Dinámica de Fluidos Computacional (DFC) utilizando Ansys Fluent. Las simulaciones se realizaron a velocidades de suministro de aire de: 0.5, 1.5, y 2.5 m/s. Los resultados mostraron que la mejor configuración fue la de tipo rectangular, debido a que mostró un mejor comportamiento en la distribución del campo de velocidad, temperatura y el coeficiente de transferencia de calor sobre la pared de la muestra. Esta configuración rectangular fue utilizada para una simulación en 3D con el fin de analizar el comportamiento del fluido en condiciones más acercadas a la realidad. La simulación en 3D, mostró el mismo comportamiento que en 2D, por lo cual, se establece que esta sería la configuración más adecuada por homogeneidad y facilidad de construcción.

## II. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un bien que se utiliza en el desarrollo de un país, por lo que, el uso racional de la energía eléctrica y la aplicación que se haga al ahorro de energía son cuestiones esenciales para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos y naturales. El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) ha reportado que aproximadamente el 30% del total del consumo de energía del país corresponde a los sectores residencial, comercial y de servicios y el consumo de energía en edificaciones [1]. Por lo que este sector se ha convertido en una zona de interés, en la cual se puedan proponer alternativas en diseño arquitectónico, materiales de construcción, sistemas de acondicionamiento de aire u otras medidas que permitan reducir el consumo energético de sus espacios manteniendo condiciones de confort térmico en el interior. Una de las definiciones más aceptadas para confort térmico es la de ASHRAE [2] y la UNE-EN ISO 7730:2006 [3], donde se establece que es la “Condición mental bajo

---

<sup>1</sup> División Académica de Ingeniería y Arquitectura, DAIA.

\* karla.aguilar@ujat.mx

la cual expresan satisfacción la mayoría de los ocupantes de un determinado ambiente térmico”. Para evaluar el confort térmico existen diversos métodos, de los cuales dos de ellos son las más relevantes, el método de encuesta y el método experimental mediante el uso de una Cámara de Ambiente Controlado (CAC).

La CAC es un equipo experimental conformado por dos cámaras instrumentadas en donde es posible controlar las condiciones de temperatura, humedad y velocidad del fluido, de tal forma, que puedan fijarse condiciones específicas según se requiera en el estudio. La CAC es conocida también como Hot box y sigue los lineamientos de la norma NFRC 102-2014 [4]. En la cámara uno se fijan condiciones de ambiente interior y en la cámara dos se fijan condiciones de ambiente exterior, esto con el fin de evaluar el flujo de calor que pasa a través de una muestra colocada entre ambas cámaras. Con los datos obtenidos del flujo de calor a través de la muestra, y las mediciones de las variables de temperatura, humedad y velocidad de ambas cámaras, es posible determinar los parámetros característicos de la muestra de los materiales bajo prueba. Los principales parámetros característicos obtenidos mediante este método son, la Conductividad térmica aparente ( $\lambda$ ) y el Coeficiente Global de transferencia de Calor.

Para determinar adecuadamente los parámetros característicos en una CAC, se requiere además un equipo instrumental preciso, una adecuada distribución de estos y una configuración del espacio adecuada, de tal forma que sobre la muestra de estudio se haga pasar un flujo de aire homogéneo sobre su superficie. Lo anterior, con el fin de que el flujo de calor de la superficie de la muestra sea removido uniformemente, lo cual permitirá obtener el  $\lambda$  y el U con valores bajos de incertidumbre, lo cual le dará validez y certidumbre a los resultados obtenidos.

### III. OBJETIVOS Y METAS

Obtener la configuración adecuada de una CAC que se utiliza para la caracterización de materiales de construcción con fines de ahorro de energía en edificaciones.

### VI. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1 Dinámica de fluido computacional (DFC)

La DFC es una rama de la mecánica de fluidos que proporciona información cualitativa y cuantitativa usando métodos numéricos y algoritmos para estudiar y analizar problemas que involucran fluidos en movimiento. El objetivo principal de la DFC es la simulación del flujo del fluido y los procesos de transferencia de calor. Los códigos de DFC están estructurados alrededor de algoritmos numéricos que pueden atacar problemas de flujo de fluidos y contienen tres principales elementos: a) un pre-procesador (Gambit), b) un solucionador (ANSYS Fluent) y c) post-procesador (graficadores 2D y 3D).

En el solucionador ANSYS Fluent se resuelven las ecuaciones gobernantes de flujo de fluido y transferencia de calor, las cuales son: la Ecuación de Conservación

de Masa o Continuidad, la Ecuación de Conservación de Momento o Navier Stokes y la Ecuación de Conservación de Energía. El fluido se considera como un medio continuo. El comportamiento del fluido se describe en términos de propiedades macroscópicas, como velocidad, la presión, densidad y temperatura, espacio y derivadas de tiempo. Las propiedades pueden pensarse como promedios sobre un número grande de moléculas.

#### 4.2 Metodología

En el diagrama de la Figura 1 se presenta un esquema donde se puede observar los pasos implementados en la metodología de diseño para la obtención de la CAC. Esta es una metodología de diseño estructurado por abstracción [5], la cual consiste en aislar cada elemento que formará parte de la cámara y evaluarlo independientemente sin desviarse del objetivo principal o la necesidad principal del diseño. La metodología utilizada consta de 7 pasos principales, los cuales se describen brevemente a continuación.

De forma general, en el Paso 1 de la metodología se establece la declaración de la necesidad que es “Diseñar una CAC para evaluar muestras de hasta 1m<sup>2</sup> como mínimo para materiales que se utilizan en la construcción”. Una vez que se formula la declaración de la necesidad, se realiza una revisión de los requerimientos del diseño, restricciones principales y se formulan las condiciones de diseño (Paso 2). Considerando la información recabada se proponen alternativas funcionales que permitan satisfacer las condiciones del diseño (Paso 3). Estas alternativas funcionales se refieren a propuestas de instrumentos de medición, materiales, la configuración de la CAC y los accesorios necesarios para cubrir la declaración de la necesidad.



Metodología de diseño estructurado para la obtención de la CAC.

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

A partir del análisis de los requerimientos de diseño, las restricciones y las alternativas funcionales se lleva a cabo la evaluación de las alternativas funcionales, a través de una matriz de evaluación (Paso 4). Esta matriz tiene como finalidad evaluar cada una de las alternativas funcionales que conforman el diseño de la cámara, comparándolas mediante diferentes criterios de evaluación que permitan seleccionar la más adecuada mediante una calificación. Los criterios de evaluación considerados son: costos, funcionalidad, disponibilidad, estética y otros criterios técnicos de interés particulares. Las alternativas funcionales de mayor puntaje pasan a la etapa de implementación (Paso 5) y se evalúa su funcionalidad en términos de costo-beneficio (Paso 6). Si los resultados son satisfactorios la alternativa funcional pasa a formar parte del prototipo final (paso 7).

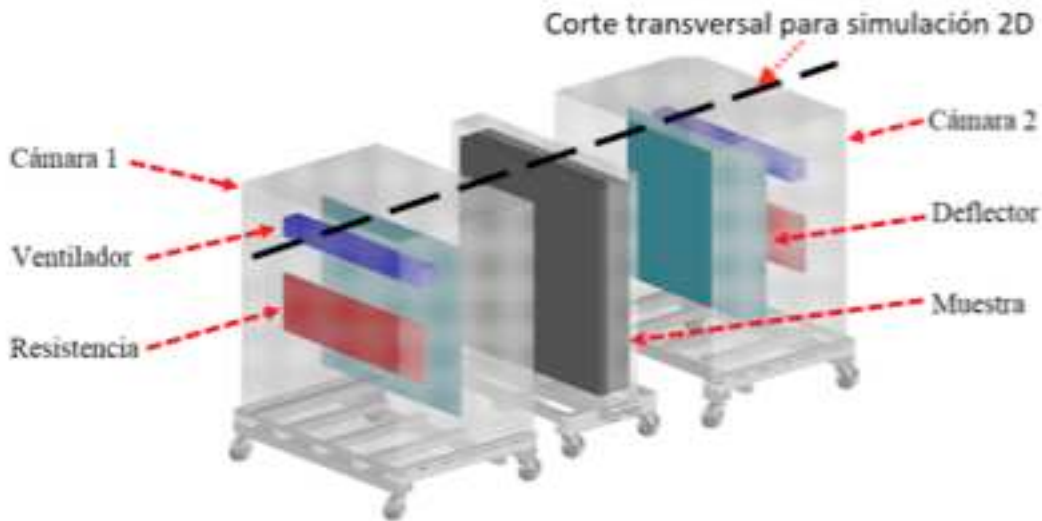
En este trabajo, se reportan sólo los resultados obtenidos en el Paso 4, respecto a la alternativa funcional que compete a la selección de la configuración de la CAC. Para seleccionar la configuración más adecuada de la CAC, se realizan simulaciones mediante DFC utilizando el procesador ANSYS Fluent y el preprocesador Gambit, considerando el siguiente procedimiento:

1. Se proponen tres configuraciones para la CAC incluyendo los accesorios interiores: configuración rectangular, rectangular redondeada y octagonal.
2. Las configuraciones propuestas en 2D, se dibujan y mallan (dividir en pequeños volúmenes de control) utilizando el preprocesador Gambit, en el cual, se le asignan condiciones de frontera.
3. Posteriormente, el modelo se exporta al procesador Fluent donde se realizaron simulaciones con diferentes velocidades de suministro de aire 0.5 m/s, 1.5 m/s y 2.5 m/s buscando una distribución homogénea sobre la muestra de estudio. Las simulaciones se llevaron a cabo con un tiempo de cómputo determinado hasta que se obtiene la solución, es decir, hasta que converge la solución y se alcanzan los criterios de convergencia establecidos para los residuales de la ecuación de conservación de masa, momento y energía. Para este caso de estudio los criterios de convergencia establecidos fueron del orden de  $10^{-6}$ .
4. Se analizan los resultados obtenidos y se selecciona la configuración más adecuada. La selección se realiza considerando además de una distribución homogénea del aire sobre la muestra de estudio, que sea de fácil construcción.
5. Una vez seleccionada la configuración adecuada, se realiza una simulación en 3D con el fin de analizar el comportamiento del fluido en condiciones más acercadas a la realidad.

## V. RESULTADOS

En la Figura 2 se puede observar un esquema de la propuesta de la configuración rectangular que considera las alternativas funcionales y una distribución propuesta de los accesorios y localización de una muestra bajo prueba. El esquema muestra un dispositivo de suministro de aire, un dispositivo de calentamiento de aire y un deflector que funciona como una barrera que evita la transferencia de

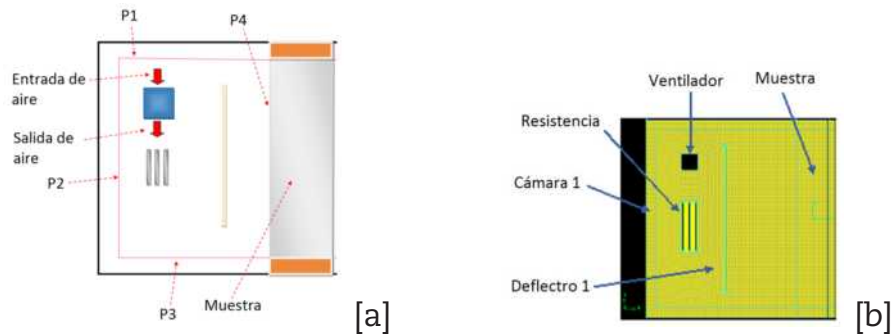
calor por radiación entre el dispositivo de calentamiento de aire y la muestra. La distribución para la Cámara 1 y 2 es idéntica, y se considera un corte transversal para la simulación en 2D.



Configuración rectangular que considera alternativas funcionales.

### 1) Modelación en 2-D

En la Figura 3 se presenta la distribución de los accesorios propuestos para la configuración rectangular y el mallado del modelo. La posición de estos accesorios y sus dimensiones se consideraron de acuerdo a la dimensiones del fabricante de accesorios conocidos para la instrumentación. Las dimensiones propuestas de la CAC fueron de  $0.9 \times 0.9 \times 1.2$  m<sup>3</sup>, para un tamaño de muestra máximo de  $1 \times 1$  m<sup>2</sup>.



Configuración y elementos de la cámara, a) modelo y b) modelo mallado.

Las condiciones de frontera consideradas para las tres configuraciones propuestas, se presentan en la Tabla 1. Estas condiciones de frontera se utilizan para la simulación de cada modelo. Cabe mencionar que sólo se presentan los resultados obtenidos para 1.5 m/s en las tres configuraciones, debido a que no se presentaron cambios significativos en el comportamiento del fluido para 0.5 y 2.5 m/s para las configuraciones propuestas.

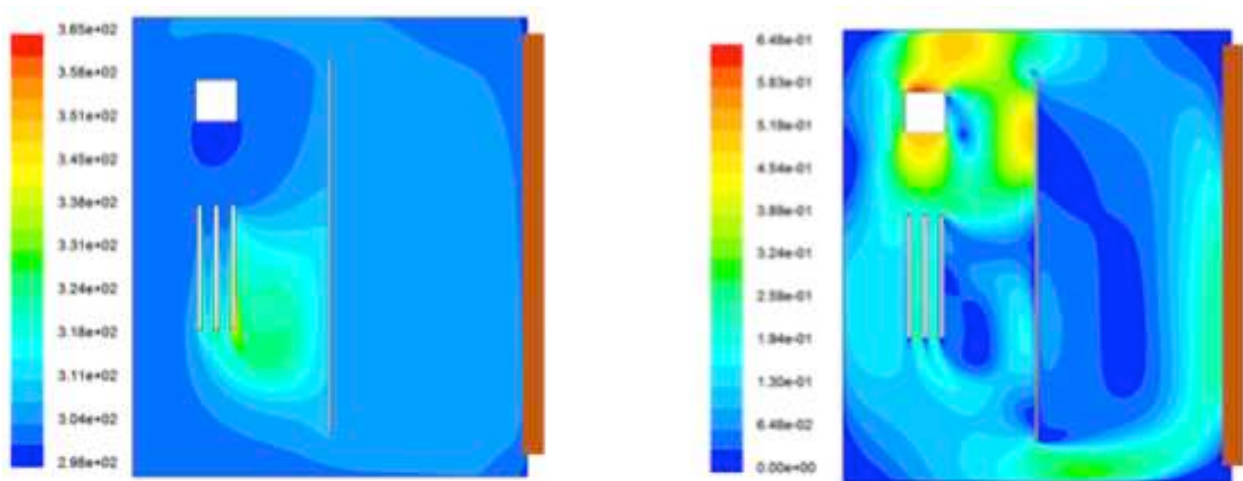


**2) Simulación 2-D, Configuración de tipo rectangular (1ra Configuración)**

En la Figura 4 se presenta el comportamiento de la distribución de la temperatura, y la velocidad sobre la muestra, para una velocidad de suministro de aire de 1.5 m/s. Como se puede observar la temperatura presenta un comportamiento homogéneo sobre la muestra a diferencia de la velocidad. Se puede observar que hay un retorno de fluido en el ventilador que regresa de forma inmediata a la succión sin haber hecho el recorrido esperado, por lo que, se observa que el uso de un sistema de direccionamiento del flujo de aire mejoraría su calentamiento y lo re-direccionaría.

Sección de la cámara	Condiciones de frontera utilizada
Pared (P1) Foamular Pared (P2) Foamular Pared (P3) Foamular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coeficiente de transferencia de calor, <math>h = 8 \text{ W/m}^2\text{-K}</math>,</li> <li>• Temperatura de corriente libre, <math>T = 301.15 \text{ K}</math>,</li> <li>• Espesor de pared, <math>w = 0.053 \text{ m}</math></li> </ul>
Pared (P4) Ladrillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coeficiente de transferencia de calor de, <math>h = 6 \text{ W/m}^2\text{-K}</math>,</li> <li>• Temperatura de corriente libre, <math>T = 293.15 \text{ K}</math>,</li> <li>• Espesor de pared, <math>w = 0.2 \text{ m}</math></li> </ul>
Flujo de salida	Velocidad de 0.5 m/s, 1.5 m/s y 2.5 m/s
Temperatura de operación	$T = 300 \text{ K}$
Calor generado	Resistencia a $Q = 200 \text{ W/m}^2$

Condiciones de frontera.



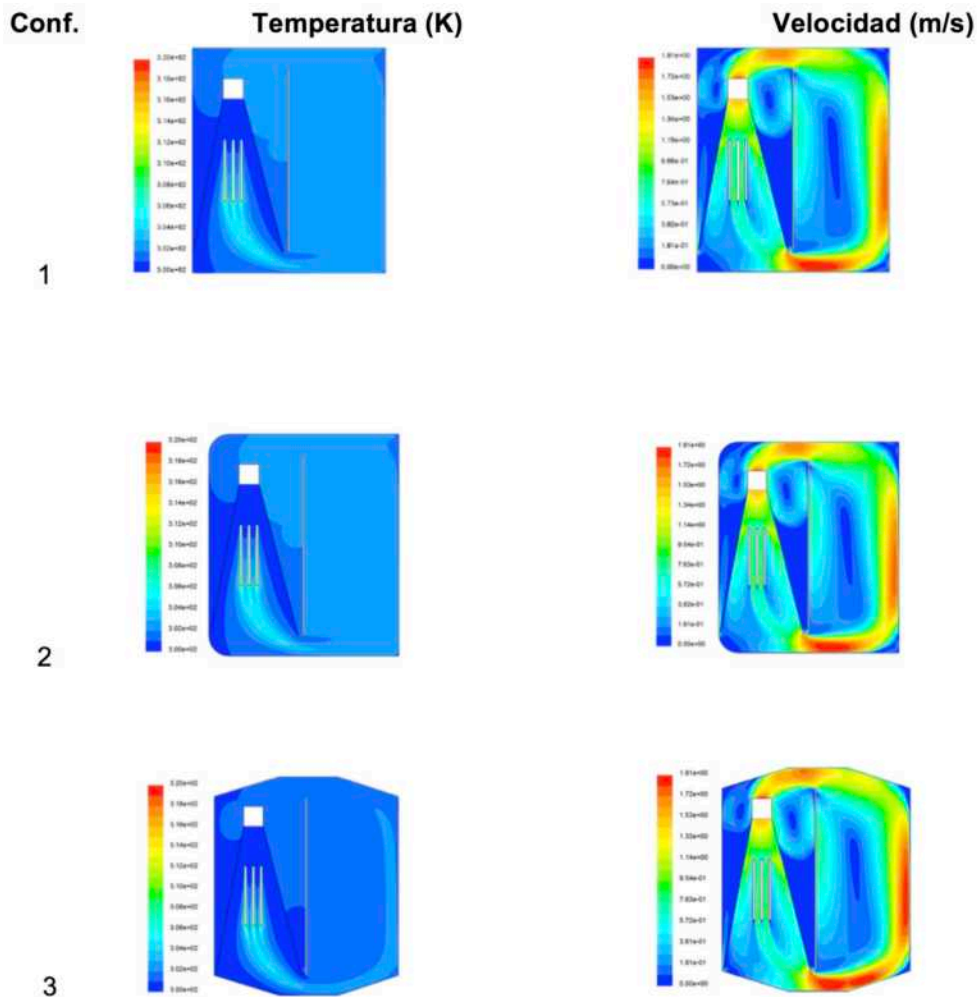
Comportamiento de los diferentes campos de la simulación en fluent, a) Temperatura (K) y b) Velocidad (m/s) para una velocidad de suministro de aire de 1.5 m/s.

Considerando los resultados anteriores, se propuso utilizar un difusor para direccionar el flujo de aire y forzar su paso a través de la resistencia de calentamiento. Este difusor fue implementado para todas las configuraciones y los resultados de la simulación para la velocidad de 1.5 m/s se presentan en la Figura 5. Como puede observarse, el difusor implementado permitió direccionar satisfactoriamente el flujo de aire forzándolo a pasar a través de las resistencias de calentamiento. En el caso de la temperatura, se puede observar que su

comportamiento fue similar en todas las configuraciones con un valor máximo de 320K. Del mismo modo, el comportamiento de la velocidad fue similar para todas las configuraciones, con un valor máximo de 1.91 m/s. Se puede observar que se obtuvieron máximas velocidades sobre la mayor superficie de la muestra con zonas de estancamiento en las esquinas.

### 3) Evaluación de la configuración tipo Rectangular en 3D

La simulación en 3D fue realizada con la configuración tipo rectangular, con el fin de verificar que el comportamiento obtenido en 2-D se mantenga principalmente para la homogeneidad del fluido sobre la muestra. La simulación de la CAC en 3D se realizó con las mismas condiciones de frontera a las que fue sometida la configuración seleccionada de la CAC en 2D (ver Tabla 1). En la Figura 6 se presenta el mallado, el comportamiento de temperatura y velocidad para esta configuración. Se puede observar que el comportamiento obtenido de los perfiles de temperatura y velocidad coincide con los resultados obtenidos en 2-D.



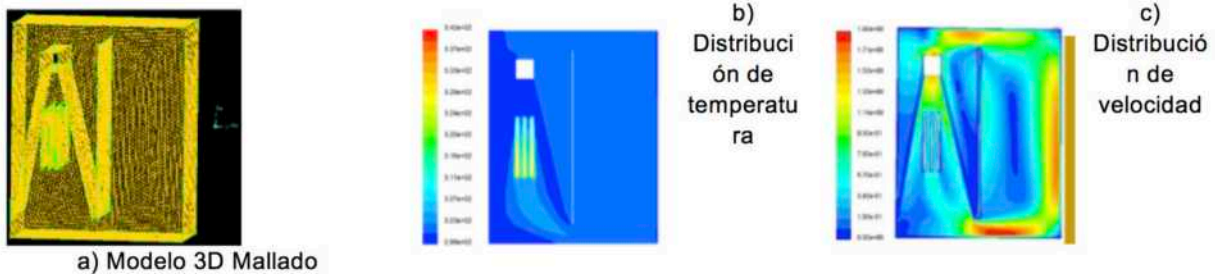
Comportamiento de los diferentes campos, resultado de la simulación, a) Temperatura (K) y b) Velocidad (m/s) para una velocidad de suministro de aire de 1.5 m/s.

Conf. 1= Rectangular, Conf. 2= Rectangular redondeada y Conf. 3= Octagonal.

## VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos respecto al comportamiento de los perfiles de temperatura y velocidad para las tres configuraciones no presentaron cambios significativos al cambiar la configuración y la velocidad de aire de entrada (0.5, 1.5 y 2.5 m/s). Lo mismo ocurrió con los valores máximos alcanzados de temperatura y velocidad. El valor máximo de velocidad de entrada de aire que se simuló supera la velocidad permitida en un ambiente interior, el cual se estima en 0.2 m/s para una temperatura interior de 300K (27°C) [6]. Por lo cual, utilizar velocidades superiores no tendrían sentido para la aplicación de este estudio. Estos resultados nos facilitan la selección de la configuración más adecuada, debido a que si el comportamiento es el mismo, podemos seleccionar la configuración en base al otro parámetro, facilidad de construcción. Considerando esto, se puede decir que la Configuración 1 (rectangular) es la más fácil de implementar, debido a que evitaríamos en el caso de la Configuración 2, los bordes redondeados y en el caso de la Configuración 3, las inclinaciones y dobleces, que presentan retos en su construcción.

Respecto a los resultados de la simulación en 3D de la configuración seleccionada, se pudo observar que ésta mostró un comportamiento de temperatura y velocidad similar a la simulación en 2D. Las diferencias absolutas de los valores máximos de temperatura y velocidad del modelo 2D contra el 3D fueron, 22K y 0.01 m/s respectivamente. Estas diferencias se consideran poco significativas, debido a que el comportamiento del perfil de velocidad se mantuvo constante sobre la superficie de la muestra en ambos casos, lo cual, permitirá remover un flujo de calor uniforme sobre la superficie de la muestra.



Resultados para la configuración rectangular en 3-D para una velocidad de suministro de aire de 1.5 m/s.

## VII. CONCLUSIONES

El estudio presentado permitió seleccionar una configuración adecuada de una CAC que se utilizará para la caracterización de materiales de construcción con fines de ahorro de energía en edificaciones. La importancia de la configuración se debe a que se busca obtener una distribución de aire homogénea sobre la superficie de la muestra de estudio. Esto permitirá remover una cantidad homogénea de calor y masa sobre la superficie de la muestra y determinar, posteriormente, los coeficientes de difusión de calor y masa que la caractericen.



La configuración seleccionada a partir de los resultados de las simulaciones en 2D, fue la Configuración 1, Rectangular. Para las diferentes condiciones de velocidad de suministro de aire (0.5, 1.5, y 2.5 m/s), esta configuración presentó: 1) el mismo comportamiento en el perfil de temperatura y velocidad, 2) los mismos valores máximos alcanzados de temperatura (320K) y velocidad (1.91 m/s) y 3) facilidad para su construcción. La simulación en 3-D de la configuración seleccionada, mostró el mismo comportamiento que en 2D, lo cual confirmó su selección.

La similitud entre los resultados obtenidos entre la simulación en 2D y la 3D indican que para este caso de estudio, una simulación en 2D es representativa de los resultados que se obtendrían si se realizará una simulación en 3D, lo cual permitirá optimizar los tiempos de cómputo.

## VIII. REFERENCIAS

[1] Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, Taller Sobre la Envoltura Térmica y el Ahorro de Energía Eléctrica Resultados de Programas de Aplicación de Aislamiento Térmico, Presentación Ejecutiva, Febrero 2009.

[2] ANSI/ASHRAE-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy, No. de publicación ASHRAE 55:2004, Atlanta, USA.

[3] UNE-EN ISO 7730:2006, Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005).

[4] NFRC 102-2014: Procedure for Measuring the Steady-State Thermal Transmittance of Fenestration Systems. URL: [https://c.ymcdn.com/sites/nfrccommunity.site-ym.com/resource/resmgr/2014\\_Technical\\_Docs/NFRC\\_102-2014\\_E1A1.pdf](https://c.ymcdn.com/sites/nfrccommunity.site-ym.com/resource/resmgr/2014_Technical_Docs/NFRC_102-2014_E1A1.pdf)

[5] J. J. Flores-Prieto, K. M. Aguilar-Castro, M. E Baltazar-López, G. Alvarez, R. Castillo-Rincón, J. C. Bahena-Bustos, 2014, Indoor indirect solar dryer for ceramic craft industry, Journal of Mechanical Science and Technology 28 (1): 349-356.

[6] Ingemecánica, Ingeniería Consultoría y Formación, Tutorial N° 251 -Ventilación y Renovación de Aire Interior en los Edificios, Revisado el lunes 22 de agosto de 2016, 14:29 hrs. URL: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn251.html#seccion7>



# PRÓTESIS TRANSFEMORALES

**Dr. Fermín Martínez Solís<sup>1\*</sup>**  
**Dr. Brian Manuel González Contreras<sup>2</sup>**  
**Dr. Armando Olmos López<sup>1</sup>**  
**Dr. Reymundo Ramírez Betancour<sup>1</sup>**

## I. RESUMEN

A nivel mundial, las prótesis de tobillo y rodilla han tenido una mayor demanda debido a enfrentamientos bélicos y enfermedades crónicas degenerativas como la diabetes. Estos dispositivos biomédicos son esenciales para recuperar parte de la movilidad que una persona pierde con la amputación. Las prótesis actuales permiten recuperar parte de la movilidad, sin embargo, su elevado costo económico las pone fuera del alcance de la población de bajos recursos económicos, además, no se ha logrado recuperar la coordinación natural que se pierde en la amputación. Esto ha motivado a desarrollar nuevas investigaciones para disminuir costos y mejorar la sincronización cuerpo humano y prótesis. En este trabajo se presenta una revisión bibliográfica de prótesis transfemorales que se han utilizado para rehabilitación por amputación transfemoral. Esto con el objetivo de identificar los componentes principales de una prótesis de rodilla para proyectos futuros de diseño. Se presentan diferentes modelos de rodillas pasivas de eje sencillo y rodillas policéntricas, así como las prótesis transfemorales inteligentes de última generación. Se identifican los componentes y las líneas de investigación en el desarrollo de estos dispositivos biomédicos.

## II. INTRODUCCIÓN

Caminar de forma natural depende de la interacción constante entre el aparato locomotor y el cerebro que, conjuntamente, sincronizan movimientos articulares para mantener el cuerpo de pie y lograr la locomoción. Perder una extremidad restringe la funcionalidad y capacidad natural del cuerpo humano para interactuar con su entorno, además, altera gravemente la marcha normal y limita la locomoción y desarrollo de actividades diarias de las personas. Con la amputación no sólo se pierden los segmentos corporales y las articulaciones, también, se pierden años de entrenamiento para perfeccionar la marcha, parámetros que definen el estilo de caminar de una persona, y lo más importante, la capacidad para desplazarse libremente a diferentes velocidades.

En la última década, la amputación de extremidades inferiores aumentó a causa de diversos factores tales como: enfermedades crónico degenerativas (la diabetes como principal enfermedad), conflictos bélicos y accidentes automovilísticos [1]. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, por sus siglas en

español) en el mundo se realiza una amputación cada 30 segundos: 7 de cada 10 amputaciones de pierna, a nivel mundial, se relacionan con la diabetes.

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, por sus siglas en español) estima que en México el 90% de las amputaciones se deben al pie diabético, y el 10% restante a causa de traumatismos derivados de accidentes automovilísticos [2]. Por otra parte, la Asociación Mexicana para el Cuidado Integral y Cicatrización de Heridas (AMCICHAC, por sus siglas en español) indicó que en México se realizan 80 mil amputaciones anuales del pie diabético [3].

A nivel mundial, la diabetes y los conflictos bélicos entre países han incrementado en mayor parte la amputación en extremidades inferiores. La diabetes afecta a más de 285 millones de personas en el mundo, y se espera que alcance los 483 millones en 2030 [4]. Estas causas han dejado a miles de personas con problemas de locomoción natural que deterioran su calidad de vida. Como solución a este problema, investigadores en el área de rehabilitación proponen la utilización de mecanismos externos conocidos como prótesis; éstas son dispositivos biomédicos diseñados para reemplazar una parte faltante del cuerpo [5]. La prótesis no sólo debe reemplazar la longitud de los segmentos, también, debe emular la biomecánica de las articulaciones durante la marcha.

### III. OBJETIVO

Identificar los componentes principales de una prótesis de rodilla y las líneas de investigación propuestas en el diseño de prótesis transfemorales.

Actualmente, las investigaciones para el desarrollo de prótesis transfemorales se dividen en dos líneas de investigación: diseño de prótesis pasivas y prótesis inteligentes.

#### Prótesis pasivas

Para este grupo de dispositivos biomédicos existen dos grupos de mecanismos que actualmente son utilizados como prótesis de rodilla, estos son: tipo bisagra o eje sencillo y policéntricos o de ejes múltiples [6].

#### 3.1 Mecanismos de eje sencillo

Estos mecanismos, también conocidos como de eje sencillo (movimiento de bisagra), se han utilizado desde el siglo XVII y siguen vigentes en la actualidad al grado de que muchas empresas aún los elaboran con nuevos materiales pero considerando el mismo principio. Estas rodillas simulan el movimiento de una bisagra que permite el libre movimiento en flexión y extensión. La estabilidad de estos mecanismos, en la fase de apoyo, se logra por la alineación de la rodilla con respecto a la línea de fuerza, y a través del control muscular del miembro residual (músculos extensores de la cadera). Estas rodillas son durables y no requieren mantenimiento en plazos de tiempo corto. Debido a su sencillez se mueven

fácilmente y no tienen control de postura, esto provoca que los usuarios realicen fuerza adicional para mantenerse de pie. Por esta razón, dichos mecanismos no son apropiados para individuos con miembro residual corto, el cual, carece de la fuerza muscular para su control. Los mecanismos de eje sencillo se recomiendan, principalmente, para personas con miembro residual largo, ya que, éste permitirá estabilizar la prótesis de rodilla a través de la extensión de la cadera en contra de la pared posterior de la prótesis [7].

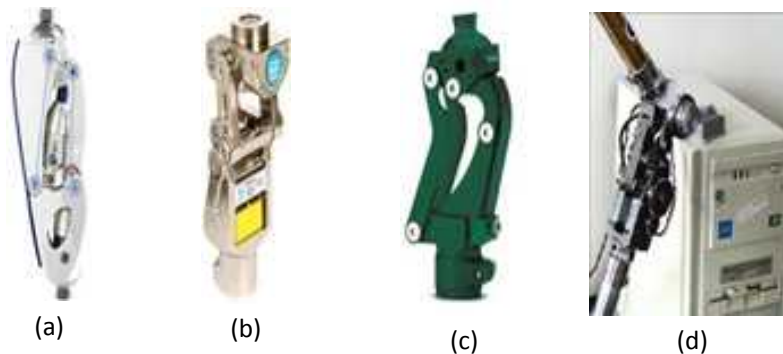
### 3.2 Mecanismos policéntricos

Los mecanismos policéntricos, también denominadas rodillas de cuatro y seis barras, se comenzaron a desarrollar durante la última década, su diseño es complicado debido a los múltiples ejes de rotación. Su versatilidad biomecánica es la razón principal de su gran aceptación. Pueden ser muy estables durante la fase de apoyo pero también fáciles de flexionar al iniciar la fase de oscilación o sentarse. Otra característica muy aceptada de estos mecanismos es que, la totalidad de la pierna se acorta al iniciar cada paso reduciendo el riesgo de tropiezo [6].

En la Figura 1, de la (a) a la (c), se muestran ejemplos de rodillas policéntricas desarrolladas por empresas reconocidas [8]–[10]. En esa misma Figura, en (d), se muestra la implementación de un mecanismo de seis barras reportado en [8].

En [9] realizaron un análisis sobre el comportamiento y estabilidad de los mecanismos desarrollados por diferentes empresas. Concluyeron que existen cuatro factores importantes para la estabilidad de la rodilla, estos son:

- Longitud y fuerza del miembro residual.
- El montaje del muñón con el socket.
- Alineamiento geométrico de las articulaciones.
- Características funcionales de los mecanismos de rodilla y pie utilizados en la prótesis.



Rodillas policéntricas: a) 3R60 de Otto Bock, b) Total Knee 2100 de Ossur, c) 4-Bar Knees de Hossmer Spectrum, d) Mecanismo de seis barras.

Los mecanismos policéntricos son estables en la bipedestación sin oponer resistencia en los movimientos de flexión-extensión, además, tienen la característica de acortar la longitud del mecanismo para evitar el tropiezo. Sin embargo, las diferentes configuraciones de los mecanismos, utilizadas en su diseño, limitan el rango de movimiento, y en la mayoría de los casos, incrementan el torque requerido para generar los movimientos de flexión-extensión. También, el ángulo entre la barra de entrada de movimiento y la barra de salida (eslabón de la pierna) no son lineales, es decir, puede existir un retraso o adelanto en los ángulos.

### 3.3 Prótesis inteligentes

Las prótesis transfemorales inteligentes tienen como principal característica adaptarse a la marcha del usuario de forma autónoma, y con ello, desarrollar algunas actividades cotidianas con menor esfuerzo al caminar (ver Figura 2). Estos dispositivos biomédicos poseen un sistema embebido, el cual, se utiliza para implementar una estrategia de control para gobernar los movimientos de la prótesis, y con ello, adaptar su cinemática a la marcha del usuario.

Generalmente, las prótesis transfemorales inteligentes están integradas por: 1) Un sistema mecánico que imita los movimientos de la articulación: éste, puede ser policéntrico o de eje sencillo; 2) Actuadores que reemplazan la función de los músculos: éstos pueden ser motores eléctricos o cilindros neumáticos, hidráulicos o magnetorreológicos; 3) Sensores para reemplazar parte de las terminales nerviosas del cuerpo: éstos son de diferente tipo, y pueden utilizarse interna o externamente; 4) Sistema embebido: en donde, a través de un dispositivo de mando y control, se implementa una estrategia de control para gobernar los movimientos en la prótesis; 5) batería eléctrica para suministrar la energía al sistema eléctrico de la prótesis (en promedio dura de 10-20 horas).



(a)



(b)



(c)

Prótesis transfemoral inteligente: a) para marcha normal, b) para subir y bajar escaleras y c) para montar en bicicleta.

La primera prótesis inteligente (IP, por sus siglas en inglés) que se comercializó fue desarrollada por la empresa Blatchford en 1993 (ver Figura 3). Ésta dispone



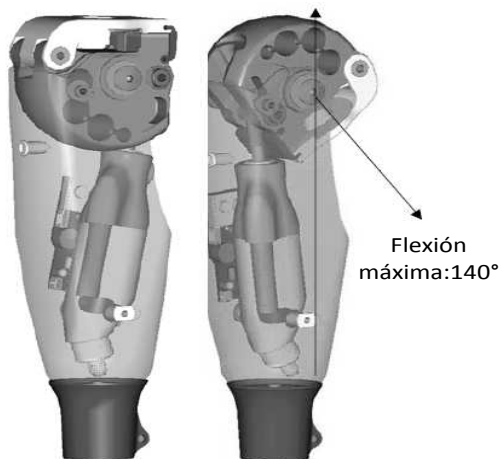
de dos microprocesadores que controlan los motores, a pasos y de DC, para posicionamiento de los cilindros hidráulicos y neumáticos; además, habilitan las válvulas del sistema hidráulico y neumático. El sistema hidráulico controla la postura, flexión y el impacto terminal. La parte neumática controla las fases de apoyo y oscilación de la marcha. Ofrece un mecanismo de cierre voluntario para la bipedestación y un control para el tropiezo que evita el pandeo de la prótesis.

El sistema eléctrico y electrónico se alimenta a través de baterías recargables diseñadas mediante un software que evita la pérdida de memoria al momento de su cambio. Además, el sistema de control utiliza inteligencia artificial para manipular los movimientos de la prótesis.

Las investigaciones desarrolladas en los años 50, por la empresa Otto Bock, fueron fundamentales para que, actualmente, junto con la empresa Ossur tengan los diseños de prótesis más vanguardistas, y por ello, sean las empresas líderes en diseño de prótesis transfemorales inteligentes.

La prótesis C-LEG de Otto Bock es considerada una de las primeras prótesis inteligentes que, además de adaptarse a la marcha del usuario, reduce el gasto energético (ver Figura 4a). Esta prótesis es controlada por un microcontrolador que gobierna el sistema hidráulico, el cual, interviene en la fase de apoyo y oscilación de la marcha. El sistema de monitoreo adquiere la información de los movimientos 50 veces por segundo; esta información se transfiere a la válvula hidráulica que le permite reaccionar a diferentes cambios de velocidad y condiciones del terreno. Utiliza baterías recargables, de iones de litio, que pueden lograr periodos de funcionamiento de 23 a 25 horas. La estructura de la prótesis soporta hasta 110 kg [11]. En [12] realizaron un estudio para determinar el consumo energético entre personas sanas y pacientes que utilizan prótesis transfemorales; concluyeron que las personas que utilizaron las prótesis IP y C-leg incrementaron el gasto energético un 42% respecto al consumo de personas sanas. También, concluyeron que los consumos energéticos registrados con la IP fueron 5% más que los registrados con la prótesis C-Leg.

La prótesis Power Knee de Ossur (ver Figura 4b) es una de las últimas novedades en tecnología protésica. Utiliza un motor para reemplazar la actividad de los músculos flexores y extensores. Es la primera que proporciona impulso al momento de subir escaleras. Cuenta con un sensor posicionado en el pie que mide el movimiento exacto de la carga y posición del miembro inferior, además, posee acelerómetros para medir el ángulo de flexión, y sensores para estimar el torque requerido. Esta información se monitorea a 1350 veces por segundo por el microprocesador. El sistema de control utiliza inteligencia artificial para anticiparse a los movimientos que el usuario pretende realizar. Esto permite calcular la cantidad de potencia necesaria para generar los movimientos. La prótesis logra 120° de flexión máxima; está construida de aluminio, pesa 1.63 kg, y soporta un peso máximo de 100 kg. Sus baterías de iones de litio proporcionan 36 horas de trabajo [13].



Prótesis inteligente [18].



(a)

(b)

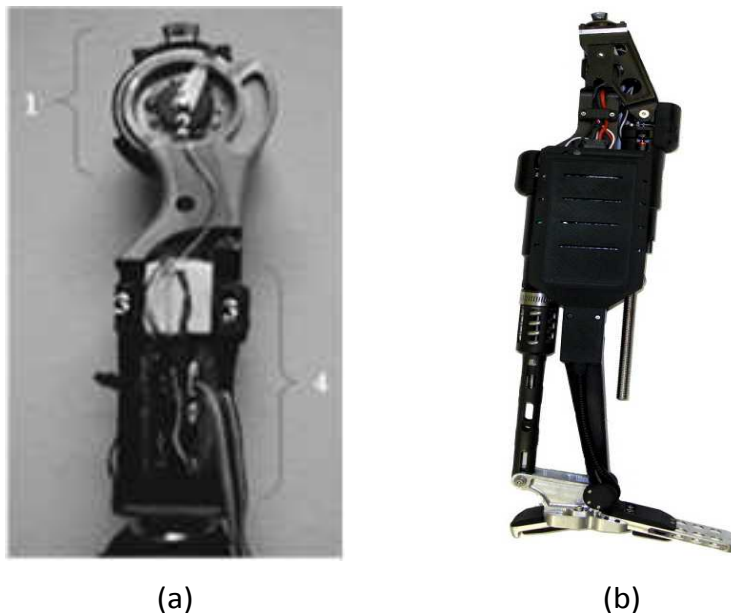
Prótesis inteligentes: a) Prótesis C-Leg de Otto Bock y b) Prótesis Power Knee Ossur.

Por otro lado, el Tecnológico de Massachusetts y la Universidad de Vanderbilt son las instituciones educativas con mayor avance en el diseño de estos dispositivos biomédicos (ver Figura 5). En [14] reportaron el diseño de una prótesis inteligente que se adapta automáticamente al ciclo de marcha, esto debido a que el nivel de amortiguamiento se ajusta al realizar un sensado local de: fuerza, torque y posición de rodilla. Está constituida por: 1) un actuador de material magnetorreológico (MR, por sus siglas en inglés); 2) un sensor de ángulo, dos sensores de fuerza y dos de torque; 3) una tarjeta electrónica instrumentada con un microcontrolador 68HC12 de Motorola, y 4) baterías de iones de litio que alimentan el sistema eléctrico y electrónico. La estrategia de control fue implementada mediante control adaptable y máquinas de estado, cada máquina representa un segmento del ciclo de marcha (ver Figura 5a).

Por otro lado, en [15] desarrollan una prótesis inteligente con tres niveles de control: 1) Nivel de control alto: infiere la actividad que va a realizar el sujeto



a través de una base de datos con patrones que identifican cada actividad; 2) Nivel de control medio: este controlador es desarrollado para actividades tales como: caminar, pararse (bipedestación), sentarse, y subir y bajar escaleras. El controlador genera los torques de referencia para las articulaciones mediante máquinas de estado que modulan el movimiento de las articulaciones en cada fase, y 3) nivel de control bajo: es un controlador de lazo cerrado que compensa la fricción del sistema mecánico. De acuerdo con el autor, la estrategia de control permite realizar actividades a diferentes velocidades. La prótesis es gobernada por un sistema embebido instrumentado con un microcontrolador (PIC32 a 80MHz), utiliza sensores de torque, posición y carga, para rodilla y tobillo; utiliza motores de 200 Watts para los movimientos de flexión-extensión. El peso total de la prótesis es de 4.2 kg (ver Figura 5b).



Prótesis inteligentes: a) Tecnológico de Massachusett y b) Universidad Vanderbilt.

#### IV. DISCUSIÓN

El proceso de diseño y desarrollo de una prótesis es complejo debido a los elementos que la integran (mecanismo de rodilla, actuador, sistema embebido, batería y parámetros para establecer una estrategia de control) y a la incertidumbre de parámetros biológicos que describen las características funcionales y particulares de cada persona. Una prótesis transfemoral activa tiene un precio aproximado de 17,000 dólares [11], [13], [16]. A causa de los elevados costos, sólo el 10% de las personas que sufren amputación pueden rehabilitarse y utilizar una prótesis transfemoral que ayude a dicha rehabilitación [1]. Además, estos dispositivos biomédicos son desarrollados en países de primer mundo tales como Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Suiza, etc., y los parámetros de diseño consideran la antropometría y fenotipo de personas de dichos países. El elevado costo de los

dispositivos biomédicos limita la adquisición de éstos en países de tercer mundo, además, las diferencias en antropometría y fenotipo, no garantizan la coordinación de las prótesis con personas de diferentes características antropométricas.

En México, las investigaciones relacionadas con el diseño de prótesis transfemorales no han tenido la madurez para desarrollar estos dispositivos biomédicos, y más aún, que mejoren el desempeño de las prótesis comerciales. La falta de infraestructura para su desarrollo ha hecho que, en nuestro país aún no se logre un diseño competente para comercialización, tal como ha sucedido en otros países. No obstante, la Universidad Autónoma de México (UNAM, por sus siglas en español) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE, por sus siglas en español) han desarrollado investigaciones para el desarrollo de prótesis de extremidades superiores [17]. Y, por otro lado, el Instituto Politécnico Nacional (IPN, por sus siglas en español) y el Instituto Nacional de Rehabilitación (IRN, por sus siglas en español) realizan investigaciones para desarrollar prótesis para extremidades inferiores [10], [18]. Pero hasta el momento, no hay un diseño competente de prótesis transfemoral.

Actualmente existen más de 100 diseños de prótesis transfemorales (pasivas y activas), sin embargo, aún no existe una prótesis capaz de emular la función de una extremidad amputada, es decir, todavía no se logra recuperar la coordinación natural de movimiento entre articulaciones de cadera y rodilla, la cual, desarrollan las personas sanas durante la marcha normal. Por tal motivo, el diseño de prótesis sigue siendo un tema de interés para investigadores en Ingeniería Biomédica.

## V. CONCLUSIONES

Los mecanismos policéntricos de cuatro y seis barras son estables en la bipedestación y en la fase de apoyo. Éstos requieren 20% menos de esfuerzo muscular en la cadera, en relación a los mecanismos de eje sencillo o articulación tipo bisagra. La versatilidad biomecánica y la estabilidad de los mecanismos policéntricos los hacen ideales para utilizarse como prótesis de rodilla, los cuales, se pueden utilizar en personas con muñón corto sin ocasionar problemas de estabilidad a causa de la longitud del muñón. No obstante, es importante considerar los problemas que se tienen para lograr la trayectoria deseada, además del problema de relación de ángulo entre la barra de movimiento y la barra que representa el efector final.

A pesar de que se han desarrollado diferentes Estrategias de Control para prótesis transfemorales inteligentes, aún no se logra imitar la sincronización de las articulaciones durante una marcha normal. Las causas principales son: 1) considerar un patrón de marcha estándar y utilizar éste como referencia para diseño, y 2) los sistemas para adquirir las señales de EMG no garantizan su blindaje, y son fáciles de desconectar debido a que se conectan sobre la piel. Además, no se ha logrado un control donde la respuesta del actuador sea proporcional al incremento del nivel de la señal de EMG.

## VI. REFERENCIAS

- [1] A. L. Maya, E. P. Guerrero, and J. F. Ramírez, “Parámetros de diseño de una Prótesis de Rodilla en Colombia,” in IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health IFMBE Proceedings, 2007, pp. 770–773.
- [2] IMSS, “Diabetes,” Instituto Mexicano del Seguro Social, 2010. [Online]. Available: <http://www.imss.gob.mx>.
- [3] AMCICHAC, “Amputaciones Anuales,” Asociación Mexicana para el Cuidado Integral y Cicatrización de Heridas, 2010. [Online]. Available: <http://www.amcichac.com/>.
- [4] OMS, “Datos estadísticos de amputaciones transfemorales,” Organización Mundial de la Salud, 2010. .
- [5] MedlinePlus, “Prótesis,” NIH Institutos Nacionales de la Salud, 2013. [Online]. Available: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002286.htm>.
- [6] B. Dupes, “Prosthetic Knee Systems,” Coalición de amputados de América, vol. 14, no. 1, pp. 1–4, 2004.
- [7] M. M. Luardi and C. Nielsen, Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation, Second. Canada: Elsevier, 2007, pp. 745–803.
- [8] D. Jin, R. Zhang, H. O. Dimo, R. Wang, and J. Zhang, “Kinematic and dynamic performance of prosthetic knee joint using six-bar mechanism,” J. Rehabil. Res. Dev., vol. 40, no. 1, pp. 39–48, 2003.
- [9] C. M. Radcliffe, “Biomechanics of Knee Stability Control with Four-Bar Prosthetic Knees,” in Mechanical Engineering, 2003.
- [10] G. Alejandro, V. Orozco, L. G. Beltr, and D. Obreg, “Desarrollo de prótesis externa de rodilla con mecanismo policéntrico,” Acta Ortopédica Mex., vol. 22, no. 4, pp. 247–253, 2008.
- [11] Otto Bock, “Quality for life,” Otto Bock, 2012. [Online]. Available: [http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob\\_com\\_es](http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob_com_es).
- [12] T. Chin, K. Machida, S. Sawamura, R. Shiba, H. Oyabu, Y. Nagakura, I. Takase, and A. Nakagawa, “Comparison Of different microprocessor controlled knee joints on the energy consumption during walking in trans-femoral amputees: Intelligent Knee Prosthesis (IP) versus C-Leg,” Prosthet. Orthot. Int., vol. 1, no. 30, pp. 73–80, 2006.
- [13] Ossur, “Life without limitations,” Ossur, 2012. [Online]. Available: <http://www.ossur.com/americas>.

- [14] H. Herr and A. Wilkenfeld, "User-adaptive control of a magnetorheological prosthetic knee," *Ind. Robot An Int. J.*, vol. 30, no. 1, pp. 42–55, 2003.
- [15] F. Charles, "A Powered Self-Contained Knee and Ankle Prosthesis for Near Normal Gait in Transfemoral Amputatees," 2009.
- [16] Blatchford, "Get busy living," Blatchford, 2012. [Online]. Available: <http://www.blatchford.co.uk>.
- [17] J. L. Gómez, "Las prótesis: restauración del individuo," *Rev. Cienc. y Desarro.*, vol. 32, no. 196, 2006.
- [18] INR, "Instituto Nacional de Rehabilitación," Instituto Nacional de Rehabilitación, Secretaría de Salud, 2013. [Online]. Available: <http://www.inr.gob.mx/i21.htm>.

# CANCELACIÓN ADAPTABLE DE RUIDO COMO UNA APLICACIÓN DE ANFIS

José Armando Olmos López<sup>1</sup>  
Fermín Martínez Solís  
Juan Carlos Yris Pastor

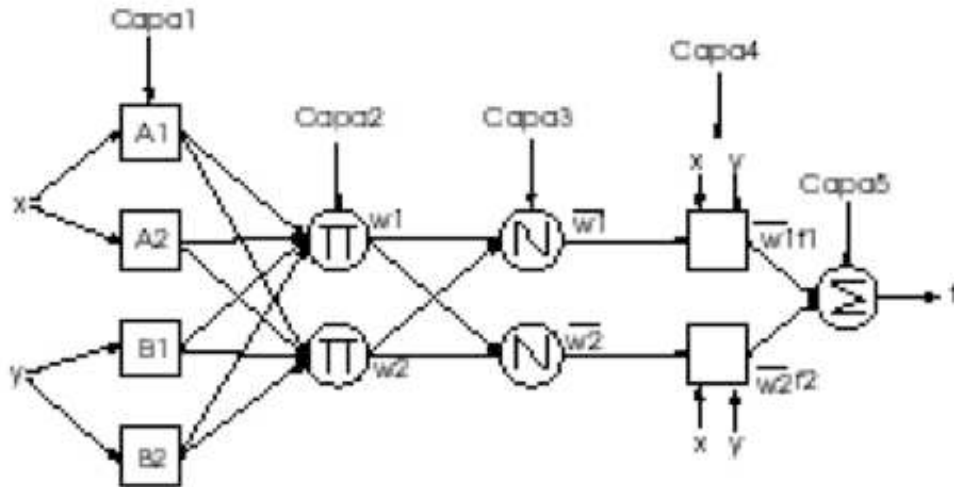
## I. RESUMEN

Las técnicas de aprendizaje neuro-difuso proporcionan un método para el modelado difuso orientado al aprendizaje de información sobre un conjunto de datos, con el objetivo de calcular los parámetros de la función de pertenencia que mejor se asocian al seguimiento de los datos de entrada-salida. Un ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, por sus siglas en inglés) posee estas características que hacen de él un sistema versátil. De esta manera, el ANFIS puede ser utilizado en una gran variedad de problemas como: el control de procesos, modelado de sistemas o algunas otras aplicaciones. En esta ocasión utilizaremos el ANFIS para identificar una perturbación en una señal de audio: en cierta forma, será utilizado como un filtro para eliminar el ruido de la señal que nos interesa. Cuando se tiene una señal  $\omega_1$  distorsionada con una señal  $\omega_2$  con la misma frecuencia, no se puede eliminar la influencia de una señal sobre la otra utilizando filtros comunes. La ventaja del ANFIS es que una vez entrenado, es capaz de reconocer al ruido y no tiene problema en separar la señal deseada del ruido.

## II. INTRODUCCIÓN

La función de un ANFIS puede resumirse de la siguiente forma: para un conjunto de datos entrada-salida de un sistema, un ANFIS construye un sistema de inferencia neuro-difusa (FIS, por sus siglas en inglés) cuya función de pertenencia de los parámetros es ajustada usando algoritmos de retropropagación o combinándolos con métodos de mínimos cuadrados. El cálculo de esos parámetros (o sus ajustes) es facilitado por un vector gradiente, el cual proporciona medidas o información de cómo el FIS está modelando los datos de entrada-salida con cierto conjunto de parámetros. Una vez que el gradiente se obtiene, se utiliza una rutina de optimización para ajustar los parámetros de tal forma que se reduzca el error de medición (usualmente definido como la suma de la diferencia de los cuadrados entre la salida actual y la deseada); esta es la parte adaptable. Estas herramientas permiten que nuestro sistema difuso aprenda los datos que está modelando.

La arquitectura ANFIS básicamente es un sistema difuso tipo Sugeno-Takagi [1] de orden uno, el cual emplea técnicas neuronales para lograr la adaptación supervisada de los parámetros que conforman su arquitectura básica, la cual consiste de cinco capas, como se ilustra en la Figura 1:



Red adaptable neuro-difusa

Para construir las dos primeras capas del sistema, se sigue la metodología expuesta en [1]; para ello se necesita de un circuito capaz de generar funciones de pertenencia tipo campana y otro que realice una operación MIN (norma T o T-norma). Para elaborar la segunda capa se utiliza la idea “El ganador toma todo”, con el cual se hace una operación MAX (norma S o S-norma), lográndose obtener la operación MIN por medio de las leyes de De Morgan. En la construcción de las capas 3, 4 y 5 de ANFIS (también conocida como etapa defusificadora), se necesita de un circuito capaz de realizar una operación del tipo T-norma por un polinomio de primer grado, posteriormente dividir este producto entre la suma total de la S-norma y por último realizar la suma total de cada uno de los polinomios.

### III. OBJETIVOS Y METAS

Realizar o duplicar el ejemplo que se encuentra en el texto [1], Págs. 531 – 533 (noise2.m), utilizando otras señales de audio. Esto mostrará las ventajas de emplear un sistema ANFIS e introducirá al lector en el conocimiento de redes neuronales.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La cancelación adaptable de ruido fue propuesta por primera vez por Widrow y Glover en 1975, su objetivo era el filtrar la salida que contenía interferencia mediante una identificación de un modelo lineal entre la fuente del ruido medido y su correspondiente ruido no medido. La cancelación adaptable de ruido usando filtros lineales ha sido usada exitosamente en aplicaciones del mundo real tales como cancelación de interferencia en electrocardiogramas (ECOs) o en eliminación del eco en líneas de transmisión de grandes distancias. La Figura 2 nos muestra el diagrama esquemático de una situación ideal en la cual la



cancelación del ruido adaptable puede ser aplicada. Aquí nosotros tenemos una señal de información inmedible  $x(k)$  y una señal de ruido medido  $n(k)$ ; la señal de ruido pasa a través de una dinámica no lineal para generar una distorsión del ruido  $y(k)$ . Nuestra tarea es recuperar la señal de información  $x(k)$  de la señal de salida con la suma del ruido  $y(k)$ , la cual consiste de la señal de información  $x(k)$  más  $d(k)$  que es la señal de ruido distorsionada de  $n(k)$ .

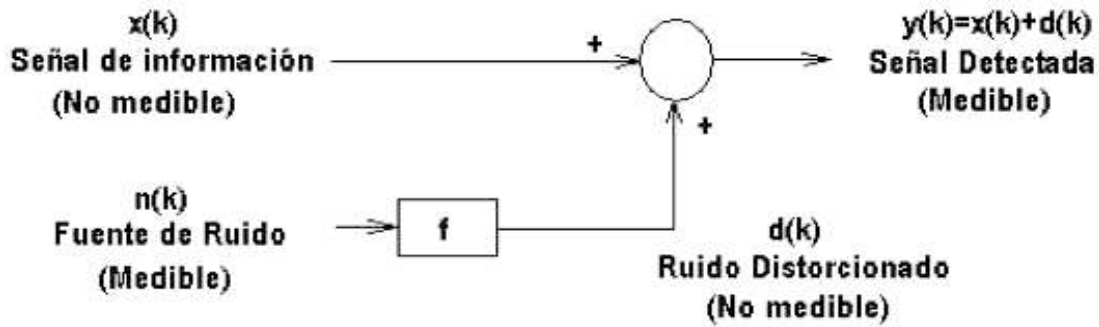


Diagrama esquemático de cancelación del ruido.

Para poder apreciar lo que queremos hacer con el filtro ANFIS, realizamos la siguiente analogía a manera de ejemplo: Se desea medir el ritmo cardiaco de un feto ( $x(k)$ ) durante un parto. Si las señales se miden en el abdomen de la madre ( $y(k)$ ), los latidos de la madre ( $n(k)$ ) distorsionaran la señal que se desea obtener (la del feto). Cancelar el ruido que se genera cuando se miden los latidos de un feto es algo complejo debido a que la señal de ruido  $d(k)$  no es la misma que  $y(k)$ , ya que  $d(k)$  pasa a través del cuerpo de la madre. La señal de salida se puede expresar como

$$y(k) = x(k) + d(k) \\ = x(k) + f(n(k), n(k-1), n(k-2), \dots) \quad 1$$

en donde la función  $f(\cdot)$  representa la dinámica del pasaje que el ruido  $n(k)$  atraviesa. Si la función  $f(\cdot)$  se conociera exactamente sería fácil recuperar la información original restando  $d(k)$  de  $y(k)$ . Sin embargo  $f(\cdot)$  es usualmente desconocida. Para estimar la señal de ruido  $d(k)$  necesitamos extraer la señal de ruido  $n(k)$  independiente de la señal  $x(k)$ , ver Figura 3.

La regla de aprendizaje ANFIS trata de minimizar el error

$$|e(k)|^2 = |y(k) - \hat{d}(k)|^2 \quad 2$$

$$= |x(k) + d(k) - \hat{d}(k)|^2 \quad 3$$

$$= |x(k) + d(k) - \hat{f}(n(k), n(k-1), n(k-2))|^2 \quad 4$$

donde  $\hat{f}$  es la función implementada por el ANFIS.

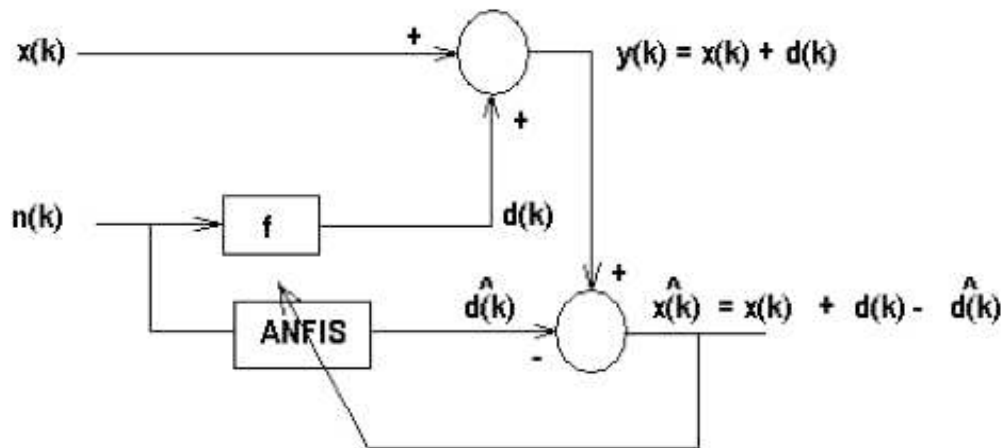


Diagrama esquemático de cancelación de ruido.

Nombramos las condiciones bajo las cuales la cancelación del ruido adaptable es válida.

- La señal de ruido  $n(k)$  debe ser accesible e independiente de la señal de información  $x(k)$ .
- La señal de información  $x(k)$  debe ser de media cero.
- El orden de la dinámica del pasaje no lineal es conocida. (Esto determina el número de entradas del filtro ANFIS).

Para nuestro ejemplo, la dinámica del pasaje no lineal es definida como:

$$d(k) = f(n(k), n(k-1), n(k-2))$$

$$= \frac{8 \sin(n(k)n(k-1)n(k-2))}{1 + [n(k-1)]^2 + [n(k-2)]^2} \quad 5$$

Para cubrir los objetivos propuestos, primero es necesario obtener dos señales de audio a frecuencias casi iguales o iguales. De esta forma el siguiente paso es obtener los dos archivos que se utilizaran en este trabajo.

**Paso 1.- Obtención del archivo .wav**

Algo que es muy importante en este proyecto, es tener un archivo de audio que tenga 24 bits por muestreo o más, para que cuando apliquemos los comandos de Matlab, este pueda reproducirlo fielmente. En la actualidad, la mayoría de las personas tiene archivos de audio con extensión \*.mp3, es posible convertir este tipo de archivo a una extensión \*.wav , mediante programas como el llamado Winamp.

---

\* .wap - Extensión utilizada en matlab

**Sintaxis de los comandos de Matlab utilizados en este trabajo**

A continuación mostramos la sintaxis del comando wavread de Matlab:

```

y = wavread('filename')
[y,Fs,bits] = wavread('filename')
[...] = wavread('filename',N)
[...] = wavread('filename',[N1 N2])
[...] = wavread('filename','size')

```

Las sintaxis que utilizaremos son las cuatro primeras, ya que son las de mayor utilidad. La instrucción `y = wavread('filename')` carga el archivo con extensión `.wav`. Para poder hacer esto, hay que colocar el nombre del archivo, en la opción `'filename'`, y nos regresara los datos obtenidos en el vector con una amplitud entre `[-1 1]`. Las instrucciones son: `"[...] = wavread('filename',N)"` y `"[...] = wavread('filename',[N1 N2])"`.

La sintaxis de estas opciones es muy parecida a la anterior: sólo en que en la primera opción, `N` es la cantidad de muestra que deseamos adquirir y también estará colocado en el vector de salida que deseamos. En la segunda expresión, la opción `[N1 N2]`, es para acotar nuestros datos de muestra, es decir damos un rango que debe estar dentro del rango máximo de nuestros datos totales. Para que podamos cargar los datos hay que renombrar los archivos adquiridos mediante el programa Winamp, ya que no podemos cargar un archivo con espacios o caracteres nulos, por ejemplo: `"Nessun dorma" == nessun_dorma.wav`. Otro punto importante es que antes de aplicar el comando `wavread`, es necesario cargar el archivo `.wav` mediante el comando `"load"`. Para utilizar este comando simplemente tenemos que especificar la dirección completa o la ruta donde se encuentra el archivo, ejemplo: `Load('c:/wavs/nessun_dorma.wav');` y con esto el archivo estará cargado en el workspace.

**Paso 2.- Variables del programa**

Ahora es necesario cargar el archivo de música a un vector utilizable. Una vez que cargamos la música al vector deseado, utilizamos el comando `wavread` y damos un intervalo de las muestras que deseamos utilizar. Además de tener este vector, con las muestras que utilizaremos, declaramos una variable que servirá para indicar el periodo de muestreo: `Music = wavread('nessun_dorma',[20000 50000]); Fs = 8192.`

**Paso 3.- Guardar las variables.**

Una vez que tenemos las variables de nuestro interés, es necesario guardar estas variables en el workspace. Para hacer eso en el Matlab damos clic en el icono `"workspace browse"`, damos doble clic en la variable y damos guardar todo (save all).

## V. RESULTADOS

Con todas las herramientas que tenemos, podemos empezar con la solución del proyecto. Como se menciona anteriormente, tenemos un programa de base llamado “NOISE2”, el cual resuelve este problema, lo que tenemos que hacer es tomar datos de audio e introducirlos. Ya que tenemos varios archivos .wav podemos escoger el que queramos o convertir cualquier canción en un archivo wav, para este programa necesitamos tener un archivo para el audio principal y otro para el ruido. Como se observa en la Figura 2, el ruido que introducimos pasa a través de un pasaje no lineal, el cual modifica la señal del ruido.

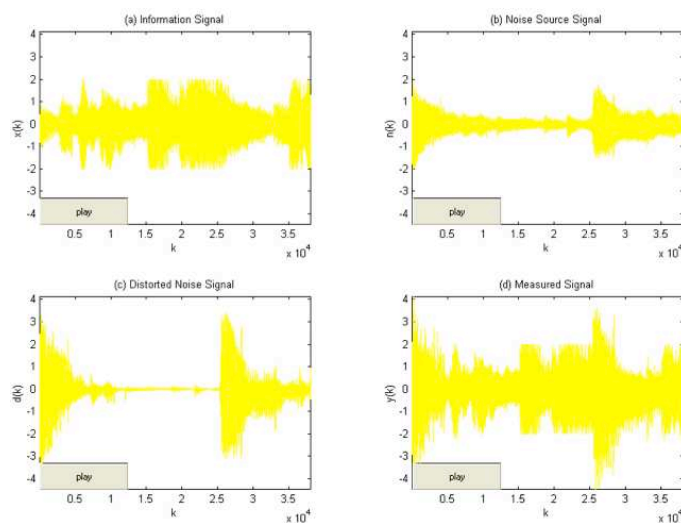
### *Modificaciones del programa*

Para no modificar el programa NOISE2 original, creamos otro o renombramos el mismo, esto es fácil de hacer simplemente cambiamos el nombre con el que se llama al programa.

Con esto el programa utilizado tiene el nombre que nosotros le asignemos. Ahora hay que buscar en el programa, las partes donde introducimos los archivos de audio. Ya tenemos grabado nuestro vector de audio y la frecuencia como se indica en el paso 2, este archivo que es de extensión .mat, lo recuperamos con el comando load ‘archivo’, así que una vez localizado esto en el programa principal, sustituimos los nombres por los nuevos (estos nombres nuevos son los que utilizamos para grabar las variables de ruido y música principal que son para sustituir las variables “chirp y andel”, con los nuevos vectores).

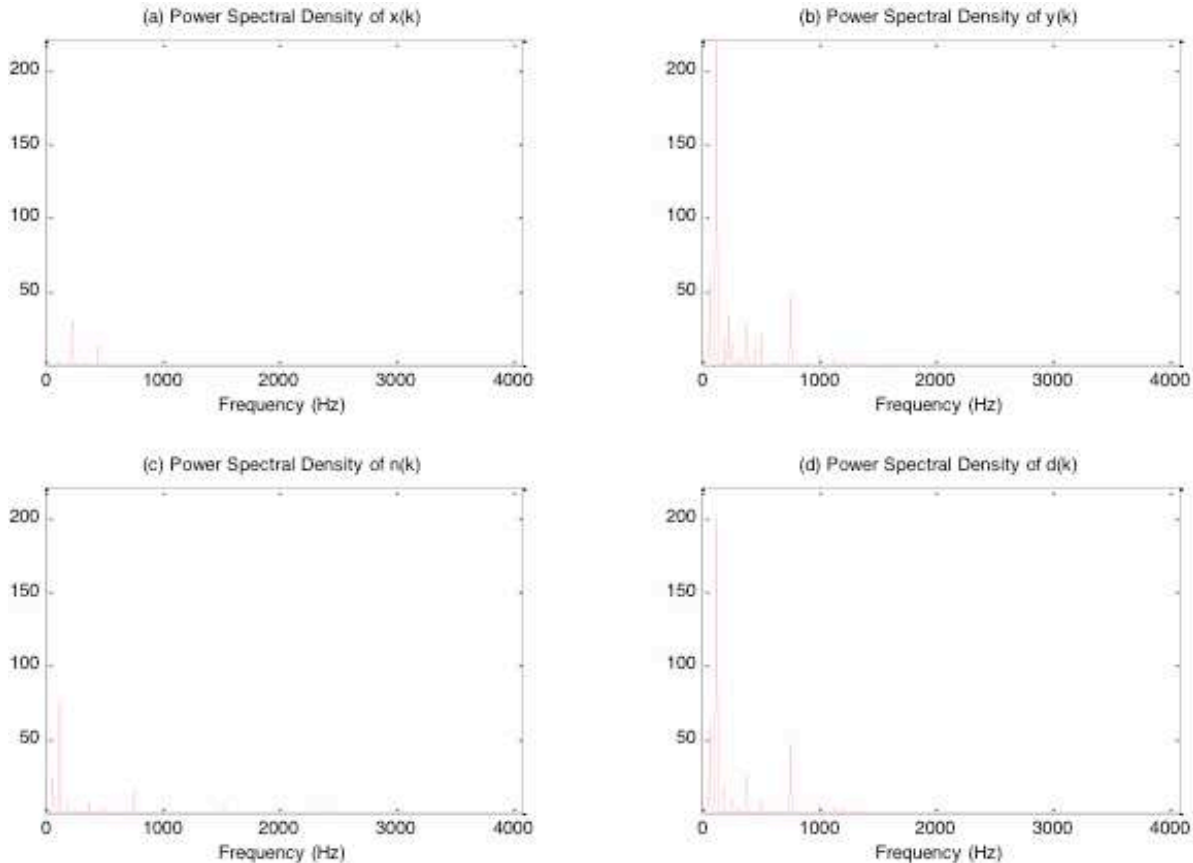
### *Resultados con el programa modificado*

Una vez que aumentamos el número de muestras, podemos correr el programa, que ahora contiene un nuevo nombre, el cual nos devuelve las siguientes gráficas:



(a) Información de la señal original  $x(k)$ ; (b) Señal o fuente de ruido original  $n(k)$ ; (c) Fuente de la señal distorsionada  $d(k)$ ; (d) Salida medida con el ruido distorsionado  $y(k)$ .

Como podemos ver en la Figura 5, el espectro de la suma de las señales es diferente de las señales independientes. Cualquier filtro pasivo es incapaz de separar las señales sumadas sin perder información de las señales originales.



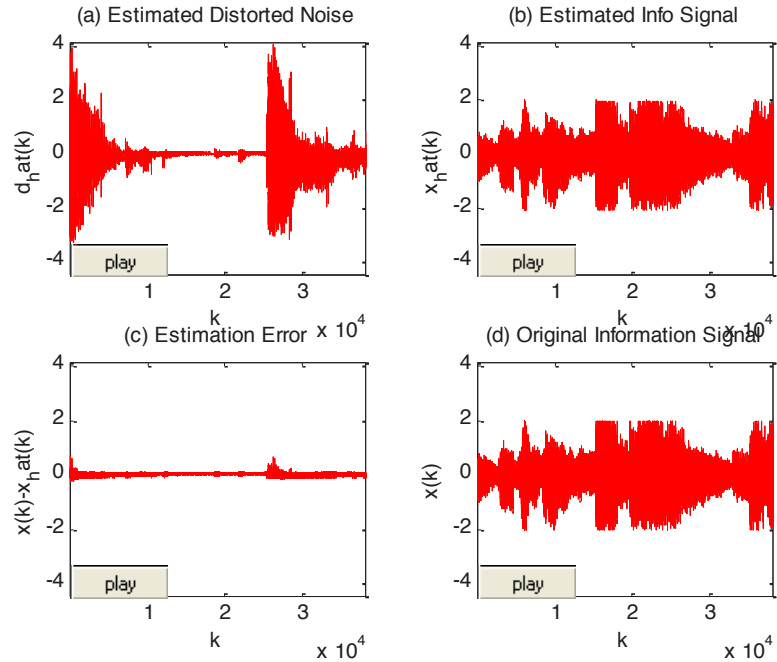
Muestra los espectros de: (a) la información de la señal original  $x(k)$ ; (b) La señal o fuente de ruido distorsionada  $y(k)$ ; (c) La fuente de ruido original  $n(k)$ ; (d) La salida medida con el ruido distorsionado  $y(k)$ .

Como podemos ver en la Figura 6, los espectros del ruido y de la señal original están encimados, por lo que no podemos utilizar un filtro normal para eliminar estas frecuencias, esto nos lleva a la utilización del filtro ANFIS.

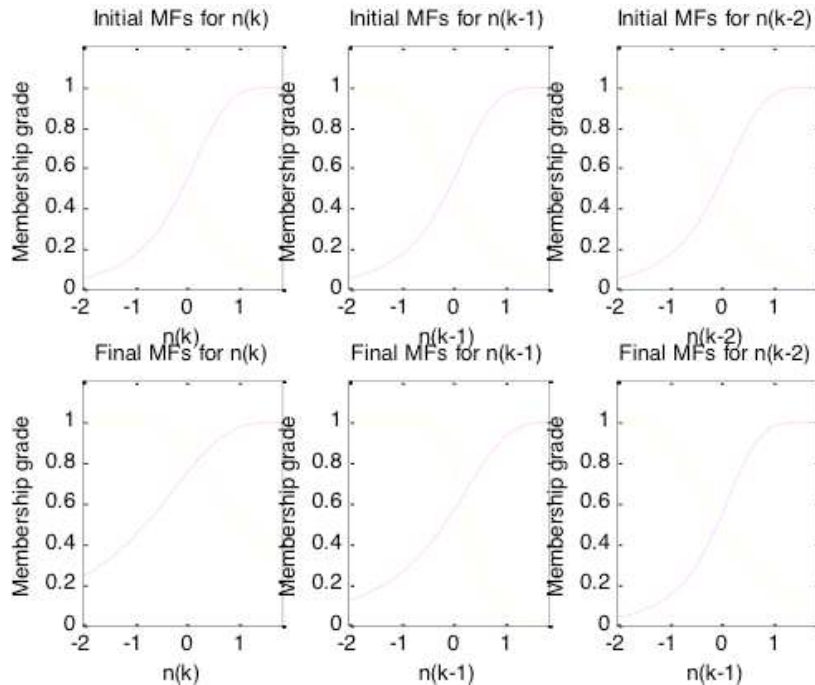
Una vez que aplicamos nuestro filtro ANFIS, el resultado se muestra en la Figura 8. A simple vista podemos observar que la señal original es casi la misma que la obtenida después de aplicar el filtro (comparar con la Figura 5), lo cual indica que nuestro sistema ANFIS identificó correctamente nuestra señal de ruido.

El programa permite presionar botones que tienen la leyenda “play” para darnos cuenta de que la señal recuperada es casi igual a la original, en sonido. En este experimento resultó que la señal que nos interesaba recuperar es casi igual a la señal original. Los ligeros cambios que se perciben al escuchar las señales de entrada y salida son mínimos.

Por último en la Figura 9 mostramos las funciones de pertenencia antes y después del entrenamiento. Las propiedades de las funciones de pertenencia siguen cumpliéndose aun cuando han sido modificadas en forma y posición.



Los resultados obtenidos después de aplicar el filtro ANFIS: a) Señal de ruido después de pasar el pasaje no lineal; b) Señal de ruido original; c) Señal de ruido distorsionada; d) señal de ruido recuperada.



Funciones de pertenencia antes y después del entrenamiento de la red ANFIS.



## VII. CONCLUSIONES

Como se pudo apreciar en este trabajo, el filtro ANFIS logra un gran desempeño, a pesar de que las dos señales están montadas (se encuentran en la misma frecuencia). Debido al desempeño de nuestro filtro ANFIS, la señal recuperada es casi idéntica a la original, las pequeñas variaciones existentes son debido a que la identificación del pasaje no lineal no es exacta.

Es necesario que las neuronas sean entrenadas, de tal forma que el error, entre los datos de entrada y los de salida sea mínimo, lo cual se logra con la parte de validación. Para esto es necesario que los datos de entrada-salida cumplan con ciertas propiedades, ya que si alguna de ellas no se cumple, los resultados no son confiables.

En este trabajo nos aseguramos que se cumpliera que la señal  $x(k)$  tenga media cero, que el orden del pasaje no lineal sea conocido, y que las frecuencias de las señales empleadas (tanto  $x(k)$  como  $n(k)$ ) sean similares. Una vez cumplidas estas propiedades, la función *genfis* genera el ANFIS adecuado para los datos que se le proporcionan. El mecanismo de adaptación de los parámetros de las funciones se realiza mediante un algoritmo híbrido, es decir, utiliza mínimos cuadrados para la estimación en feedforward, y emplea métodos de gradiente para el error de retropropagación.

Para nosotros, el algoritmo del ANFIS es una caja negra, puesto que no podemos entrar al archivo de las funciones “*genfis*” y/o “*anfis*”. Esta limitante no permite conocer la estructura completa que el autor (Jang) emplea para implementar el ANFIS adecuado para este ejemplo.

Se ha comprobado que una red ANFIS es capaz de resolver problemas complicados en donde otras técnicas han fallado. Este es el caso de una cancelación, de forma adaptable, de ruido. La utilidad de este sistema se ha resaltado, no sólo en la separación de señales acústicas, sino también en el sensado de ECG del feto durante el parto y algunas otras como telefonía celular.

La capacidad que tiene el ANFIS de poder reproducir los datos de entrada-salida, para proporcionar un sistema capaz de dar la misma respuesta que daría el modelo real, es sorprendente. La utilidad de los ANFIS, prácticamente, se ha reducido a prototipos que tratan de mostrar al mundo lo efectivo que sería utilizar esta técnica de control.

Diversos experimentos dejan ver como el desempeño de un control por ANFIS es mucho mejor que controladores tradicionales como el PID. Lamentablemente, el escaso conocimiento que se tiene en la industria sobre los ANFIS, no ha permitido un desarrollo pleno de esta rama de la electrónica.

VIII. REFERENCIAS

[1] (1997). Jang S. R. "Neuro-Fuzzy and Soft Computing: a computational approach to learning and machine intelligence". Editorial Prentice Hall. Capítulos 1, 8, 12, 19 .

[2] (1995). Hilera José R. "Redes Neuronales Artificiales : fundamentos, modelos y aplicaciones". Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Capítulos 2 y 9.

Matlab 5.3 de The Math-Works Inc.

Winamp Nullsoft, Inc. Version 3. Copyright

# ADOQUINES ECOLÓGICOS A BASE DE FIBRA DE COCO

Carlos Alberto Rodríguez de la Rosa<sup>2</sup>  
Luis Miguel Gómez Pérez<sup>2</sup>  
Ernestino Sánchez González<sup>2</sup>  
Jorge Flores González<sup>1\*</sup>  
Haydee Pérez Castro<sup>1</sup>

## I. RESUMEN

La arquitectura por sí sola no puede resolver los problemas ambientales del mundo, pero puede contribuir significativamente a la creación de un hábitat humano más sostenible, y en especial para la gente más vulnerable tanto social como económicamente. El presente trabajo estudia la alternativa de la inclusión de fibra de coco, como agregado para la fabricación de adoquines ligeros para autoconstrucción. La propuesta inicia desde el diseño y construcción de moldes para generar los adoquines de forma artesanal, así como del diseño de las mezclas a utilizar. Se propuso la generación de 3 especímenes de estudio derivados de tres mezclas diferentes, a partir de un mismo proporcionamiento de mortero cemento-arena. Así mismo se planteó cubrir parámetros cualitativos y cuantitativos. Los primeros resultados establecen la técnica básica para generación del material, ligereza de los especímenes, la estética de su utilización y la necesidad de elementos complementarios.

## II. INTRODUCCIÓN

En México el no tener un patrimonio donde vivir, o estar en uno con condiciones de rezago, representa 9,045,934 viviendas con rezago [1], y este problema se puede localizar en cualquier rincón del país. Así que para resarcir esta condición es necesario avanzar en desarrollar nuevas estrategias y métodos de construcción. Cuando se habla de éste concepto, se refiere a diversas formas y combinaciones de cómo hacer o crear varios tipos de estructura, que atiendan el paradigma contemporáneo de la sustentabilidad. Según el diccionario de la Real Academia Española, sustentable significa “que se puede sustentar o defender con razones”.

Mientras la definición formulada por la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo (World Comisión on Enviroment and Development) dice “el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades”.

---

<sup>1</sup> Profesor Investigador, DAIA-UJAT

<sup>2</sup> Estudiante de la Licenciatura en Arquitectura

\* email: jorgeflores2330@gmail.com

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

Por lo que proyectar de forma sustentable significa crear espacios saludables, viables económicamente y sensibles a las necesidades sociales. La arquitectura por sí sola no puede resolver los problemas ambientales del mundo, pero puede contribuir significativamente a la creación de un hábitat humano más sustentable. Por lo que a medida que aumenta la prosperidad y se incrementa el consumo, conlleva un mayor empleo de recursos naturales, y la consecuente generación de residuos y, finalmente, el incremento en la producción de CO<sub>2</sub>, por lo que resulta fundamental la innovación y la creatividad de las diversas áreas del conocimiento.

Un desafío para los proyectistas y constructores que quieran verdaderamente cambiar los tradicionales hábitos constructivos, es lograr la eficiencia energética del entorno construido, con la elección y combinación de materiales correcta, así como el empleo de equipos que consuman menor cantidad de energía para ofrecer el mismo servicio, y que, así como generan CO<sub>2</sub>, puedan secuestrarlo, razón por la cual algunos investigadores apuestan por las plantas. Lo anterior, debido a que al resultado de las diferencias entre el CO<sub>2</sub> atmosférico que es absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera durante la respiración de las plantas tiende a ser convertida en biomasa y suele oscilar entre el 45-50 % del peso seco de la planta [2,3]. Si esta biomasa es posible confinarla en materiales de construcción, toda esa enorme masa construida que representan las ciudades, podrían fungir como una alternativa para confinar algunas toneladas de CO<sub>2</sub>.

### III. OBJETIVOS Y METAS

Estudiar la alternativa de la inclusión de fibra de coco, como agregado en la fabricación de adoquines ligeros para autoconstrucción. Se persigue como meta número uno, generar adoquines de tránsito y peso ligero, denominación que desde la perspectiva de las normas NMX-C-036-ONNCCE-2013 [4] y a la NMX-C-404-ONNCCE-2005 [5], no es considerada, ya que estas normas son de observancia voluntaria. Como meta número dos, generar adoquines con una mayor retención de agua por medio de la materia orgánica y permearla hacia el terreno natural.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La propuesta inicia en el diseño y construcción de moldes para generar los adoquines de forma artesanal, y se combina con el diseño de las mezclas a utilizar. De esto se generaron 3 especímenes de estudio, derivados de tres mezclas con proporcionamientos diferentes. Tomando como base la proporción de mortero cemento-arena 1:4, se sustituye de una a tres partes de agregado (arena) por fibra de coco y otros materiales de origen orgánico, mientras la cantidad de cemento se mantiene constante, ver Tabla 1.

Tipo de mezcla	Cemento	Arena	Fibra de coco	Proporción
Mezcla base	1	4		1:4
Mezcla modificada (1)	1	3	1	1:3:1
Mezcla modificada (2)	1	2	2	1:2:2
Mezcla modificada (3)	1	1	3	1:1:3

Descripción de proporcionamiento por tipo de mezcla.

Para realizar el espécimen de proporción 1:3:1: se utilizó 4.634 L de arena, 0.555 L de cemento, 1 L de agua, 1.544 L de agregados de fibra de coco, hojas secas y 0.200 L, la arcilla batida.

Para realizar el espécimen de proporción 1:2:2, se utilizó 3.090 L de arena, 0.555 L de cemento, 1 L de agua, 3.088 L de agregados de fibra de coco, hojas secas y 0.500 L de arcilla batida.

Para realizar el espécimen de proporción 1:1:3, se utilizó 1.547 L de arena, 0.555 L de cemento, 1 L de agua, 4.632 L, de agregados de fibra de coco, hojas secas y 1 L de arcilla batida. Una vez obtenida cada mezcla se procedió a llenar los moldes, obteniéndose nueve especímenes como se muestra en la Figura 1.

Para evaluar la absorción de los especímenes se recurrió a un ensayo empírico, en lapsos de uno y diez minutos, afín de estimar el comportamiento de absorción, para que en una etapa posterior se cumpla lo estipulado en la metodología de la norma NMX-C-037-ONNCCE-2013[6], para obtener el porcentaje de absorción del material en un lapso de 24 horas.

## V. RESULTADOS

En la Tabla 2 se presentan los resultados del peso volumétrico por tipo de mezcla y espécimen. Como se puede observar conforme a lo planteado en el objetivo y las metas, la mezcla número tres es la de menor peso volumétrico con 1642.10 kg/m<sup>3</sup>, mientras la de mayor peso con 2046.34 kg/m<sup>3</sup> correspondió a la mezcla número dos. Ver Tabla 2.



## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS



Especímenes proporción a) 1:3:1, b) 1:2:2, c) 1:1:3.

	Espécimen	Peso kg	Peso promedio (kg)	Volumen del espécimen cm <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	Peso volumétrico por mezcla Kg/m <sup>3</sup>	Mortero Cemento-Arena[7] Kg/m <sup>3</sup>
Mezcla (1)	X <sub>1</sub>	3.400	3.263	1791 (0.001791)	1821.88	Máximo: 2100 Mínimo: 1900
	X <sub>2</sub>	3.190				
	X <sub>3</sub>	3.200				
Mezcla (2)	Y <sub>1</sub>	3.305	3.665			
	Y <sub>2</sub>	3.550				
	Y <sub>3</sub>	4.140				
Mezcla (3)	Z <sub>1</sub>	2.465	2.941		1642.10	
	Z <sub>2</sub>	3.950				
	Z <sub>3</sub>	2.410				

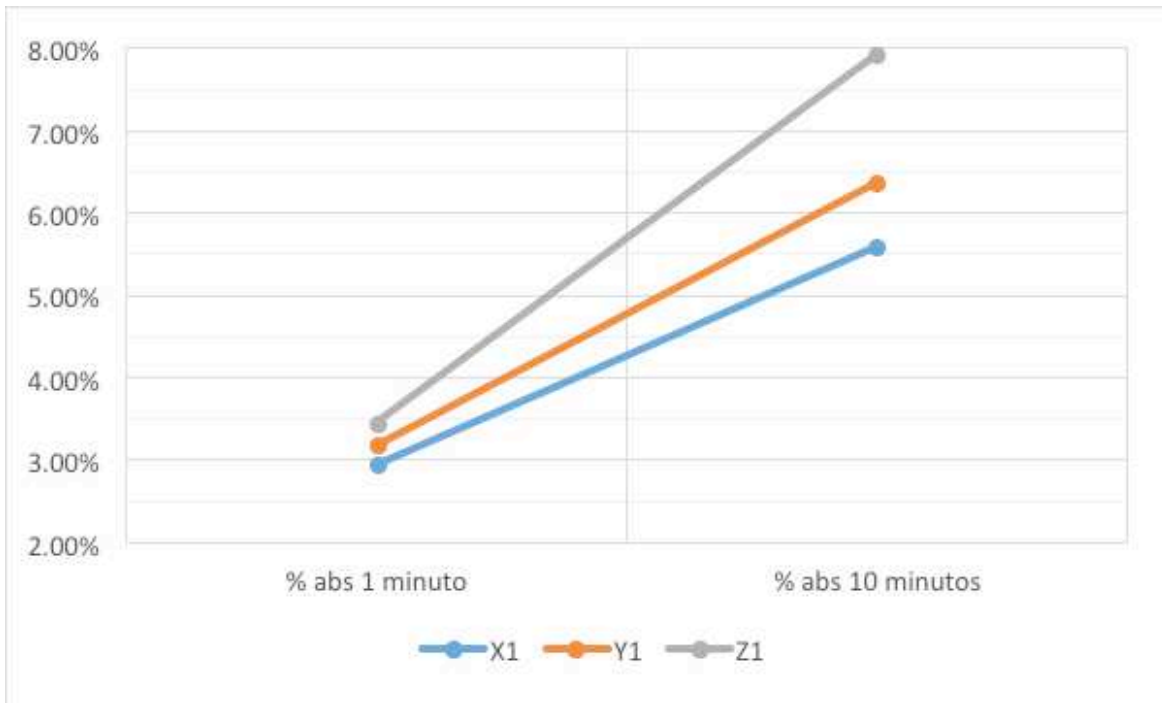
Resultado de peso volumétrico, por tipo de mezcla y espécimen.

Espécimen	Peso inicial (g)	1 minuto	10 minutos	Δ peso (1 minuto)	Δ peso (10 minutos)	% absorción (1 minuto)	% absorción (10 minutos)
X1	3400	3500	3590	100	190	2.94%	5.59%
Y1	3305	3410	3515	105	210	3.18%	6.35%
Z1	2465	2550	2660	85	195	3.45%	7.91%

Comparativo de absorción de agua estimada.

En lo que respecta a la absorción de agua, según la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 [5] en un lapso de 24 horas la absorción para bloques de concreto es de 12% y para bloques de arcilla artesanal es de 23%. Mientras que para los especímenes X1, Y1 y Z1, se puede observar un comportamiento ascendente y acelerado de absorción, que oscila entre 5.59% a 7.91%, como se muestra en la Tabla 3 y Figura 2. Los valores obtenidos de absorción son cercanos al recomendado para bloques de concreto, solo que un lapso de tiempo muy corto que representa el 0.69% del tiempo recomendado por la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 [5].





Comportamiento de absorción en el tiempo según espécimen.

## VI. DISCUSIÓN

Como se observa comparativamente si la mezcla base de mortero arena-cemento tiene un peso máximo de 2100 kg/m<sup>3</sup> y un mínimo de 1900 kg/m<sup>3</sup> [7], en base a lo estimado por el reglamento de construcción del Estado de Tabasco, ninguna de las mezclas sobrepaso el máximo, pero solo dos estuvieron por debajo del peso mínimo, mezcla 1 y 3. (Tabla 2).

En lo referente a la absorción de los especímenes de estudio, muestran que la absorción de estos es acelerada y con tendencia a sobrepasar los límites establecidos por las normas NMX indicadas.

## VII. CONCLUSIONES

La inclusión de fibra de coco y materia orgánica como agregado en la generación de adoquines ecológicos, hasta el momento fue posible. Facilitando la absorción de agua o es lo que mostraron los primeros ensayos, hecho que incrementa la posibilidad de la generación de superficies con adoquines ecológicos de alta capacidad de absorción de agua. Aun se requiere de otros análisis, como es, determinar la resistencia a la compresión del material como para ser utilizado en pisos exteriores de uso de tránsito ligero, la durabilidad, entre otros. Así como, la posibilidad de utilizarlos como base para la construcción de muros verdes, por su contenido de materia orgánica contenida.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] CONAVI, 2014, Rezago Habitacional – Nacional, SEDATU, 1-2.
- [2] Mota C., Alcaraz-López C., Iglesias M., Martínez-Ballesta M.C., Carvajal M., 2010, Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la región de Murcia. Departamento de Nutrición Vegetal, CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1-43
- [3] Silva H. L.J., 2010, Fijación de CO<sub>2</sub> por parte de los árboles urbanos, propuesta para un programa de captura para Bogotá D. C., Universidad Distrital, 1-12.
- [4] NMX-C-036-ONNCCE-2013, 2013, Industria de la construcción mampostería resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y adoquines método de ensayo, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE). Diario Oficial de la Federación.
- [5] NMX-C-404-ONNCCE-2005, 2005, Industria de la construcción bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural – especificaciones y métodos de prueba, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE).
- [6] NMX-C-037-ONNCCE-2013, 2013, Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones – Determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE).
- [7] H. Ayuntamiento Constitucional del Municipio del Centro, 1995, Reglamento de Construcciones del Municipio del Centro, Estado de Tabasco, H. Ayuntamiento Constitucional del Municipio del Centro, 132-137.

# TIPOLOGÍA ARQUITECTÓNICA DE LOS TEMPLOS CATÓLICOS DE LA CHONTALPA DE TABASCO

Aurora Govea Ek<sup>1</sup>  
Caludia Ponce Sánchez  
Juan Edilberto Sánchez Falconi  
Irene Ochoa Valenzuela  
Henry Jhonatan de la Cruz Reyes

## I. RESUMEN

Este trabajo, sintetiza un análisis arquitectónico de los templos católicos ubicados en el territorio Chontal de Tabasco, realizado con el propósito de definir la tipología que los caracteriza.

El estudio se hizo tomando como muestra representativa cuatro templos del mencionado territorio. Mediante observación in situ de dichos espacios, entrevistas a los pobladores, levantamientos arquitectónicos y fotográficos, se recabó información con la que se realizó después a un análisis comparativo de los templos estudiados.

Los resultados señalan que los mencionados templos, comparten algunas constantes que confirman que en conjunto definen un tipo de arquitectura popular propia de la Chontalpa de Tabasco, en virtud de lo cual se puede afirmar que, en términos materiales, son referentes de identidad de ese territorio.

## II. INTRODUCCIÓN

En las demarcaciones de los municipios tabasqueños de Cunduacán Comalcalco, Nacajuca y Jalpa de Méndez persisten un conjunto de pequeños poblados rurales, de origen ancestral. Aquellos que Alfaro Santa Cruz identificara como pueblos de habla chontal. Los cuales dijo, se encontraban en las márgenes del río Grijalva, muy juntos unos de otros, en un territorio anegadizo, difícil de andar y lodoso, pero abundante en productos naturales [1].

Hoy en día, son precisamente esos poblados, los que conservan muchas de las expresiones culturales que identifican al estado de Tabasco, a las cuales, aparentemente, se suma hoy en día la arquitectura de sus templos católicos. Así lo sugiere bibliografía diversa, tal como: propaganda de turismo [2,3], publicaciones informales [4] y escasa bibliografía académica [5, 6, 7], en las que se difunden imágenes y breves reseñas que destacan el color y la decoración de los mencionados templos.

---

<sup>1</sup> Profesora Investigadora, DAIA-UJAT  
Marugovea@hotmail.com

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

Dilucidar sobre esa percepción es el propósito de este trabajo, porque aparentemente, ésta no tiene más sustento que los atributos cromáticos que los templos comparten. Las argumentaciones que aquí se presentan se derivan de una tesis de Doctorado en Arquitectura [8] que se ocupó de estudiar el espacio sagrado de los chontales bajo un amplio enfoque conceptual de “espacio habitable”, el cual abarca aspectos tanto materiales como intangibles de: la arquitectura los asentamientos y el territorio sacralizado por la religión católica, que hoy día practica la mayoría de la población chontal.

Aquí se retoma únicamente lo concerniente al aspecto material de sus templos. Mediante un análisis sistemático de cuatro de ellos, se encontró que comparten constantes de diseño, que más allá de sus atributos cromáticos y decorativos, efectivamente configuran una tipología propia de la Chontalpa. Sobre esa base se defiende la idea de que los espacios en cuestión son referentes de identidad del mencionado territorio.

Valga destacar que al mismo tiempo que se esbozan aquí estas reflexiones, este artículo también presenta los criterios metodológicos que se siguieron en la definición de la tipología de los templos, los cuales pueden aplicables a otro tipo de espacios.

### III. OBJETIVOS Y METAS

El objetivo de este trabajo es presentar un análisis del aspecto material de los templos Chontales de Tabasco con la finalidad de argumentar sobre los elementos que definen su tipología, para dar sustento a su conservación y difusión como una expresión de la arquitectura popular propia de dicho territorio.

### IV. MATERIALES Y METODOS.

Se tomaron como unidades de observación cuatro templos ubicados en Huimango Cunduacán, Cupilco Comalcalco, Tecoluta Nacajuca y Ayapa Jalpa de Méndez. La advocación de los tres primeros es la Virgen de la Asunción y el último San Miguel Arcángel. Por cuestiones prácticas, se decidió referirse a ellos por el nombre del poblado.

Esta muestra es representativa de la histórica Chontalpa de tabasco, ya que incluye un templo de un antiguo poblado de cada uno de los municipios en donde persisten hasta hoy la mayoría de los asentamientos conocidos como Chontales desde 1579, como se dijo en la introducción. Su elección se hizo siguiendo este criterio de conveniencia.

De cada templo se hizo, levantamiento arquitectónico y registro fotográfico. De igual manera se realizó observación in situ de detalles. En ese proceso fue fundamental la información proporcionada por residentes de la Chontalpa, cuyas aportaciones fueron recabadas mediante entrevistas, resguardadas en archivos de audio.

Los aspectos analizados fueron: el emplazamiento, la planta arquitectónica, la espacialidad y la fachada de cada templo. Posteriormente, mediante un análisis comparativo se determinaron las constantes que comparten estos espacios, mismas que a la postre definen su tipología.

## V. RESULTADOS

Los resultados se presentan a continuación siguiendo el esquema de las categorías en las que se clasificó y analizó la información: emplazamiento, planta arquitectónica, espacialidad y la fachada.

a) En lo referente al emplazamiento, se observó que todos los templos tienen una ubicación privilegiada dentro del asentamiento, invariablemente entre las calles principales y frente a una plaza, lo cual favorece que pueda ser observado desde casi cualquier ángulo del poblado. Esta ubicación los convierte en el remate visual más importante del poblado. En el caso del templo de Tecoluta este aspecto está más acentuado pues es también el remate visual de la calle de acceso al poblado. Es probable que esa ubicación que hoy ostentan los templos sea su permanencia más antigua, pues existen antecedentes de fundación que remiten a 1579, lo cual se puede constatar en el mapa anexo a la obra de Alfaro [9].

Respecto a las demás construcciones de los poblados, los templos tienen la mayor jerarquía arquitectónica ya que destacan por su colorido, forma y dimensiones. De modo que la centralidad que por antonomasia tienen este tipo de espacios, se reitera así en términos materiales. Puede pensarse que dicha jerarquía arquitectónica sea otra de las continuidades de data más añeja de los templos. José Eduardo de Cárdenas en 1811 menciona que el lujo en la provincia de Tabasco era apenas privativa de la casa de Dios [10]. Coincidiendo con esa afirmación los recuerdos de la memoria colectiva de la Chontalpa, también sostienen que los templos en sus inicios eran de paja, muy parecidos a las demás casas pero más grandes que éstas.

b) En relación con las plantas arquitectónicas, se observó que la composición parte de una traza rectangular sobre la cual se siguió un principio aditivo en la composición. En todos los casos se observan anexadas a la planta arquitectónica original, las sacristías y los sagrarios, así como una serie de servicios tales como: salones de usos múltiples, sanitarios y bodegas. En el caso de Cupilco y Ayapa, se observan anexadas también las naves laterales.

Los templos actuales sean de una o tres naves, ostentan la estructura de columnas de la traza original. En el caso de Huimango y Tecoluta se conservan incluso los muros, pero en el caso de Cupilco y Ayapa solo persisten las columnas, las cuales delimitan ahora la nave central.

c) La espacialidad de estos templos la determinan, desde luego los espacios dispuestos en las plantas arquitectónicas ya descritas, cubiertas por sus altas

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

techumbres no menores a los seis metros. El diseño interior de estos recintos, se auxilia a menudo del uso de colores intensos como se puede apreciar en la Figura 1. De esta suerte, existe en Tecoluta un peculiar retablo que destaca por el uso de colores primarios, en Cupilco los vitrales y capiteles de la nave central decorados con imágenes religiosas enlucidos en vistosos y variados colores, en Huimango los murales con pasajes bíblicos. En todos los casos, las representaciones están hechas de trazos elementales y sin efectos de perspectiva.

Como en todos los templos católicos, en los de la Chontalpa, el interior acentúa su carácter de edificio religioso, con elementos propios de su culto. De esta suerte se pueden observar varias imágenes religiosas resguardadas en nichos o basamentos, los cuales se caracterizan por el uso de una variada paleta de colores y diseños autóctonos.



De izquierda a derecha: Imagen en el templo de Ayapa, retablo en el altar de Tecoluta y columnas en el templo de Cupilco.  
Fuente: propia 2015

El altar se ubica a menudo al centro de una plataforma, desplantado por dos o tres escalones del área de los feligreses y sigue en su diseño una tendencia decorativa policromática, que combina tanto imágenes religiosas como motivos vegetales. Los sagrarios como ya se dijo se observan anexados a la traza original del templo, y también son objeto del despliegue creativo de la imaginería popular en su diseño, de modo que sin perder su función de albergar a Jesús Sacramentado para su adoración, se caracterizan igual por su colorido.

d) El análisis comparativo de las fachadas, sintetizado en la Figura 2, muestra que se replica en todos los templos la presencia de elementos arquitectónicos como: columnas adosadas, cúpulas, torres, cornisas, nichos y campanarios éstos últimos dentro de elementos cúbicos; tales son los casos de: Huimango, Tecoluta y Cupilco. Todos estos elementos no siguen cánones estrictos de proporción y estilo, más bien son de fabricación autóctona. Su presencia constante en varios

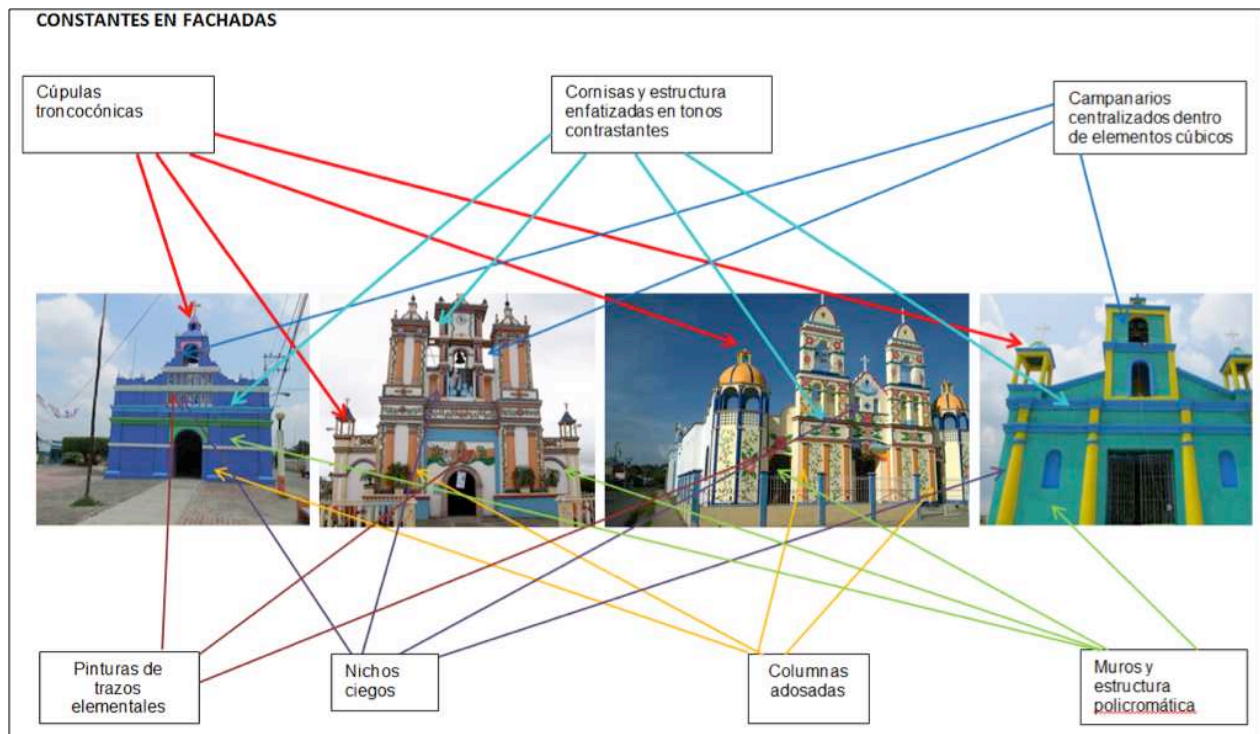


de los templos se puede inferir por tanto, que derivan de una influencia mutua producto de las interacciones sociales que se dan entre los diversos poblados, de este modo es comprensible que las características que tienen los diferentes elementos arquitectónicos de los templos del territorio chontal sean similares.

Las columnas aparecen con frecuencia adosadas a las fachadas, son de fuste liso, con éntasis y toros tanto en la base como en el capitel. Tal es el caso de Cupilco y Tecolota. Una variante de estas columnas son las pilastras adosadas. En todos los casos estos elementos estructurales se enfatizan en tonos más intensos que los que enlucen los muros. Ello a su vez define los cuerpos verticales en que se divide la fachada. Por su parte los cuerpos horizontales en que se divide la fachada con frecuencia están enfatizados también con cornisas en colores intensos.

Los campanarios, se encuentran ubicados dentro de cuerpos cúbicos al centro de la fachada. Con excepción del de Ayapa que se ubica dentro de dos espadañas laterales. En el caso de Huimango, y Cupilco estos campanarios se encuentran rematados por pequeñas cúpulas, también de fabricación local.

Las cúpulas se utilizan tanto para remate de los campanarios como de torres. Solo en el caso de Tecolota la cúpula funciona como la cubierta de un espacio más amplio que es el sagrario. Los tipos de cúpulas que se utilizan son: semiesféricas y troncocónicas. En todos los casos, son las cúpulas y una cruz sobre ellas, las que rematan las torres. Las torres son de poca altura, y tienen a lo sumo dos niveles, con excepción de las torres centrales del templo de Cupilco.



Análisis comparativo de las fachadas de los templos de: Huimango, Cupilco, Ayapa y Tecolota respectivamente.

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

En los cuatro templos se aprecian nichos ciegos que tienen al parecer por sí mismos solo una función decorativa dentro de las fachadas, pues se destacan de éstas solo mediante el color y no contienen ninguna imagen religiosa dentro de ellos.

En todos los casos, las fachadas se encuentran enlucidas con una variada paleta de colores contrastantes. A menudo se usan los colores intensos para destacar la estructura y las cornisas de las paredes. El gusto por esos colores se acentúa más en dos de los templos que en esos mismos tonos ostentan una abigarrada decoración en motivos vegetales e imágenes religiosas.

## VI. DISCUSIÓN

Como se pudo constatar, los templos chontales presentan elementos que se replican invariablemente, con características similares, tales como: una jerarquía destacada respecto a las demás construcciones de su contexto inmediato, un principio aditivo en la disposición de las plantas, una espacialidad ambientada por objetos propios del culto católico y el uso de colores intensos para destacarlos, elementos decorativos y técnicos constructivos en fachadas entre los que destacan: las columnas adosadas, los nichos ciegos, y las cúpulas troncocónicas por mencionar solo algunos.

Tales atributos, además de dar a los templos características particulares, proporcionan a propios y extraños una imagen vigorosa de dichos espacios, lo cual ayuda a definirlos como espacios simbólicos, toda vez que este tipo de espacios de acuerdo con Valera [10], ayudan a facilitar la estructuración cognitiva del entorno en el cual se inscriben. Dicho de otra manera, en el aspecto material, estos templos constituyen hoy un referente de identidad del paisaje chontal.

## VII. CONCLUSIONES

Los atributos cromáticos de los templos chontales, constituyen una de las varias constantes que comparten los templos chontales de Tabasco. Con base en el análisis comparativo aquí presentado se demostró que más allá de esa cualidad, los templos comparten otros atributos de diseño, que definen un tipo de arquitectura popular propio del territorio.

De lo anterior se concluye que la difusión de dichos templos, se puede sustentar en su tipología, la cual no se limita a sus atributos cromáticos. Además no se puede soslayar que aun cuando los templos parecen ser de fábrica recientes, en sus materialidades persisten huellas de un pasado que permite conectar en un mismo espacio, el habitar religioso, de las diferentes generaciones que han encontrado asiento en la Chontalpa. En términos materiales, se puede afirmar por tanto que, los templos son referentes estables de identidad del territorio chontal, es decir un patrimonio comunitario.

Si se entiende por patrimonio “todo aquel aspecto del entorno que ayuda al habitante a identificarse con su propia comunidad en el doble y profundo sentido de continuidad de una cultura y de construcción de esa cultura” [12], los templos en cuestión refuerzan ese carácter, no solo por sus atributos materiales, sino también por la presencia histórica que tienen dentro del territorio.

## VII. REFERENCIAS

- [1] Alfaro Santa Cruz, M., 1579/1989, Relaciones histórico geográficas de la provincia de Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco (GET), México, 11-14.
- [2] Véase: Ramos Maza R. y Cabrera Jasso C., 1993, El estado de Tabasco, Madrid, pp. 135-137
- [3] GET, 2004, Catálogo turístico de Tabasco, Villahermosa, GET- Secretaría de Desarrollo Económico y Turismo, 13.
- [4] De la Cruz L. y Ávalos J. 2013, “El color de la fé. Iglesias polícromas de la Chontalpa” en Brondo C. (Editor), Firma Tabasco, No. 09, Villahermosa, 68-71.
- [5] Cámara Domínguez, M, 2005, Tabasco. Mi Casa, Villahermosa, Universidad Tecnológica de Tabasco-GET, 32 y 33.
- [6] Gallegos Gómora, M., 2001, Iglesias polícromas de la Chontalpa Tabasco, Villahermosa, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).
- [7] Ruz, M., 2001, Tabasco Histórico. Memoria Vegetal, Villahermosa, GET, 42.
- [8] Govea Ek A. 2015, Transformación y apropiación del espacio sagrado en el actual territorio chontal de Tabasco, Tesis de Doctorado en Arquitectura no publicada, México, Universidad de Guanajuato
- [9] Alfaro Santa Cruz, M., 1579/1989, Relaciones histórico geográficas de la provincia de Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco (GET), México, anexo.
- [10] Gurría Lacroix J. 1985, “La protesta de un Cunduacanense” en María Eugenia Arias Gómez, Ana Lau Jaiven y Ximena Sepúlveda Otaíza (comps.), Tabasco, Textos de su Historia, Vol 1, pp. 70-106, México, Instituto de Investigaciones José María Luis Mora (IJMLM)-GET, 73.
- [11] Valera, S. 1996, “Análisis de los aspectos simbólicos del espacio urbano. Perspectivas desde la Psicología Ambiental” en revista de Psicología Universitas Tarraconensis, núm. 18, pp. 63-84, Tarragona, Universitat Rovira i Virgili, Departamento de Pedagogía, 9.
- [12] Waisman, M., 1990, El interior de la Historia. Historiografía arquitectónica para uso de latinoamericanos, Bogotá, Escala, 133.



# FACTORES DE DISEÑO EN UN BORDO DE PROTECCIÓN MARGINAL

Leobardo Alejandro Quiroga<sup>1\*</sup>  
Enrique Campos Campos<sup>1</sup>  
Rene Sebastián Domínguez Mora<sup>1</sup>  
Francisco Magaña Hernández<sup>1</sup>

## I. RESUMEN

La mayor parte de la planicie tabasqueña está formada por sedimentos aluviales depositados por la gran cantidad de ríos que atraviesan el estado hasta desembocar en el Golfo de México, en los años recientes se han proyectado y construido bordos de protección para el control de inundaciones de diversos materiales en las márgenes de los ríos, los cuales han presentado falla por diferentes mecanismos. En este trabajo se presenta el análisis de los factores principales a considerar en el diseño de un bordo de protección marginal en particular, siendo el primero la socavación general por el paso de avenidas extraordinarias y en el análisis de la estabilidad del bordo, el estado seco, cuando el nivel freático coincide con el nivel del río y el estado saturado, cuando el cuerpo del terraplén se encuentra saturado por la lluvia que se infiltra y del nivel máximo del río. El análisis de dichos factores predice, si es estable la obra y a la vez analizar para diferentes condiciones el diseño óptimo del bordo de protección marginal que permita proteger las vidas humanas de la región.

## II. INTRODUCCIÓN

Los ríos de la planicie tabasqueña presentan cambios fluviomorfológicos y sedimentológicos y como consecuencia cambios en el gastos líquido y sólido de los ríos Mezcalapa, Samaria y Carrizal [1], este último río presenta corrimiento marginal debido a las características fisiográficas de la planicie formada por suelo aluvial, formado principalmente por limos de poca cohesión y alto contenido de arena, [2]. En este río Carrizal se construyeron diferentes tipos de obras de protección marginal para fijar las márgenes en forma permanente para dar mayor seguridad a los habitantes de la región. En general en el río Carrizal un porcentaje importante de bordos de protección han colapsado por diferentes mecanismos de falla, [3]. Por tal razón se seleccionó un bordo de protección marginal ubicado a la altura de la Ranchería Anacleto Canabal 1<sup>a</sup>. Sección del municipio del Centro, estado de Tabasco, con el objetivo de analizar los factores principales de falla y a considerar en el diseño como son la socavación general en el extrado de la margen al paso de avenidas extraordinarias y simultáneamente el análisis de la estabilidad del bordo del conjunto estructura-suelo en una sección crítica, considerando la variabilidad de los estados seco y saturado en el análisis de la

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

estabilidad del bordo a través del Software GEO-SLOPE, por; [5] y [6], que define para diferentes relaciones el diseño óptimo del bordo de protección.

### III. OBJETIVO Y METAS

El objetivo es analizar los factores principales en la estabilidad del bordo de protección marginal. La meta es el diseño óptimo de la obra de protección marginal.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis inicia con la visita de campo al sitio del bordo de protección en la margen izquierda del río Carrizal. Se recopiló los estudios de topobatimetría del tramo y mecánica de suelos de las características estratigráficas y propiedades mecánicas del subsuelo. El análisis hidrológico se realizó con los datos hidrométricos de la estación González para el gasto máximo asociado a un periodo de retorno y la modelación hidráulica del tramo en estudio, se aplicó la ecuación de energía entre secciones a través del software HEC-RAS V.5.0.1, se obtuvo las características hidráulicas en las secciones transversales, con los resultados anteriores y se aplicó el método Lischtvan-Levediev se obtuvo la socavación general en el extrado del meandro. Los resultados anteriores y las características del subsuelo se realizó el análisis de la estabilidad del talud del bordo aplicando el método de Fellenius que mejor aproximación tiene a las condiciones reales [5], además de ser el primero en ser ampliamente aceptado, considerando el peso del material y las presiones intersticiales, y el más simple de todos los métodos que utilizan dovelas, siendo el más utilizado en la práctica profesional y cual se adoptó en este análisis a través del software Geo-Slope, el programa requiere los datos siguientes: peso específico,  $\gamma$  m, (kN/m<sup>3</sup>), cohesión, c, (kPa) y ángulo de fricción interna,  $\phi$ , ( $^\circ$ ) y la configuración geométrica en la sección crítica 0+250, y el círculo de falla dentro del talud para las medidas de la falla reales en campo. El software obtiene un factor de seguridad  $F_s$ , es la relación entre el momento motor y el momento resistente, y determina el factor de seguridad para dos estados seco y saturado, como se muestra en la Tabla 1 para diferentes criterios que satisfacen la ecuación de la estática. Los resultados permiten definir para qué valores falla del bordo y realizar para diferentes alternativas un mejor diseño del bordo de protección marginal.

Método	Equilibrio de momentos	Equilibrio de fuerzas
Ordinario o de Fellenius	Si	No
Simplificado de Bishop	Si	No
Simplificado de Janbu	No	Si
Spencer	Si	Si
Morgenstern-Price	Si	Si
Cuerpo de Ingenieros # 1	No	Si
Cuerpo de Ingenieros # 2	No	Si
Lowe – Karafiath	No	Si
Generalizado de Janbu	Si	Si
Sarma – dovelas verticales	Si	Si

Métodos para determinar el factor de seguridad con el Software Geo-Slope.



## V. RESULTADOS

El análisis hidrológico para distintas funciones de distribución de probabilidad de los gastos máximos de la estación hidrométrica González, se ajuste mejor a la función Gamma de 3 parámetros, siendo regulado los escurrimientos en la estructura de control Macayo para el gasto máximo de desalojo de 850.00 m<sup>3</sup>/s y período de retorno de 9 años. El análisis hidráulico en tramo de estudio, resulta en la sección transversal crítica la elevación de la superficie libre del agua de 9.53 msnm, ancho de 110.86 m, área hidráulica de 886.91 m<sup>2</sup>, velocidad media de 1.24 m/s, radio hidráulico de 5.78 m y tirante medio 6.20 m, y aplicando el método Lischtván-Levediev la erosión general en el extrado de la margen de 1.50 m. El análisis de la estabilidad con el software Geo-Slope del bordo, se presenta los resultados de la sección crítica 0+250 para la condición de estado seco y saturado; si el factor de seguridad es mayor a 1.5 no hay falla o deslizamiento del talud y caso contrario si es menor indica falla eminente del talud del bordo, como se muestra en la Tabla 2 y 3, a continuación:

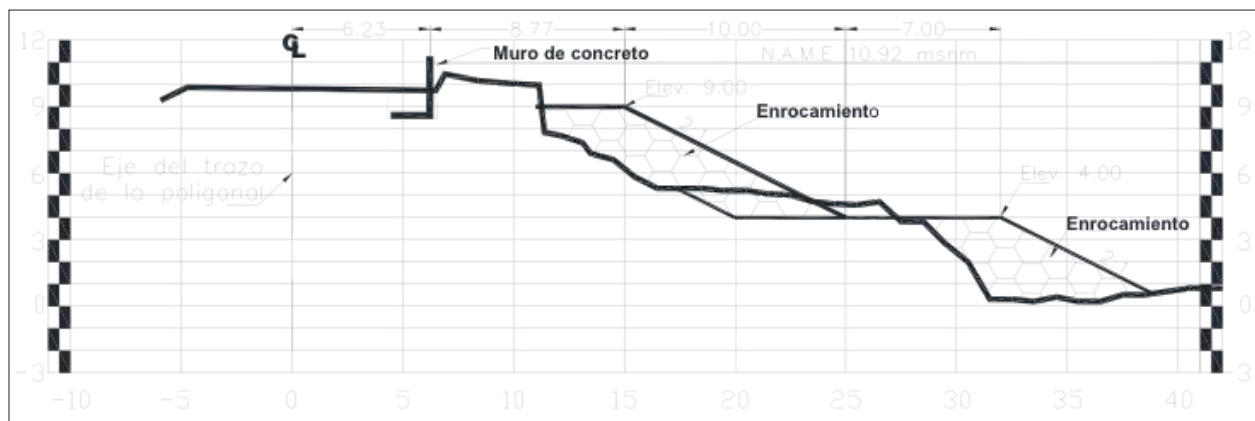
Método	Equilibrio de momentos	Equilibrio de fuerzas
Ordinario o de Fellenius	1.756	-
Simplificado de Bishop	1.761	-
Simplificado de Janbu	-	1.758
Spencer	1.760	1.760
Morgenstern-Price	1.760	1.760
Cuerpo de Ingenieros # 1	-	1.760
Cuerpo de Ingenieros # 2	-	1.760
Lowe – Karafiath	-	1.760
Generalizado de Janbu	-	1.760
Sarma – dovelas verticales	1.760	1.759

Resultados en la sección 0+250 del análisis de estabilidad en estado seco.

Método	Equilibrio de momentos	Equilibrio de fuerzas
Ordinario o de Fellenius	0.887	-
Simplificado de Bishop	0.892	-
Simplificado de Janbu	-	0.890
Spencer	0.891	0.891
Morgenstern-Price	0.891	0.891
Cuerpo de Ingenieros # 1	-	0.892
Cuerpo de Ingenieros # 2	-	0.892
Lowe – Karafiath	-	0.892
Generalizado de Janbu	-	0.891
Sarma – dovelas verticales	0.891	0.891

Resultados en la sección 0+250 del análisis de estabilidad en estado saturado.

Los análisis de los factores principales para diferentes condiciones en el análisis del diseño del bordo y obras de protección, ubicado en extrado de la margen del cauce, resultan como se muestra en la figura 1.



Diseño del bordo y obras de protección en el extrado del cauce.

## VI. DISCUSIÓN

El análisis de los resultados define dos importantes factores de falla del bordo de protección ubicado en el extrado de un meandro, siendo el primero la socavación general en el pie del bordo por el tránsito de las avenidas extraordinarias y por la incidencia de las líneas de flujo en el extrado del meandro, el segundo factor se obtiene del análisis de la estabilidad del bordo con el software Geo-Slope considerando el estado seco el factor de seguridad es de 1.76 sin presencia de falla, mientras en el estado saturado cuando se infiltra el agua en el suelo por la lluvia y alcanza el nivel del Name en el cauce, se produce una disminución considerable de la cohesión del suelo y al mismo tiempo aumenta el peso, fallando talud del bordo, lo cual se confirma al obtener un factor de seguridad de 0.89. Esta variabilidad del estado seco a saturado provoca condiciones de inestabilidad por la presencia de agua en el cuerpo del terraplén. Por lo tanto los resultados obtenidos para cada uno de los factores permiten ser considerados en las diferentes propuestas de materiales en el diseño óptimo de un bordo de protección marginal.

## VII. CONCLUSIÓN

En la práctica son diferentes factores a considerar en la revisión y diseño de bordos de protección para el control de inundaciones en una región, en este caso en particular los factores principales que inciden en la falla del bordo de protección marginal en el extrado del meandro, son la socavación general al pie del bordo por las avenidas extraordinarias que tiende a fallar la obra y el segundo factor, es la condición saturado cuando se infiltra el agua en el cuerpo del terraplén, y disminuye la cohesión del suelo y aumentando el peso, provocando falla del talud. Los factores analizados brindan elementos importantes para la determinar la estabilidad de un bordo de protección, así como también definir el diseño óptimo de la obra de protección que brinde seguridad a la población de una región.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] Alejandro, L. Vega, P. y Rivera, JGF, 2004. “Estudio del Transporte de Sedimentos en los ríos Mezcalapa, Samaria y Carrizal”, Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- [2] Berezowsky, M, Jiménez, A, y Franco, C. 1995, “Predicción del Corrimiento de Márgenes Cohesivos en Ríos”, Manual de Ingeniería de Ríos, IIUNAM, México, D.F
- [3] Maza, J. A, Franco, C., 1995. “Obras de Protección para el Control de Inundaciones”, Manual de Ingeniería de Ríos, IIUNAM, México, D.F
- [4] Geo-Slope International Ltd, 2004, SLOPE/W Manual de usuario para análisis de estabilidad de talud. Calgary Alberta, Canada.
- [5] Jaehong, K., Sangseom, J., Seongwan, P., Jitendra, S., 2004, Influence of rainfall – induced wetting on the stability of slopes in weathered soils: Engineering Geology, 75, 251-262.



# CLIMA ESCOLAR UNIVERSITARIO: UN ANÁLISIS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

María del Carmen Sandoval Caraveo<sup>1\*</sup>  
Sulma Guadalupe Gómez Jiménez<sup>1</sup>  
Abraham Gerardo Pérez Sandoval<sup>1</sup>

## I. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la percepción del clima escolar en los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. El estudio tiene un enfoque cuantitativo, es de tipo descriptivo y correlacional con diseño no experimental, transversal. La confiabilidad del instrumento de investigación se calculó a través del coeficiente Alpha de Cronbach el cual reportó 0.890 de confianza. Las dimensiones estudiadas del clima escolar fueron: satisfacción, infraestructura y funcionalidad. Los resultados obtenidos en la estadística descriptiva muestran la media más alta en la dimensión de funcionalidad y la más baja en infraestructura. El análisis de varianza ANOVA no reportó diferencias estadísticamente significativas en la percepción del clima escolar con el promedio de las calificaciones, la edad, el ciclo escolar y los años en la Universidad.

Palabras clave: estudiantes de Ingeniería, clima escolar, satisfacción.

## II. INTRODUCCIÓN

Diversos autores (Juárez-Herrera, 2014; [5], Becerra, 2006; [2], Cid, 2004; [4], Asencio, 1991 [1] han considerado que el clima escolar es un factor asociado a la evaluación de la calidad de la educación en virtud que tiene relación con los resultados del proceso de aprendizaje. En este sentido, Asencio (1991) [1] afirma que uno de los factores clave que afectan la calidad educativa, es el clima de la institución que actúa como un elemento que condiciona el logro de diversos productos educativos, tales como académicos, personales y sociales. Becerra (2006) [2] menciona que los conceptos de clima educativo no se refieren a un solo sujeto, sino que representa las percepciones de grupos, significa la apreciación de los sujetos con respecto a las relaciones interpersonales que se dan en el ambiente escolar. Por su parte, Cid (2004) [4], indica que el clima es la pieza clave de la eficacia, calidad y mejora del centro escolar y por tal motivo es importante identificarlo con el fin de que en caso necesario, establecer las medidas pertinentes para mejorar las condiciones en las que se encuentra.

Aunado a lo anterior, Tuc (2013) [9] dice que es una tarea relevante analizar el clima escolar cuando se requiere saber acerca de las interacciones entre el profesor y

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

los alumnos en el proceso de aprendizaje, expone el autor que estudiar el clima es un trabajo complicado debido a los diversos factores que intervienen como son: las condiciones físicas, las características de los docentes y estudiantes, y sus interacciones sociales.

El clima escolar ha sido definido como:

“La percepción de los miembros de la comunidad educativa, estudiantes, profesores, directivos y administrativos referida a las dimensiones académica, socio-afectiva, administrativa y ética que convergen en el entorno de la institución y que influyen sus acciones y comportamientos” (Bermúdez, Pedraza y Rincón, 2015, p. 3) [3].

“Es aquel escenario y condiciones ambientales donde se desarrollan las actividades habituales de enseñanza y aprendizaje, incluyendo la percepción que tengan los individuos de este ambiente” (Ríos, Bozzo, Marchant y Fernández, 2010, p. 110 [7].

En virtud de la relevancia de realizar investigaciones de clima escolar en el ámbito de la educación superior, en este trabajo se presentan los resultados de un estudio de clima escolar realizado con los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

### III. OBJETIVOS Y METAS

- Analizar la percepción del clima escolar en los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Determinar a través de la estadística descriptiva, cuáles son las dimensiones (satisfacción, infraestructura y funcionalidad) en las que se percibe el clima escolar más favorable y menos favorable.
- Establecer la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las dimensiones del clima escolar con el promedio de las calificaciones, la edad, el ciclo escolar y los años en la universidad.
- Determinar la existencia de correlación entre las dimensiones del clima escolar con el promedio en las calificaciones, años en la universidad y la edad.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es descriptiva y correlacional, no experimental transeccional con un enfoque cuantitativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010) [6].

#### *Población y muestra*

La población considerada para este estudio fueron los alumnos inscritos en la División Académica de Ingeniería Arquitectura de la Universidad Juárez



Autónoma de Tabasco. La muestra se obtuvo a través de un muestreo aleatorio simple con 95% de confianza y 5% de error (Walpole, Myers, Myers y Ye, 2007) [10]. El tamaño de la muestra para cada programa educativo se seleccionó de manera proporcional. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del programa educativo de Ingeniería Civil (N) que fue de 81 alumnos.

### ***Instrumento de investigación***

Para la recolección de datos se aplicó el cuestionario de clima escolar desarrollado y validado por Juárez-Herrera (2014) [5]. Se realizó una adaptación propia a la primera parte del cuestionario en la que se incluyeron 3 preguntas con relación a la universidad: el promedio que el estudiante lleva en la carrera, los años en la universidad y el ciclo escolar que cursan; se agregaron 3 variables sociodemográficas respecto al estudiante: la edad, el género y el estado civil. La segunda parte del cuestionario mide el clima escolar de 3 dimensiones: Satisfacción, infraestructura y funcionalidad. Los ítems fueron elaborados en una escala tipo Likert con 4 opciones de respuesta donde 1=totalmente en desacuerdo, 2=en desacuerdo, 3=de acuerdo y 4=totalmente de acuerdo. La confiabilidad del instrumento se calculó a través del software estadístico SPSS y reportó 0.890 del coeficiente Alpha de Cronbach, el cual es considerado como aceptable. En la tabla 1 se presentan las definiciones operacionales de las dimensiones del clima escolar.

<b>Definición operacional de las dimensiones de clima escolar</b>	
<b>Dimensión</b>	<b>Definición operacional</b>
<b>Satisfacción</b>	Percepción de los estudiantes con respecto al grado en que la institución reconoce el esfuerzo y los logros académicos.
<b>Infraestructura</b>	Percepción de los estudiantes con relación a la infraestructura y equipamiento otorgado por la institución en las distintas áreas.
<b>Funcionalidad</b>	Apreciación de los estudiantes con relación a los canales de comunicación que sirven para guiarlos durante su proceso formativo y los mecanismos institucionales para tomar decisiones en función de las necesidades de los estudiantes.

Fuente: Elaboración propia con base en Juárez-Herrera (2014) [5].

### ***Procedimiento de recolección y análisis de los datos***

Para la recolección de los datos se aplicaron los cuestionarios de manera directa a cada uno de los alumnos con asistencia directa (instrucciones verbales y respuesta a dudas en el lugar de aplicación). El análisis de los datos se realizó a través de la estadística descriptiva, el análisis de varianza ANOVA y la correlación de Pearson.

## **V. RESULTADOS**

La estadística descriptiva indicó las medias siguientes: para satisfacción 2.49; para infraestructura 2.15; para evaluación 2.15 y para funcionalidad 2.51 (Tabla 2).

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

### Estadísticos descriptivos de las dimensiones de clima escolar

Dimensiones del clima escolar	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Satisfacción	1	4	2.49	.805
Infraestructura	1	4	2.15	.767
Funcionalidad	1	4	2.51	.738

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados del cuestionario.

La media más alta se encontró en la dimensión de funcionalidad lo que representa el clima escolar más favorable; el clima menos favorable fue para infraestructura por encontrarse la media más baja en esta dimensión.

Para identificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la percepción del clima escolar entre las variables sociodemográficas y las dimensiones del clima escolar, se utilizó el análisis de varianza ANOVA (Tablas 3, 4,5, 6).

### Comparación de las medias poblacionales de las dimensiones de clima escolar con relación al promedio de calificaciones de los estudiantes

Dimensiones	Promedio	N	Media	F	Sig.
SATISFACCIÓN	7 a 7.9	22	12.59	0.143	0.867
	8 a 8.9	56	12.39		
	9 a 9.9	3	13.33		
	Total	81	12.48		
ESTRUCTURA	7 a 7.9	22	9.23	1.14	0.325
	8 a 8.9	56	8.39		
	9 a 9.9	3	8.00		
	Total	81	8.60		
FUNCIONALIDAD	7 a 7.9	22	12.41	0.117	0.889
	8 a 8.9	5	6		
	9 a 9.9	3	13.33		
	Total	81	12.57		

Nota \* $p \leq .05$

La tabla 3 muestra que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre dimensiones de clima escolar con relación al promedio de calificaciones de los estudiantes.

**Comparación de las medias poblacionales de las dimensiones de clima escolar con relación a la edad de los estudiantes**

Dimensiones	Edad	N	Media	F	Sig.
Satisfacción	18-20	20	13.35	1.985	0.123
	21-23	53	12.3396		
	24-26	6	12.3333		
	27-29	2	8		
	Total	81	12.4815		
Infraestructura	18-20	20	8.7	0.967	0.413
	21-23	53	8.7547		
	24-26	6	7.6667		
	27-29	2	6.5		
	Total	81	8.6049		
Funcionalidad	18-20	20	12.4	2.343	0.08
	21-23	53	13		
	24-26	6	10.6667		
	27-29	2	8.5		
	Total	81	12.5679		

Nota \* $p \leq .05$

La tabla 4 muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las dimensiones de clima escolar con relación a la edad de los estudiantes.

**Comparación de las medias poblacionales de las dimensiones de clima escolar con respecto al ciclo escolar que estudian**

Dimensiones	Ciclo escolar	N	Media	F	Sig.
Satisfacción	1-3	11	13.27	0.833	0.48
	4-6	15	13.00		

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

	7-9	51	12.29		
	10-12	4	10.75		
	Total	81	12.48		
Infraestructura	1-3	11	8.64	1.176	0.324
	4-6	15	8.73		
	7-9	51	8.73		
	10-12	4	6.50		
	Total	81	8.60		
Funcionalidad	1-3	11	12.00	1.188	0.32
	4-6	15	12.67		
	7-9	51	12.86		
	10-12	4	10.00		
	Total	81	12.57		

Nota \* $p \leq .05$

La tabla 5 muestra que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dimensiones de clima escolar con respecto al ciclo escolar que estudian.

### Comparación de las medias poblacionales de las dimensiones de clima escolar con respecto a los años en la universidad

Dimensiones	Años en la Universidad	N	Media	F	Sig.
Satisfacción	1-2	21	12.86	0.484	0.618
	3-4	58	12.29		
	5-6	2	1		
	Total	81	12.48		
Infraestructura	1-2	21	8.57	0.031	0.97
	3-4	58	8.60		
	5-6	2	9.00		
	Total	81	8.60		
Funcionalidad	1-2	21	12.05	0.553	0.577
	3-4	58	12.71		

5-6	2	14.00
Total	81	12.57

Nota\* $p \leq .05$

La tabla 6 indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las dimensiones de clima escolar con respecto a los años que han permanecido los estudiantes en la universidad.

**Correlación entre las dimensiones del clima escolar con respecto al promedio, los años en la universidad y la edad de los estudiantes**

Dimensiones	Satisfacción	Infraestructura	Funcionalidad	Promedio	Años en la Univ.	Edad
Satisfacción	1	.649**	.557**	0.001	-0.04	-.225*
Infraestructura		1	.516**	-0.165	0.017	-0.135
Funcionalidad			1	0.046	0.115	-0.152
Promedio				1	-0.126	-0.09
Años en la universidad					1	.554**
Edad						1
Ciclo escolar						

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

\* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

El análisis de correlación de Pearson mostró una correlación negativa entre la edad de los estudiantes y la satisfacción.

## VI. DISCUSIÓN

En un estudio de clima escolar elaborado por Sandoval, Domínguez y Pulido (2016) [8] en una población de estudiantes de Ingeniería Química de una Universidad Pública, se reportó el ambiente más favorable en la dimensión de satisfacción, por lo tanto, estos resultados coinciden con lo reportado en el presente estudio. Así mismo, se coincide con los resultados encontrados por Juárez-Herrera (2014) [5] en su estudio, en el cual el clima escolar fue favorable para la dimensión de satisfacción. Por otra parte, con respecto a la dimensión de funcionalidad, los resultados presentados en esta investigación discrepan con lo reportado en el

estudio de Juárez-Herrera (2014) [5], en el cual el clima escolar no es favorable en este indicador.

### VII. CONCLUSIONES

Los estudios de clima escolar en las universidades ha sido relacionado con el mejoramiento en el proceso enseñanza aprendizaje por lo que se reconoce que un clima favorable en la institución trae en consecuencia una educación de calidad.

De acuerdo a los resultados descriptivos obtenidos en esta investigación, el clima escolar que prevalece en los sujetos de estudio es favorable para la dimensión de satisfacción y funcionalidad, sin embargo en infraestructura las respuestas se inclinaron hacia la respuesta “en desacuerdo” lo que señala un clima menos favorable.

Por otra parte, el análisis de varianza ANOVA señaló que el promedio en las calificaciones, la edad de los estudiantes, el ciclo escolar que estudian y los años que los alumnos han permanecido en la universidad no influyen en la percepción del clima escolar. El análisis de correlación de Pearson indicó una correlación negativa entre la edad y la satisfacción, lo cual significa que a mayor edad de los estudiantes es menor su satisfacción en la institución. Este resultado da la pauta para una investigación más profunda que podría ser de carácter cualitativo para identificar las causas que lo originan.

Es importante destacar que estos resultados solo son válidos para la población estudiada y no es posible considerarlo para otras poblaciones de estudiantes.

### VIII. REFERENCIAS

[1] Asensio, I. y Fernández, M.J. (1991). El clima de las Instituciones de Educación Superior. *Revista Complutense de Educación*, (2), 3. Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/viewFile/RCED9191330501A/18122>

[2] Becerra, S. (2006) ¿Cómo podemos intervenir para fortalecer el clima educativo en tiempos de innovación?”. *Estudios Pedagógicos*, (32), 2. Recuperado [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07052006000200003](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052006000200003)

[3] Bermúdez, J.J., Pedraza, A. y Rincón, C.I. (2015). El clima organizacional en universidades de Bogotá desde la perspectiva de los estudiantes. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, (17), 3, Recuperado de <http://redie.uabc.mx/redie/article/view/413/1289>

[4] Cid, A. (2004). El clima escolar como factor de calidad en los centros de educación secundaria de la provincia de Ourense. Su estudio desde la perspectiva de la salud. *Revista de Investigación Educativa*, (22), 1. 2004. Recuperado de <http://revistas.um.es/rie/article/view/98811>



- [5] Juárez-Herrera, M. (2014). Estudio exploratorio del clima escolar universitario. Tesis doctoral. México: Universidad Iberoamericana León.
- [6] Hernández R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5a. ed.). México: McGrawHill.
- [7] Ríos, C., Bozzo. B., Marchant, M., (2010). Factores que inciden en el clima de aula universitario. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, (3), 4.
- [8] Sandoval, M.C., Domínguez, D. y Pulido, A. (2016). La interacción con pares, componente esencial del clima escolar en las Instituciones de Educación Superior. Memorias del Congreso Internacional Academia Journals Tabasco 2016. Villahermosa Tabasco.
- [9] Tuc, M.L. (2013). Clima del aula y rendimiento escolar. Tesis profesional. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Campus de Quetzaltenango.
- [10] Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L. y Ye, K. (2007). Probabilidad & Estadística (8a. ed.). México: PEARSON Educación.



# DIAGNÓSTICO Y TRANSFERENCIA DE HERRAMIENTAS CONDUCTUALES PARA EL ESTUDIANTE DEL PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

María Elena García Ulín<sup>1\*</sup>  
Sirleni Ordoñez Frías<sup>1</sup>  
Angélica del Carmen Lizardo Pérez<sup>1</sup>  
Irene Ochoa Valenzuela<sup>1</sup>

## I. RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue diagnosticar las actitudes que dañan la trayectoria académica de los estudiantes de Ingeniería Civil, transfiriéndoles las herramientas conductuales necesarias para su crecimiento educativo. La metodología que se utilizó en este fue la metodología cualitativa, que es empleada por ser un enfoque flexible y multidisciplinar, el cual permite observar y participar directamente en donde se origina el problema, y definir estrategias para subsanarlo. Los resultados principales muestran Baja Autoestima y problemas con las figuras paternas, agresividad verbal y contenida. En conclusión muchas de estas conductas desadaptativas son el resultado de la vulnerabilidad en su actitud, ya que comienzan el proceso de adaptación a la nueva faceta como estudiantes universitarios y esta transición les afecta. Estas conductas se presentan tanto en mujeres como en varones, debido a su edad y el entorno que los rodea.

## II. INTRODUCCIÓN

El concepto de Conducta ha variado ampliamente desde Watson hasta Tolman. Esta se puede considerar como:

- Resultado o respuesta dada, R. Watson.
- Proceso que es un movimiento, en el que hay un sujeto que persigue un fin. Tolman [1].
- 

La inteligencia emocional establece tres diferentes tipos del término que nos ocupa:

1. La conducta agresiva, que es la que tienen aquellas personas que se caracterizan por tratar de satisfacer sus necesidades, que disfrutan del sentimiento de poder, que les gusta tener la razón, que tienen la capacidad de humillar a los demás y que suelen ser enérgicas.
2. El pasivo. En este caso concreto, quienes se caracterizan por tenerla son personas tímidas, que ocultan sus sentimientos, que tienen sensación de

inseguridad y de inferioridad, que no saben aceptar cumplidos, que no cuentan con mucha energía para hacer nada y que los demás se aprovechan de ellos con mucha facilidad.

3. La asertiva es el tercer tipo. Las personas que la poseen tienen entre sus principales señas de identidad el que siempre cumplen sus promesas, que reconocen tanto sus defectos como sus virtudes, se sienten bien consigo mismos y hacen sentir también bien a los demás, respetan al resto y siempre acaban consiguiendo sus metas [2].

La base teórica en la que sustentan los diferentes enfoques del modelo conductual, se remontan a los estudios pioneros (a principios del Siglo XX) de la escuela rusa a través de autores tan relevantes como Pavlov (Condicionamiento Clásico), Sechenov o Betcherev (Reflejos) o de psicólogos experimentales como Watson y Thorndike, sus trabajos comprendían rigurosos estudios de experimentación animal con los que intentaban llegar a encontrar las bases científicas para poder explicar la conducta humana [3].

El aprendizaje continúa ocupando un papel central en la modificación conductual contemporánea. Existen tres tipos de aprendizaje que se consideran importantes para el desarrollo o modificación de la conducta. Los condicionamientos clásico (o respondiente) y operante. El tercer tipo de aprendizaje que ha sido importante se conoce como Vicario (observacional) o modelamiento. Bandura (1965) demostró la importancia de las consecuencias de las respuestas mediante el aprendizaje conductual que se conoce como vicario (observacional) o modelamiento. Este sucede cuando un individuo observa a otra persona involucrada en una conducta particular [4].

Bandura relaciona con las teorías del aprendizaje de Vygotsky y Lave que en sus teorías comprenden aspectos del aprendizaje cognitivo y conductual. El aprendizaje conductual presupone que el entorno de las personas causa que éstas se comporten de una manera determinada. El aprendizaje cognitivo presupone que los factores psicológicos son importantes influencias en las conductas de las personas. El aprendizaje social sugiere que una combinación de factores del entorno (sociales) y psicológicos influyen en la conducta. La teoría del aprendizaje social señala tres requisitos para que las personas aprendan y modelen su comportamiento: retención (recordar lo que uno ha observado), reproducción (habilidad de reproducir la conducta) y motivación (una buena razón) para querer adoptar esa conducta. Los enfoques del aprendizaje social enfatizan los múltiples tipos de influencia sobre las conductas que ocurren en el contexto del desarrollo social y proporcionan un marco desde el cual se puede explicar la conducta en general [5].

El enfoque actual hacia el cambio conductual en escenarios aplicados es más que una extensión de principios específicos. Se dirige hacia el análisis conductual aplicado. El punto focal del análisis conductual aplicado está en las conductas clínica o socialmente relevantes en áreas como los trastornos psicológicos y psiquiátricos, educación, rehabilitación, medicina, negocios e industria [6].

El análisis conductual aplicado, a diferencia de otras áreas dentro de la modificación de la conducta, a menudo se denomina como conductismo radical. Se le considera así debido a que su punto focal está exclusivamente en la conducta abierta en lugar de en estados subjetivos (afecto) y pensamientos (cognición) [7]. Ante la necesidad de modificar y mejorar ciertas conductas que amenazan a la formación integral del estudiante en la División Académica de Ingeniería (caso de estudio a tratar en la investigación Ingeniería Civil), fue necesario implementar estrategias que coadyuvaran a mejorar el comportamiento.

### III. OBJETIVOS Y METAS

Diagnosticar las actitudes que dañan la trayectoria académica de los estudiantes de Ingeniería Civil, transfiriéndoles las herramientas conductuales necesarias para su crecimiento educativo.

#### *Objetivo específicos:*

- Diseñar una propuesta de herramientas conductuales que incrementen el crecimiento educativo de los estudiantes de Ingeniería Civil.
- Sensibilizar a los estudiantes mediante Talleres Vivenciales y otros medios sobre la importancia de las herramientas conductuales.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

#### *4.1. Materiales y equipo*

Para la realización de los Talleres Vivenciales se utilizaron los siguientes materiales y mobiliario:

- 20 Sillas
- 2 Sofás
- 1 Mesa
- 4 Papeles Bond
- Plumones
- 10 Velas aromáticas
- Vasijas de plástico
- Palillos
- Arena
- Pasta de codos
- Pan dulce
- Zanahoria en trozos
- Crema
- 1 Proyector de acetatos
- 1 Reproductor de CD
- Bocinas
- Etiquetas de identificación

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

Se solicitó a los alumnos traer el siguiente material e indumentaria:

- Pantalón deportivo
- Playera holgada
- Zapatos deportivos o cómodos
- 1 Toalla Grande
- 1 Toalla Pequeña

### 4.2. Metodología

Para este proyecto, se utilizó la metodología cualitativa, que es muy utilizada en investigaciones educativas por ser un enfoque flexible y multidisciplinar, ya que permite observar y participar directamente en donde se origina el problema, y definir estrategias para subsanarlo.

Este método requiere un profundo entendimiento del comportamiento humano y las razones que lo gobiernan, busca explicar las razones de los diferentes aspectos de tal comportamiento. En otras palabras, investiga el por qué y el cómo se tomó una decisión. Se basa en la toma de muestras pequeñas, esto es la observación de grupos de población reducidos, como salas de clase, etc. La muestra sobre la cual se realizó el diagnóstico fue pequeña, solamente los grupos conformados por estudiantes de los primeros semestres de la carrera de Ingeniería Civil.

Se evaluaron cuidadosamente las conductas a modificar, hasta alcanzar la conducta deseada, mediante la observación directa de cómo se desenvuelve el estudiante en la escuela; en algunos casos fue necesario realizar entrevistas para obtener información de personas significativas como sus padres o compañeros. Para tener la certeza de que las metas y medios para alcanzarlas estaban bien especificados, antes del diagnóstico se efectuó una cuidadosa evaluación para identificar cuál era la problemática que afecta a los estudiantes y a otras personas, y las circunstancias en las que surgió. El instrumento metodológico a utilizar fue la aplicación de dos Test para detectar y diagnosticar las actitudes desadaptativas que inciden en la deserción escolar, baja temporal y baja por asignatura y que perjudican el crecimiento educativo del estudiante de Ingeniería Civil.

Elaborado el diagnóstico, se procedió a elaborar la propuesta, en la cual se diseñaron las estrategias y se seleccionaron las técnicas requeridas para la transferencia de las herramientas que permiten modificar la conducta de los estudiantes, y que coadyuvarán a la adaptación del estudiante para continuar sin mayores problemas su trayectoria académica.

El aprendizaje fue el medio para que los alumnos manifestaran las conductas deseadas, mediante los Talleres Vivenciales, donde se trabajó con grupos focales, a través de la aplicación de dinámicas y técnicas de modificación de conducta. La Evaluación de los efectos de los Talleres Vivenciales permitió determinar si los resultados obtenidos eran los deseados, rebasando las expectativas de las metas planteadas. La valoración permitió medir las conductas de interés específicas y la evaluación del progreso de los estudiantes. La información obtenida durante este



proceso resultó óptima para medir y rediseñar la propuesta para la transferencia de nuevas herramientas que permitan una real modificación del comportamiento de los estudiantes de Ingeniería Civil.

### ***Relevancia del caso de estudio***

La importancia de este caso de estudio radicó en detectar mediante un diagnóstico previo, las actitudes que impactaban negativamente la trayectoria académica de los estudiantes de Ingeniería Civil y se contribuyó mediante la transferencia de herramientas conductuales para el fortalecimiento de su crecimiento académico. A la fecha no se contaba con estudios previos en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura que aportaran la identificación de conductas y estrategias implementadas y el uso de herramientas conductuales para modificar el comportamiento de los estudiantes de Ingeniería Civil.

Los resultados obtenidos nos permitieron un panorama más amplio de aquellas actitudes conductuales que habían permanecido sin ser estudiadas anteriormente y que eran susceptibles de ser modificadas mediante la transferencia de las herramientas conductuales y ya probada su efectividad poder aplicarse en otras carreras de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura.

Nos permitió conocer la incidencia sobre los indicadores tales como los índices de deserción, bajas temporales y bajas de asignaturas.

### ***Problemáticas detectadas en los estudiantes de Ingeniería Civil***

Actualmente los estudiantes de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura presentaban una variedad de problemáticas que impactaban negativamente su rendimiento académico, manifestándose actitudes, tales como: apatía, dificultad para comunicarse, uso de lenguaje inadecuado para expresarse, violencia, falta de valores morales, que representaban un obstáculo en su crecimiento educativo.

### ***Actividades realizadas para la consecución de las metas***

#### ***Diagnóstico, descripción de las pruebas aplicadas***

Técnica de la Figura Humana de Karen M. Machkover. [Juan Ma. Escribano, 1976]

En esta técnica se aprecia un análisis profundo de la vivencia proyectada, con las implicaciones psicológicas que arrastra, se puede con toda seriedad deducir su personalidad sin temor a equivocarse. Un esquema corporal es siempre la expresión de un yo y de una personalidad rodeada de un medio ambiente e inmersa y afectada por el mundo. Una expresión no puede divorciarse de lo que expresa. La imagen del cuerpo es el reflejo de todo lo que el sujeto ha vivido en sus relaciones con lo que le rodea.

Cuando se dibuja la imagen corporal se refleja la tendencia vital total, determinada por una combinación de factores culturales, de entrenamiento personal y psicodinámicos [8].

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

Todo dibujo tiene una historia organizada y dinámica de la que surgió, y los pensamientos y sentimientos inconscientes, en el sentido psicoanalítico de la palabra no estarán ausentes en la construcción de esa historia [9].

Es por tanto la imagen corporal una síntesis viviente, en cualquier momento, de nuestras experiencias emocionales, vividas a través de nuestro cuerpo. De ahí que el dibujo llevará la marca de la vida emocional. Y aunque el esquema corporal es algo variable, dinámico y en continuo desarrollo, siempre la persona humana se encuentra atada y ligada por su imagen corporal, y en consecuencia, su evidente tendencia a una estabilidad relativa de la misma [10].

Esta técnica refleja sus relaciones con los demás, la vida social, y cultural. No distingue edad, educación, estado mental o medio cultural. [11]

El dibujo de la figura humana puede ser una proyección de:

- La imagen corporal, o el concepto de sí mismo.
- Las cualidades que pertenecen al propio sujeto, proyectadas con frecuencia simbólicamente
- Las actitudes hacia otra persona en el medio ambiente
- La imagen del yo ideal
- Los patrones de hábitos
- Efectos de circunstancias exteriores
- Tono emocional y expresión del estado de ánimo
- Las actitudes hacia la vida y la sociedad en general
- Tensiones emocionales conflictos
- Experiencia o modo organizativo
- Los impulsos
- Ansiedades
- Compensaciones

### BASC-2

Sistema de Evaluación del Comportamiento para Niños - 2 (BASC-2), una revisión de la BASC [Reynolds y Kamphaus, 1992], se describe como un multimétodo y evaluación multidimensional. La primera edición de la herramienta se diseñó para evaluar los problemas psicológicos en niños y adolescentes de edades comprendidas entre los 2,5 y los 18 años (Reynolds y Kamphaus, 1992) [12].

De acuerdo con Reynolds y Kamphaus (2004), el BASC-2 también está diseñado para evaluar diversos aspectos del comportamiento y de la personalidad, incluyendo positivo (adaptativa), así como negativo (clínica) dimensiones.

El BASC-2 también es útil para la evaluación de los niños, adolescentes y adultos jóvenes, de dos a veinticinco (Reynolds y Kamphaus, 2004) [13]. A fin de reunir los datos adecuados de evaluación, esta herramienta utiliza varios componentes para medir múltiples dimensiones del niño.

### **Metas alcanzadas en el caso de estudio**

- Se aplicó un Test para el diagnóstico de las actitudes del estudiante.
- Se obtuvieron los patrones de conductas negativas a modificar.
- Se diseñó y estructuró un programa completo para el Taller Vivencial.
- Se realizaron cuatro Talleres Vivenciales para sensibilizar a los estudiantes sobre las herramientas conductuales.
- Mediante una campaña se difundieron los beneficios que aportan las herramientas conductuales en el crecimiento educativo.
- Se difundieron los resultados obtenidos durante el proceso de sensibilización mediante la elaboración de un folleto y un cartel.

## **V. RESULTADOS**

Las pruebas proyectivas, arrojaron las siguientes tendencias, mismas que fueron categorizadas para integrar el Taller Vivencial:

- Autoestima baja.
- Problemas con las figuras paternas.
- Perturbación sexual.
- Agresividad física, verbal y contenida.
- Infantilismo.
- Apego al pasado.
- Narcisismo o reconocimiento de la persona.
- Egocentrismo.
- Autoerotismo.
- Problemas con la autoridad.
- Precocidad.
- Timidez.
- Necesidad de dependencia fraternal o maternal.
- Fantasías.
- Preocupación por lo que digan o hablen las demás personas de él o ella.
- Paranoia.

## **VI. DISCUSIÓN**

Un 87% de las pruebas realizadas arrojaron casi las mismas tendencias de conducta debido a la etapa en la que se encuentran, es decir, están vulnerables en su actitud ya que en esta etapa es donde se van identificando con los demás compañeros y así mismo empiezan a acoplarse y adaptarse a esta nueva faceta. Se detectaron algunos casos especiales, por ejemplo, ideaciones suicidas, precocidad, y algunos detalles en el ámbito sexual; estos resultados quedaron plasmados en las pruebas que se revisaron, y los casos especiales detectados fueron ubicados para recibir la ayuda adecuada.

### *Descripción psicológica de los estudiantes (Hombres y Mujeres)*

En primer lugar la mayoría de ellos arrojó agresividad contenida por el ambiente en el que se encuentran: Ideación Suicida, pues los rasgos que presentaron fueron de baja autoestima, aunado con depresión. Minimizan a la figura femenina, ya que se refuerza el egocentrismo de la figura masculina. Hostilidad y compulsividad al ambiente, pues la carencia de alguna figura de autoridad son algunas causas que los orillan a actuar de cierta manera.

## VII. CONCLUSIONES

- Tanto hombres como mujeres, debido a su edad y al ambiente en el cual se desenvuelven presentan conductas desadaptativas.
- Muchas de las conductas desadaptativas que presentan los estudiantes del Programa Educativo de Ingeniería Civil, se debe a la vulnerabilidad en su actitud, ya que apenas empiezan a acoplarse y adaptarse a la nueva faceta como estudiantes universitarios y esta transición les afecta.
- Los Talleres Vivenciales generan un cambio total en los estudiantes creando un clima armónico entre sus compañeros, promoviendo la expresión de sus emociones, la integración del grupo y el activar a través de estos talleres sus sentidos mediante terapia psicológica.

### *Propuestas*

- Que se realice un diagnóstico previo al nuevo ingreso de los estudiantes de Ingeniería Civil.
- Promover a través de los Cursos de Inducción, el Taller Vivencial como medida preventiva para generar conductas adaptativas y suprimir las conductas desadaptativas.
- Dar seguimiento a aquellos alumnos, cuyos casos sean catalogados de prioridad alta en cuanto a la aplicación de terapia psicológica.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] Rodríguez Sacristan Jaime., Párraga Jerónimo., 2a. Edición,1991, Técnicas de Modificación de Conducta. Aplicación a la psicopatología infanto- juvenil y en la educación especial. Tema 3: 41.
- [2] Definición.de. (2016). Definición de conducta — Definicion.de. [online] Available at: <http://definicion.de/conducta/> [Accessed 27 Febrero. 2014].
- [3] Llort, S. (2016). Psicodiagnosic: Psicología infantil y juvenil. [online] Psicodiagnosic.es. Available at:

<http://www.psicodiagnosis.es/areaespecializada/tecnicasdeintervencion/la-modificacion-de-conducta/index.php> [Accessed 22 Febrero. 2014].

- [4] E. Kazdin Alan., Segunda Edición, 1994., Edit. Manual Moderno. Modificación de la conducta y sus aplicaciones prácticas. Capítulo 1. 22-23.
- [5] Miller, N. & Dollard, J. (1941). Social Learning and Imitation. Yale University Press.
- [6] Baer, D. M., Wolf, M.M., & Risley, T.R. (1968). Some current dimensions of applied behavior analysis. Journal of Applied Behavior Analysis I, 91-97.
- [7] Alan E. Kazdin, Segunda Edición. Edit. Manual Moderno. Modificación de la conducta y sus aplicaciones prácticas. Capítulo 1. 24-27.
- [8] Escribano, Jose Ma., Madrid 1976. Manual práctico de valoración. Test de la Figura Humana de Karen M Machover. Tema 2: 2.
- [9] Escribano, Jose Ma., Madrid 1976. Manual práctico de valoración. Test de la Figura Humana de Karen M Machover. Tema 2: 3.
- [10] Escribano, Jose Ma., Madrid 1976. Manual práctico de valoración. Test de la Figura Humana de Karen M Machover. Tema 2: 4.
- [11] Escribano, Jose Ma., Madrid 1976. Manual práctico de valoración. Test de la Figura Humana de Karen M Machover. Tema 2: 5.
- [12] Reynolds, C. R., & Kamphaus, R. W. (1992). Behavior assessment system for children (2nd ed.). Circle Pines, MN: American Guidance Services.
- [13] Reynolds, C. R., & Kamphaus, R. W. (2004). Behavior assessment system for children (2nd ed.). Circle Pines, MN: American Guidance Services.





# **ANÁLISIS DE INYECCIÓN DE ARMÓNICOS EN LA RED ELÉCTRICA DE UNA FUENTE RENOVABLE (PANEL FOTOVOLTAICO)**

**Juan Carlos Yris Pastor  
Luis Manuel López Manrique  
Rufo Martínez Palacios  
Aaron Torres Galmiche  
Javier Vidal Magaña**

## **I. RESUMEN**

En el presente trabajo, se busca realizar unas mediciones eléctricas con equipos flotados, para determinar el cumplimiento de las normas existentes para la iteración de un sistema eléctrico local de CFE y otro propio, sistemas fotovoltaicos, suministrando energía durante el día para la carga trifásica, que está compuesta por tres edificios académicos. Se obtienen el espectro de las señales de voltaje y corriente, aplicando la herramienta del Osciloscopio denominada Transformada Rápida de Fourier. Con los datos correspondientes al espectro de Fourier en dB, se procesan con el programa de EXCEL, luego se comparan en magnitud y son bastante aproximadas, lo que permite ser una herramienta más, en el análisis de la Calidad de Energía Eléctrica.

## **II. INTRODUCCIÓN**

El uso de sistemas fotovoltaicos es una buena alternativa para el ahorro de la energía eléctrica. Sin embargo, estos generan armónicos que son suministrados a la red eléctrica. Un voltaje de armónica es un voltaje senoidal cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental del voltaje de alimentación. En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales: lámparas ahorradoras, hornos de microonda, computadoras, UPS, etc. Estas cargas no lineales, a pesar de estar alimentadas con un voltaje senoidal absorben una corriente no senoidal, haciendo que la corriente quede desfasada un ángulo respecto al voltaje. Para simplificar a la hora de hacer cálculos, se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de corriente que inyectan armónicos en la red.

La investigación de los sistemas de energías verdes a través de los tiempos ha sido una de las preocupaciones, sobre todo los armónicos de los sistemas electrónicos y su comportamiento en las líneas de redes eléctricas. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha utilizado normas para calidad de la energía obligando a las empresas a cumplir con un factor de potencia deseado ya que también provocan unas fluctuaciones en las líneas de transmisión.

### III. OBJETIVOS Y METAS

Evaluar el impacto en la calidad de la energía de los sistemas eléctricos interconectados a fuentes de energía renovables fotovoltaicos y establecer estrategias de análisis de los problemas de calidad existentes.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. *Materiales y equipo*

Para el análisis y captura de datos fue a través de un osciloscopio modelo TPS2014 marca @Tektronix de la serie TPS2000 el cual posee características adecuadas para el muestreo del sistema. Al disponer de cuatro canales aislados, permite tomar más precisas con menos preocupación de dañar los circuitos. Lo importante es tomar señales con medidas flotantes con los instrumentos y sondas adecuadas, ya que el usar equipos inadecuados puede suponer un peligro para la seguridad.

#### 4.2. *Metodología*

*Análisis con osciloscopio aislado y puntas de corriente*

Este proceso permite observar el comportamiento con un instrumento electrónico especializado, de manera que permite graficar, lo cual facilita la observación de la curva de comportamiento del sistema, al igual que los valores máximos y mínimos de los picos de las curvas transitorias del sistema, aparte de otro tipo de cálculos como un análisis de los armónicos con la Transformada Rápida de Fourier, o en inglés Fast Fourier Transform (FFT). La cual nos permite realizar un análisis de calidad de la energía y de comportamiento de los armónicos.

*Análisis con punta de corriente*

Este proceso determina la magnitud, la cantidad de carga en el sistema de distribución y se puede realizar un análisis de calidad de la energía, en donde se observaran las variaciones y se determina los disturbios que puedan afectar este sistema.

#### 4.3. *Marco Teórico*

Potencia activa (P), que es la que se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos. Su unidad de medida es el watts (W).

$$P=U.I \cos \phi =U^2/R \quad (1)$$

Potencia reactiva (Q), que es la potencia que necesitan las bobinas y los condensadores para generar campos magnéticos o eléctricos, pero que no se transforma en trabajo efectivo, sino que fluctúa por la red entre el generador y los receptores. Su unidad de medida es el voltamperio reactivo (VAr). Se calcula como:

$$Q=U*I*\text{Sen} \phi =U^2/X \quad (2)$$

La potencia reactiva es positiva si el receptor es inductivo y negativa si el receptor es capacitivo, coincidiendo en signo con la parte imaginaria de la impedancia.

Potencia aparente (S), es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como la suma vectorial de las potencias activa y reactiva y representa la ocupación total de la instalación debida a la conexión del receptor. Su unidad de medida es el voltamperio (VA). Se calcula como:

$$S=V \cdot I \quad (3)$$

Factor de Potencia (FP), es la relación entre las potencias activa (P) y aparente (S) si las corrientes y tensiones son señales sinusoidales. Si estas son señales perfectamente sinusoidales el factor de potencia será igual al  $\cos \Theta$ , o bien el coseno del ángulo que forman los fasores de la corriente y la tensión, designándose en este caso como  $\cos \Theta$  el valor de dicho ángulo. Se calcula como:

$$FP=P/S=(VI \cos \Theta)/(V I)=\cos \Theta \quad (4)$$

Factor de cresta o de amplitud (FC), Este factor representa la deformación de la onda, relaciona el valor máximo entre el valor eficaz de la señal.

$$FC=V_{\max}/V_{\text{RMS}} \quad (5)$$

#### **Ventanas de FFT**

Hay distintos tipos de ventanas según la aplicación que se vaya a desarrollar. Así, se puede encontrar la ventana Rectangular, la Hanning, la Transitoria, etc.

Son funciones que se aplican a la señal muestreada para poder analizarla.

Cada una de las ventanas enfatizará sobre partes de la señal de cierta manera, obteniéndose así diferentes espectros como resultado. Las ventanas se emplean para que las señales muestreadas cumplan mejor los requisitos de periodicidad de la Transformada de Fourier.

DAT-R Rectangular o Uniforme Se caracteriza porque no realiza ningún tipo de ponderación en el tiempo que dura el registro. Su función de ponderación es la siguiente:

$$W(t)=1, 0 \leq t \leq T \quad (6)$$

Se emplea para analizar transitorios de duración menor que el tiempo de registro T. Debido a su forma, todas las partes de la señal dentro del rango de frecuencias del filtro reciben el mismo valor que se mide, ya que no se hace ningún tipo de ponderación. En el dominio de la frecuencia el ancho de banda de la señal es mayor que el de los filtros, ya que la señal es menor que T, y por tanto las características de los filtros no tendrán influencia en los espectros calculados de la señal transitoria.

DAT-H Hanning Se caracteriza porque realiza una ponderación que da menor importancia a los datos tomados al principio y al final del muestreo. Su función de ponderación se puede expresar con la siguiente fórmula:

$$W(t)=1-\cos(2t\pi/T)=2\text{sen}^2 (t\pi/T),,0 \leq t \leq T \quad (7)$$

Esta ventana es la suma de una ventana rectangular y otra con igual amplitud y forma de coseno. También puede ser descrita como un período de una función seno al cuadrado. En ocasiones también se define como una función coseno al cuadrado si la ventana.

Comienza para un valor de  $t=T/2$

DAT-F Flat Top su función de ponderación tiene la siguiente expresión:

$$W(t)=1-1.93\cos(2t\pi/T)+1.29\cos(4t\pi/T)-0.388\cos(6t\pi/T)+0.0322\cos(8t\pi/T)... \quad (8)$$

Presenta un factor de rizado y un error en la medida de amplitudes en frecuencia despreciables. No tiene una selectividad tan buena como la ventana anterior. Esta ventana se ha diseñado para propósitos de calibración principalmente, aunque para la mayoría de las aplicaciones es preferible usar la ventana Hanning. Es excelente para determinar amplitudes pero muy mala para obtener cierta resolución en frecuencia con señales periódicas. Sí es efectiva en la medida de amplitudes cuando las componentes en frecuencia de la señal están separadas varias líneas (al menos cinco o seis). No se recomienda su uso para señales aleatorias ni transitorias.

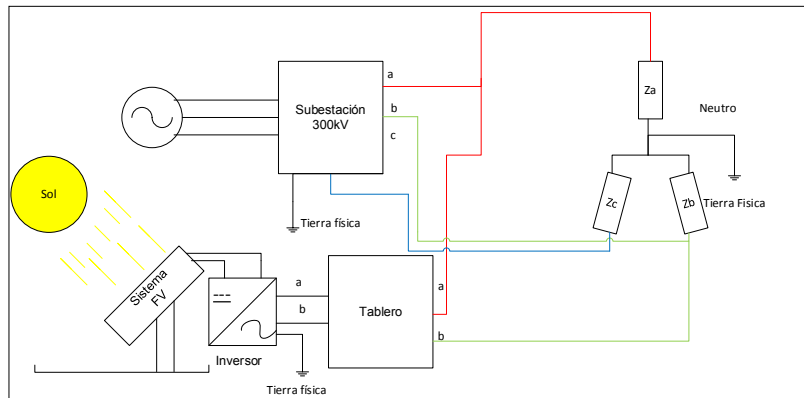
## V. RESULTADOS

En sistema eléctrico de potencia evaluados, ver Figura 1, está compuesto por los siguientes elementos: sistema Fotovoltaico (FV) de 4.5kWF, un inversor bifásico, un tablero de carga, una subestación tipo jardín de 300kVA y una carga trifásica que alimenta a tres edificios.

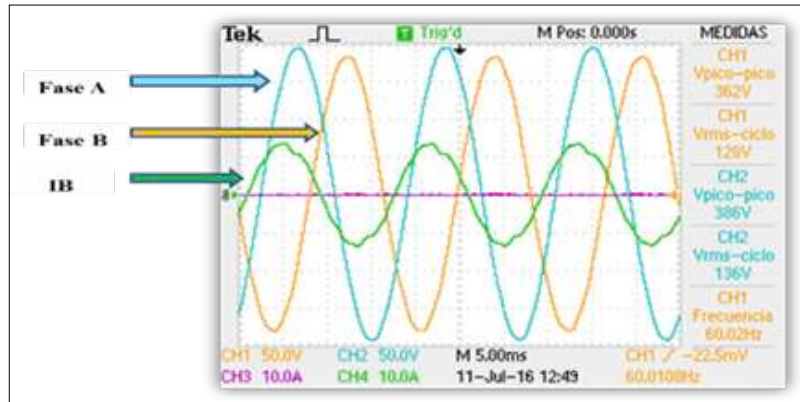


Sistema fotovoltaicos instalado en la DAIA-UJAT y conectado a la red eléctrica.

Al tablero de carga llegan dos suministros de energía: 1) suministro trifásico de CFE y 2) suministro bifásico del Sistema Fotovoltaico (FV). Se observa en la Figura 2, las conexiones eléctricas plenamente identificadas como sigue: fase “A” color rojo, fase “B” color verde, fase “C” color azul; Colocados las tres fases en una carga tipo estrella teniendo toda la carga un neutro común.



Representación visual del sistema FV caso de estudio.



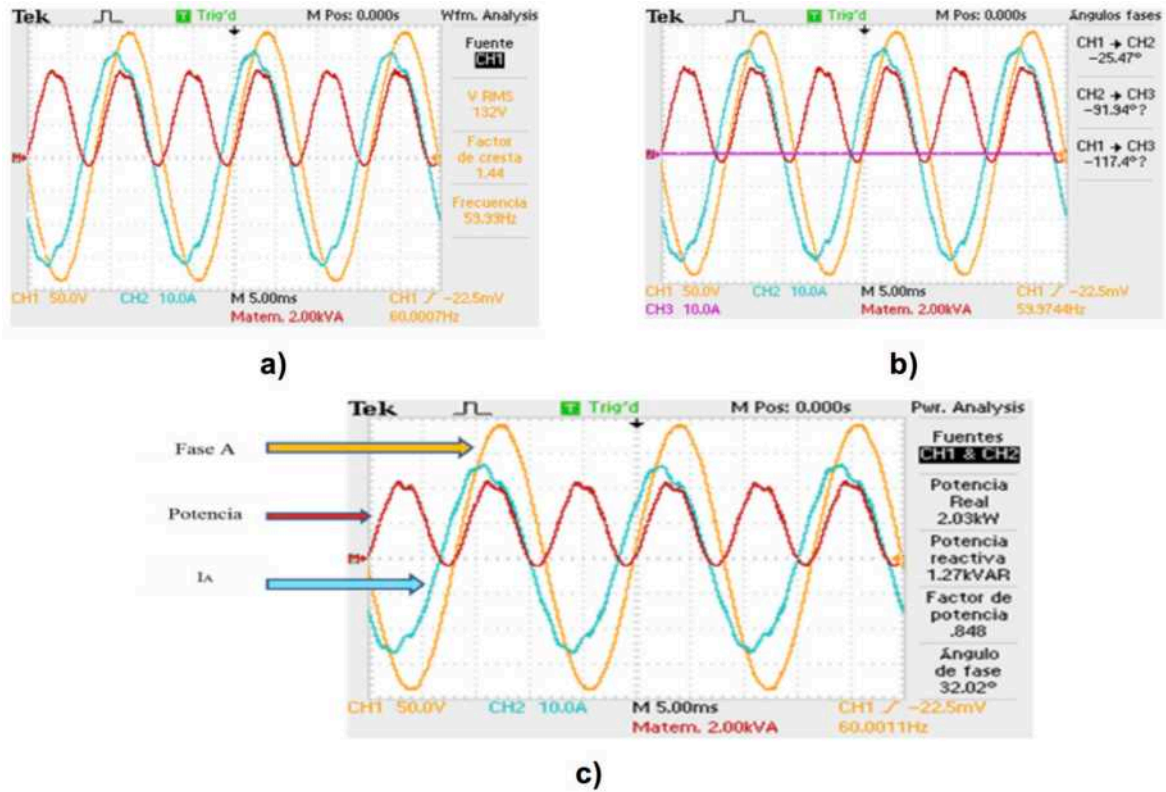
Señales de voltaje y corriente (fase A y B).

En la Figura 3, se muestran las señales obtenidas de las fases A y B del sistema fotovoltaico, al igual que la corriente generada. El punto de estudio de las mediciones es la fase A y B, se deberán realizar las mediciones independientemente para poder obtener los datos específicos de cada una de las fases.

En la Figura 4, se observan las señales obtenidas de la fase A en el osciloscopio indicando: a) El valor de voltaje RMS y Factor de Cresta de voltaje, al igual que una señal de color rojo indicando la potencia de la fase. b) El desfase entre cada una de las señales y c) La Potencia Real y Reactiva, Factor de Potencia y el Ángulo de fase  $\theta$ .

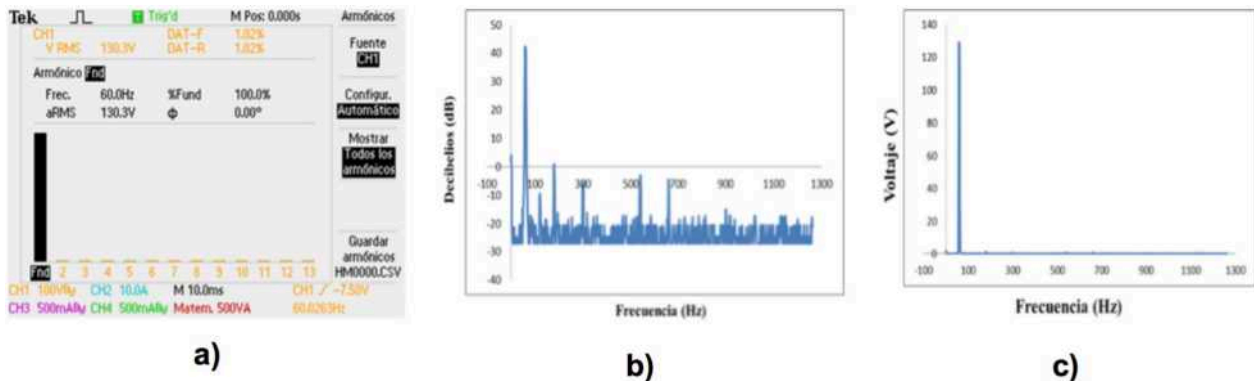


## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS



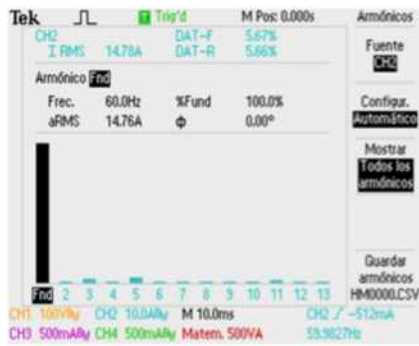
Análisis de señales en la Fase A: a) voltaje RMS y Factor de Cresta, b) desfase entre las señales y c) Potencias Real, Potencia Reactiva, F.P. y ángulo.

Ahora uno de los puntos principales de este estudio, es el análisis de los armónicos. Se toman los datos de los armónicos en la fase A de corriente mostrado en la figura 5, respectivamente. En la cual se observa que hay más presencia de armónicos. Se obtiene el espectro de los armónicos realizada en Excel, ver figura 5c, para comprobar los datos obtenidos en el osciloscopio, Resultando el mismo tipo de señal mostrado en la figura 5a que muestran los armónicos corregidos mostrando. El mismo criterio de aplica a los armónicos de voltajes, mostrados en la figura 6.

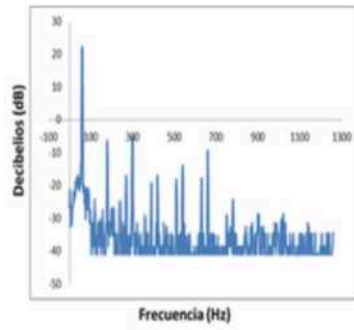


Espectro de Fourier de corriente CH1 (Fase A): a) Espectro de Fourier, b) Transformada Rápida de Fourier (FFT) en dB y c) FFT en magnitud.

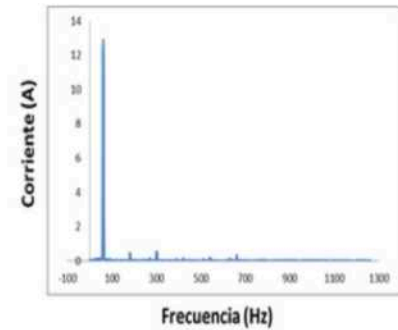




a)



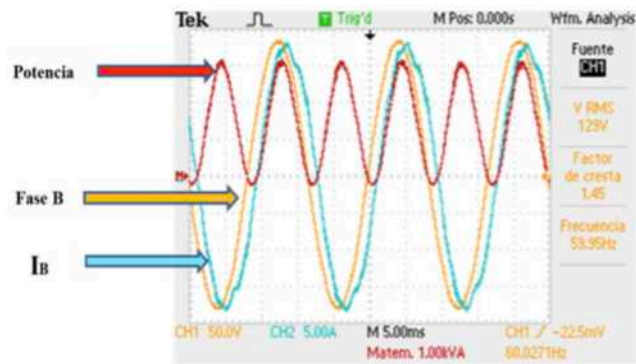
b)



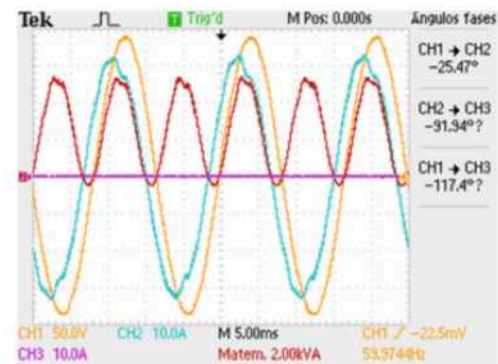
c)

Espectro de Fourier de voltaje CH2 (Fase A): a): Espectro de Fourier, b) Transformada Rápida de Fourier (FFT) en dB y c): FFT en magnitud

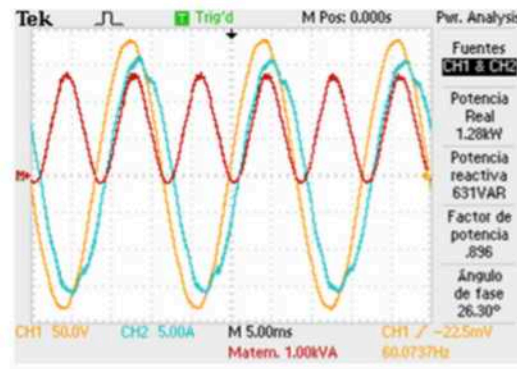
Ahora en la figura 7, se observan las señales obtenidas de la fase B en el osciloscopio indicando: a) El valor de voltaje RMS y Factor de Cresta de voltaje, al igual que una señal de color rojo indicando la potencia de la fase b) El desfase entre cada una de las señales y c) La Potencia Real y Reactiva, Factor de Potencia y el Ángulo de fase  $\Theta$ .



a)



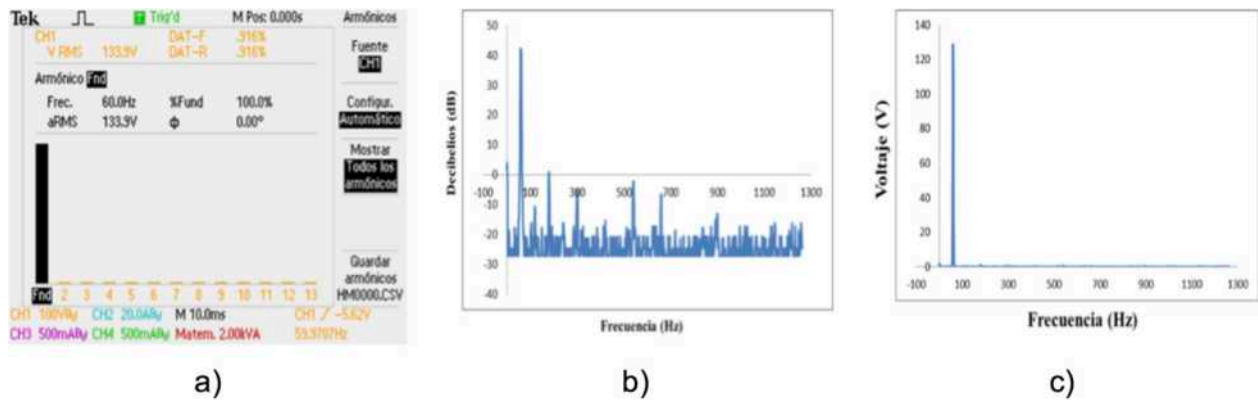
b)



c)

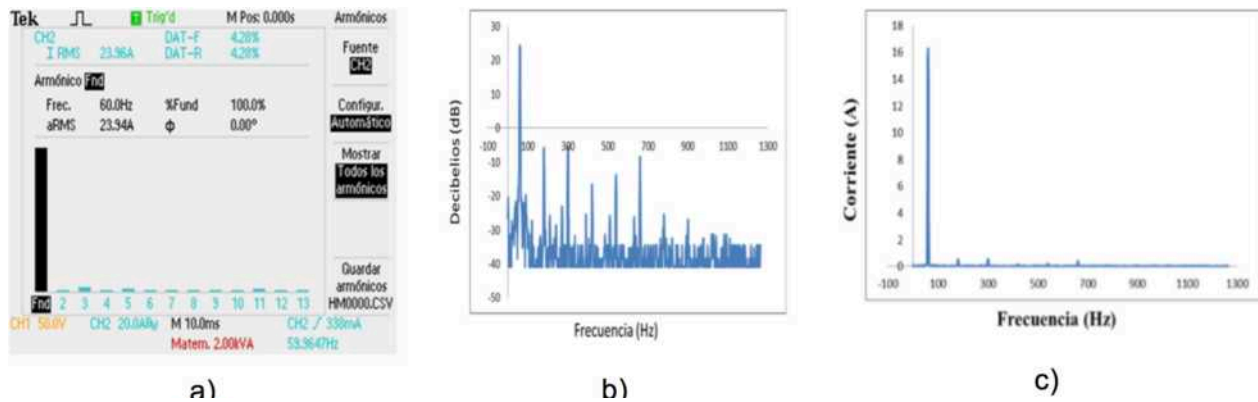
Análisis de señales en la Fase A: a): voltaje RMS y Factor de Cresta, b): desfase entre las señales y c): Potencias Real, Potencia Reactiva, F.P. y ángulo

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS



Espectro de Fourier de corriente CH1 (Fase B): a): Espectro de Fourier, b): Transformada Rápida de Fourier (FFT) en dB y c): FFT en magnitud.

Ahora se toman los datos de los armónicos en la fase B de corriente mostrado en la figura 8, respectivamente. En la cual se observa que hay más presencia de armónicos. Se obtiene el espectro de los armónicos realizada en Excel, ver figura 8c, para comprobar los datos obtenidos en el osciloscopio, Resultando el mismo tipo de señal mostrado en la figura 8a que muestran los armónicos corregidos. El mismo criterio de aplica a los armónicos de voltajes, mostrados en la figura 9.



Espectro de Fourier de voltaje CH2 (Fase B): a): Espectro de Fourier, b): Transformada Rápida de Fourier (FFT) en dB y c): FFT en magnitud.

Concepto	Fase A		Fase B	
	Voltaje	Corriente	Voltaje	Corriente
<b>DAT- F (%)</b>	<b>1.02</b>	<b>5.67</b>	<b>0.916</b>	<b>4.28</b>
<b>DAT-R (%)</b>	<b>1.02</b>	<b>5.66</b>	<b>0.916</b>	<b>4.28</b>
<b>Magnitudes</b>	<b>130.30 V</b>	<b>14.76 A</b>	<b>133.90 V</b>	<b>23.94 A</b>
<b>Factor de cresta</b>	<b>1.44</b>		<b>1.45</b>	
<b>Potencia Real (kW)</b>	<b>2.03</b>		<b>1.28</b>	
<b>Potencia Reactiva (kVAR)</b>	<b>1.27</b>		<b>.631</b>	
<b>Angulo de Desfase</b>	<b>32.02°</b>		<b>26.30°</b>	
<b>Factor de potencia</b>	<b>.848</b>		<b>.896</b>	

Resumen de variables evaluadas.

## VI. DISCUSIÓN

Como se presenta en el documento, los armónicos de corrientes son más que los armónicos producidos por el voltaje del instrumento, cual produce una distorsión en los picos de corrientes ambas fases por lo que el inversor siendo un dispositivo de calidad intenta manipular la señal lo más aproximado a la señal de corriente alterna que le es posible, pero debido a las variaciones del flujo de corriente por la radiación luminosa el incremento del amperaje de la señal aumentan y bajan si mantenerse 100% constante.

Siendo los paneles fotovoltaicos una de las opciones que no se pueden manipular ni obtener el 100% la energía capturada por las placas de silicio, los armónicos varían y producen una inestabilidad en el sistemas más sin embargo estas mediciones se tomaron en un día que había nubosidad y no las mediciones pudieron variar debido a este no se tomó en un rendimiento mejor. El análisis de estos sistemas fotovoltaicos de mediana escala, puedan extrapolarse para comparar resultados con un sistema de gran tamaño y futuras investigaciones.

## VII. CONCLUSIONES

En los datos obtenidos se puede mostrar que pese al grado de señal obtenida a través del equipo, este es aislado de las líneas y tierra, igual se logra visualizar pérdidas y armónicos sin que el aparato se vea afectado mientras se realizan las pruebas. La inyección de energía al sistema también provoca la generación de armónicos en la línea de carga los cuales pueden ser pequeños pero al igual se producen, y no se han tomados medidas pertinentes para la eliminación o corrección de estos.

Tomando los valores de la tabla 1, se observa que se puede tomar entre fases el factor de potencia el cual varía alrededor de 0.8, siendo un a diferencia de decimas de unidad. La Potencia Real y la Potencia Reactiva entre fases se encuentran en una diferencia notoria, los Factores de Cresta de ambas fases se encuentran en valores muy aproximados, mostrando similitudes.

## VIII. REFERENCIAS

(Horikoshi, I. (2009). Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red).

[http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/normas\\_y\\_nmx](http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/normas_y_nmx). [1/08/2016 17:30hrs -05GMT]

<http://www2.tek.com/cmswpt/psdetails.lotr?cs=psu&ci=13304&lc=ES-MX> [1/08/2016 18:00hrs -05GMT]

F II, I. (1993). IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems.



# **MÉTODO ALTERNO DE ANALISIS DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA DE UNA SUBESTACION TIPO JARDIN: FACTOR DE POTENCIA**

**Juan Carlos Yris Pastor  
Luis Manuel López Manrique  
José Armando Olmos López  
Aaron Torres Galmiche  
Javier Vidal Magaña**

## **I. RESUMEN**

Al proceso de reducir o elevar el voltaje en un sistema eléctrico se le llama “transformación”. El presente trabajo aborda el análisis de la calidad de la energía eléctrica de una subestación a partir del transformador en el lado de baja, la cual alimenta las diversas cargas existentes: lámparas, computadoras, aire acondicionado, equipos especiales, etc. Se abordan algunos conceptos de la calidad de la energía eléctrica “POWER QUALITY”, aplicables en este caso. Existen en el mercado diversos equipos para medir la calidad de energía cuyo precio es elevado. En el presente estudio se seleccionó un equipo básico que consiste en un Osciloscopio Digital TDS 220. Con el propósito de establecer un criterio de análisis para obtener el factor de potencia (FP) y factor de cresta (FC). Como primera alternativa, a partir de la medición directa de las señales de voltaje y corriente en función del tiempo  $f(t)$ , se determina los ángulos de desfase del sistema eléctrico. Como segunda opción analizada es el plano XY, a partir de las Figuras de Lissajous se obtiene el ángulo en cuestión. Por último, se comparan los resultados obtenidos y se concluye las bondades de uno y otro método.

## **II. INTRODUCCIÓN**

La CFE (Comisión Federal de Electricidad) ha utilizado normas para calidad de la energía obligando a las empresas y cumplir con un factor de potencia deseado ya que también provocan unas fluctuaciones en las líneas de transmisión, pero en los sistemas de generadores no se ha tomado el análisis de los grados de alteración de los cargas. Por lo anterior, es importante medir las condiciones de operación de un sistema eléctrico de potencia, con el propósito de establecer medidas correctivas en caso de ameritarlo o proponerlas, para que posteriormente en otra investigación corregirlas en el sistema; pero el análisis que se estableció se encuentran los detalles del sistema de potencia.

### III. OBJETIVOS

Evaluar el alcance de un método alternativo para calcular el factor de potencia a partir de una Figura de Lissajous, para medir el ángulo de desfase de las señales de voltaje y corriente en un sistema trifásico desbalanceado con cargas lineales y electrónicas.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Equipo empleado

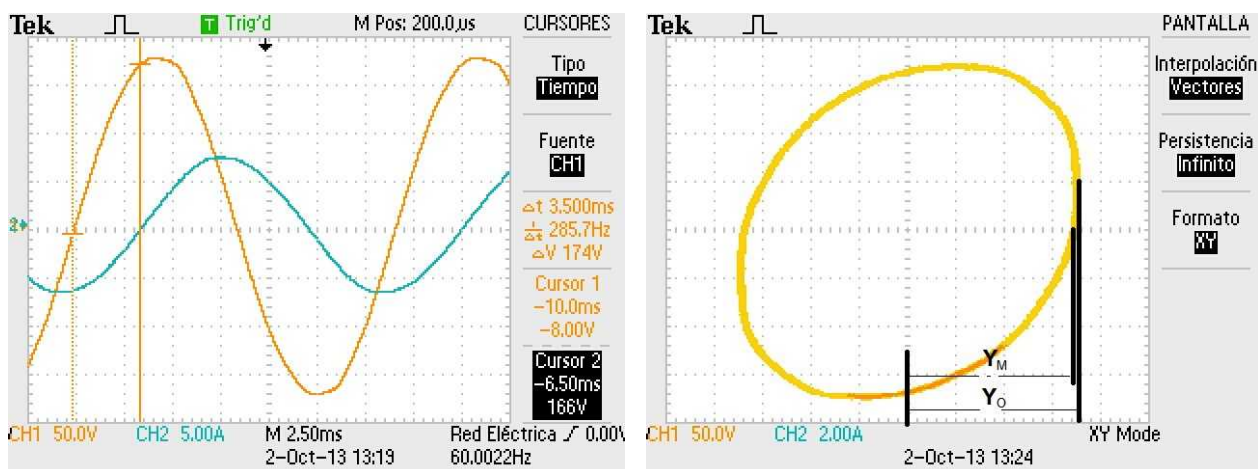
Para el análisis y captura de datos fue con de un Osciloscopio Digital modelo TDS2012C marca Tektronix, el cual pose características adecuadas para el muestreo del sistema; una Punta Diferencial TA041 marca PICO y una Punta de Corriente CA SD661 marca Tektronic.

#### 4.2. Metodología

Los métodos que se ocuparon para realizar este análisis en las terminales de la subestación fueron los siguientes:

##### *Análisis con osciloscopio aislado y puntas de corriente*

Este proceso permite observar el comportamiento de las señales con un instrumento electrónico especializado, de manera que permite graficar, lo cual facilita la observación de la curva de comportamiento del sistema, al igual que los valores máximos y mínimos del picos de los transitorios del sistema, como se muestra en la Figura 1a.



Medición del ángulo de desfase: a) en función del tiempo  $f(t)$  y b) Plano XY.

- Análisis con punta de corriente. Este proceso determina la magnitud, la cantidad de carga en el sistema de distribución al igual se puede observar el análisis de calidad de la energía del sistema, en donde se observaran las variaciones y se puede tener un tipo de disturbio, el cual pueda afectar este sistema.



- Análisis gráfico. Suma de valores de corrientes por fase para obtener el valor de corriente del neutro (o aproximado).
- Análisis de Figuras de Lissajous. Este método nos permite analizar las gráficas de formato XY .Se muestra un ejemplo del análisis de la gráfica en la Figura. 1b.

Método 1- Plano f (t) grafico	Método 2-Plano XY Figuras de Lissajous
<p><b>Datos:</b></p> <p>F= 60Hz</p> <p>T= 1/f = 16.66ms</p> <p><b>Conversión:</b></p> <p>16.66 ms ----- 360°</p> <p>3.5 ms ----- ?</p> <p><b>Entonces:</b></p> <p>Angulo = 75.63°</p>	<p><b>Datos:</b></p> <p>Y<sub>M</sub>= 3.5</p> <p>Y<sub>O</sub>= 3.6</p> <p><b>Formula:</b></p> <p>Angulo de desfaseamiento = Arc. Sen (Y<sub>M</sub>/Y<sub>O</sub>)</p> <p><b>Sustituyendo:</b></p> <p>= Arc. Sen (3.50 / 3.60)</p> <p><b>Entonces:</b></p> <p>Angulo = 76.46°</p>

Comparación de los dos métodos depara determinar el ángulo de desfaseamiento, ejemplo Figura 1.

#### 4.3. Marco Teórico

Potencia activa (P), que es la que se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos. Su unidad de medida en el watts (W).

$$P=U.I \cos \Theta =U^2/R \quad (1)$$

Potencia reactiva (Q), que es la potencia que necesitan las bobinas y los condensadores para generar campos magnéticos o eléctricos, pero que no se transforma en trabajo efectivo, sino que fluctúa por la red entre el generador y los receptores. Su unidad de medida es el voltamperio reactivo (VAr). Se calcula como:

$$Q=U*I*\text{Sen } \Theta =U^2/X \quad (2)$$

La potencia reactiva es positiva si el receptor es inductivo y negativa si el receptor es capacitivo, coincidiendo en signo con la parte imaginaria de la impedancia.

Potencia aparente (S), es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como la suma vectorial

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

de las potencias activa y reactiva y representa la ocupación total de la instalación debida a la conexión del receptor. Su unidad de medida es el voltamperio (VA). Se calcula como:

$$S = V * I \quad (3)$$

Factor de Potencia (FP), es la relación entre las potencias activa (P) y aparente (S) si las corrientes y tensiones son señales sinusoidales. Si estas son señales perfectamente sinusoidales el factor de potencia será igual al  $\cos \phi$ , o bien el coseno del ángulo que forman los fasores de la corriente y la tensión, designándose en este caso como  $\cos \Theta$  el valor de dicho ángulo. Se calcula como:

$$FP = P/S = (VI \cos \Theta) / (V I) = \cos \Theta \quad (4)$$

Factor de cresta o de amplitud (FC), Este factor representa la deformación de la onda, relaciona el valor máximo entre el valor eficaz de la señal.

$$FC = V_{\max} / V_{\text{RMS}} \quad (5)$$

Voltajes fasoriales, presenta los ángulos apropiados que debe tener una línea trifásica, ver la Figura 2.

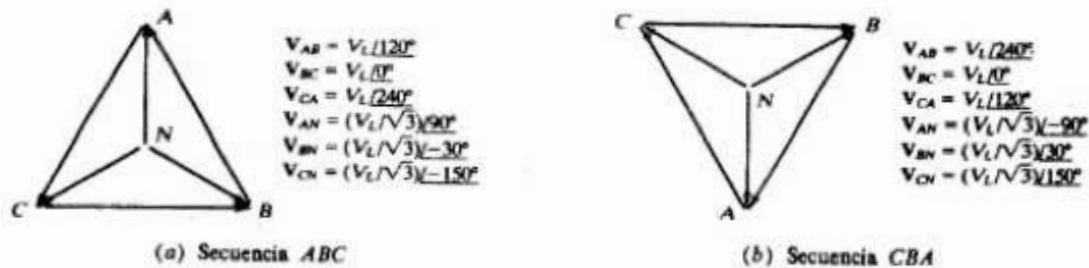
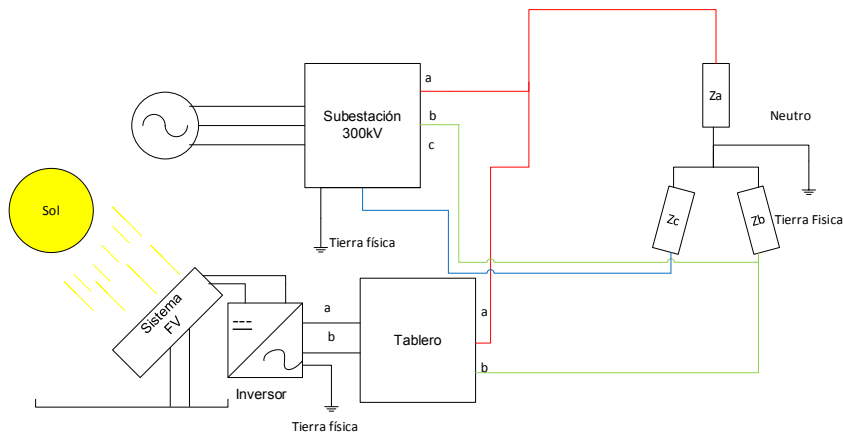


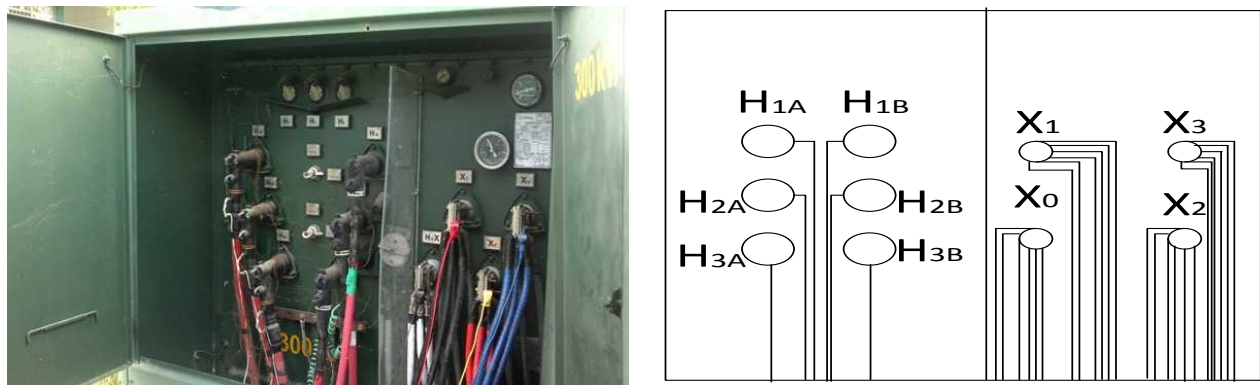
Diagrama fasorial y secuencia existente en un sistema trifásico.



Representación visual de la red eléctrica globalizada

V. RESULTADOS

En la Figura 3, se presenta el sistema completo a analizar, mostrando que es una red eléctrica compleja, la cual contiene no solo la alimentación dada desde media tensión proporcionada por CFE, sino que también se encuentra un red de un sistema fotovoltaico, suministrando energía en forma de corriente cercano en su forma a una señal alterna, provocando con ello comportamiento de las líneas sea alterado.



Subestación tipo pedestal de 300 KVA:  
a) foto exterior y b) representación visual de conexión de los seis circuitos por terminal.

En la Figura. 4 Se muestra la estructura de la subestación las cuales se puede ver en las terminales del lado izquierdo marcadas con H son las terminales que vienen de media tensión hasta la subestación y del lado derecho X0, = Neutro, X1,= Fase a, X2,= Fase b, X3 = Fase C; son las que están conectadas a las líneas de carga y siendo estas últimas las que se analizaran. Se procedió a analizar cada una de las terminales correspondientes fase a, fase b, fase c y neutro. Cada una compuesta por seis circuitos independientes. Se analizó las señales de voltaje y corriente en función del tiempo, ver las Figura. 5 -51 (numero impares solamente), para luego estimar el ángulo de desfase. De manera diferente en el Plano XY para cada circuito del sistema eléctrico de potencia se calculó el ángulo de desfase, como se muestra en las Figuras 6 - 52 (números pares solamente).

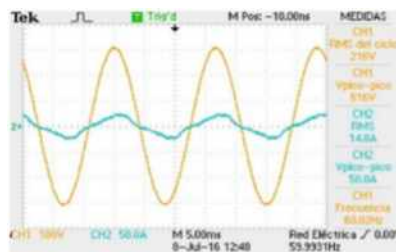


Figura 5- Voltaje y corriente de línea (Vab, Ia1)

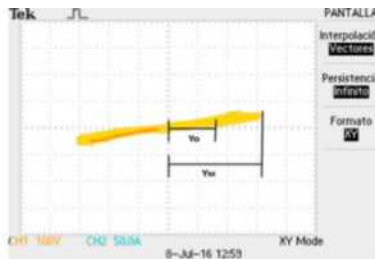


Figura 6- Plano XY (Vab, Ia1)

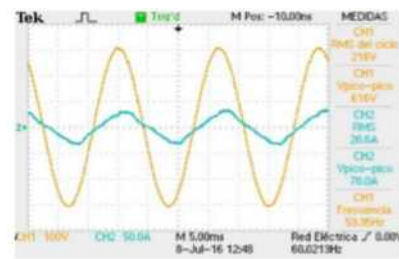


Figura 7-Voltaje y corriente de línea (Vab, Ia2)

LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

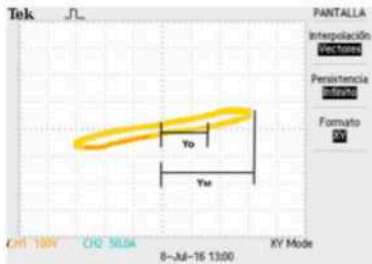


Figura 8- Plano XY ( $V_{ab}$ ,  $I_{a2}$ )

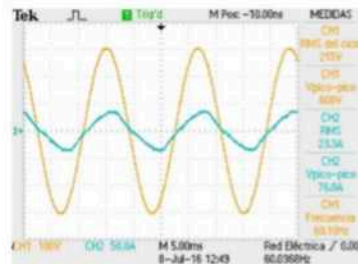


Figura 9-Voltaje línea y corriente de línea ( $V_{ab}$ ,  $I_{a3}$ )

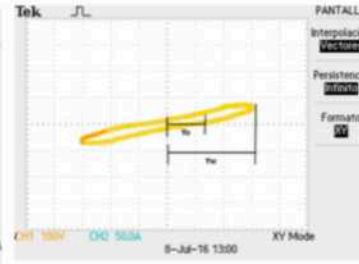


Figura10- Plano XY ( $V_{ab}$ ,  $I_{a3}$ )

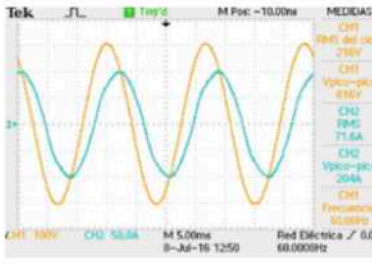


Figura 11-Voltaje y corriente de línea ( $V_{ab}$ ,  $I_{a4}$ )

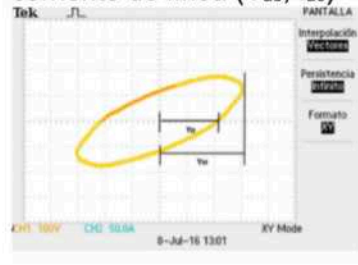


Figura12- Plano X-Y ( $V_{ab}$ ,  $I_{a4}$ )

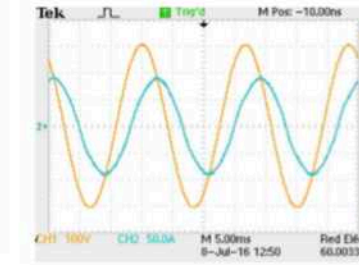


Figura13-Voltaje y corriente de línea ( $V_{ab}$ ,  $I_{a5}$ )

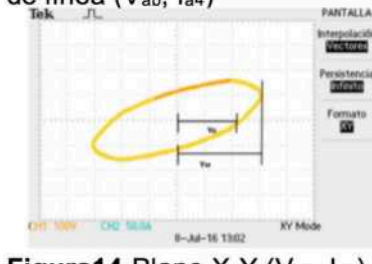


Figura14-Plano X-Y ( $V_{ab}$ ,  $I_{a5}$ )

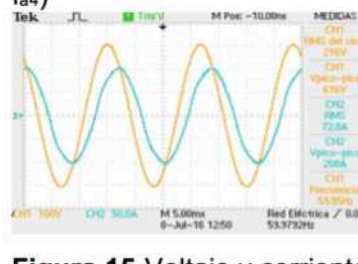


Figura 15-Voltaje y corriente de línea ( $V_{ab}$ ,  $I_{a6}$ )

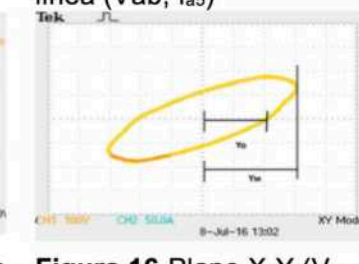


Figura 16-Plano X-Y ( $V_{ab}$ ,  $I_{a6}$ )

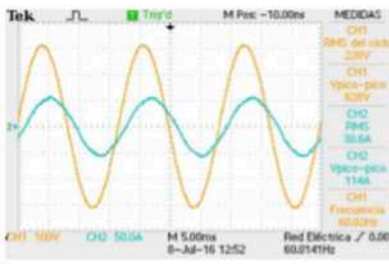


Figura 17- Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{bc}$ ,  $I_{b1}$ )

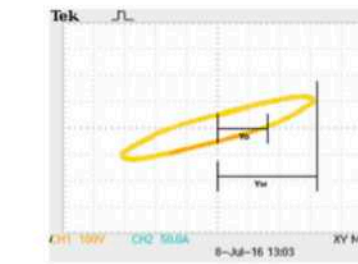


Figura 18- Plano XY ( $V_{bc}$ ,  $I_{b1}$ )

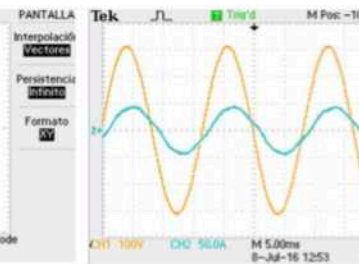


Figura 19-Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{bc}$ ,  $I_{b2}$ )

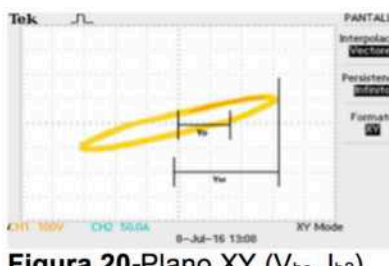


Figura 20-Plano XY ( $V_{bc}$ ,  $I_{b2}$ )

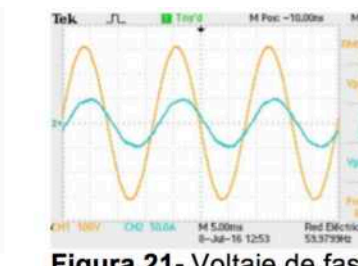


Figura 21- Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{bc}$ ,  $I_{b3}$ )

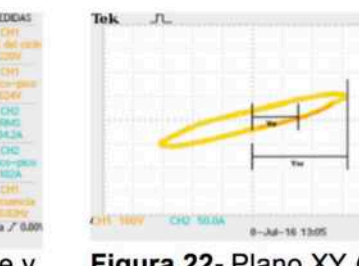
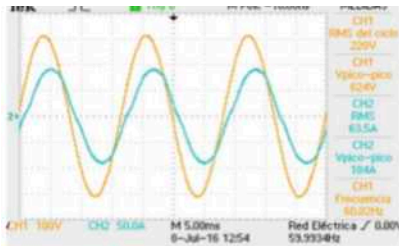
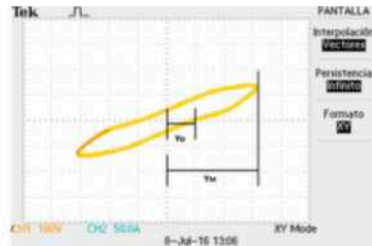


Figura 22- Plano XY ( $V_{bc}$ ,  $I_{b3}$ )

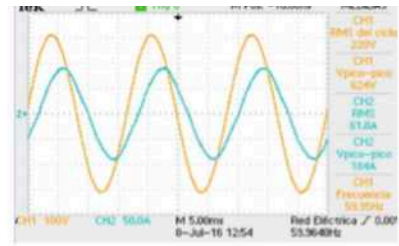




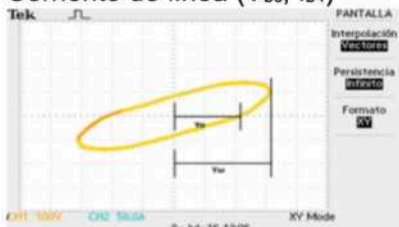
**Figura 23-** Voltaje de fase y Corriente de línea ( $V_{bc}$ ,  $I_{b4}$ )



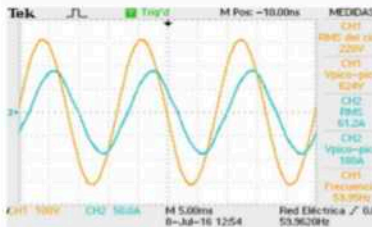
**Figura 24-** Plano XY ( $V_{bc}$ ,  $I_{b4}$ )



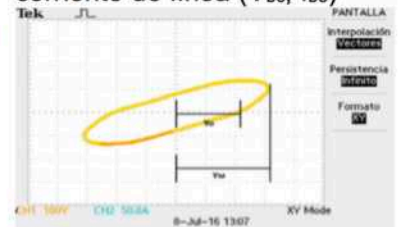
**Figura 25-** Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{bc}$ ,  $I_{b5}$ )



**Figura 26-** Plano XY ( $V_{bc}$ ,  $I_{b5}$ )

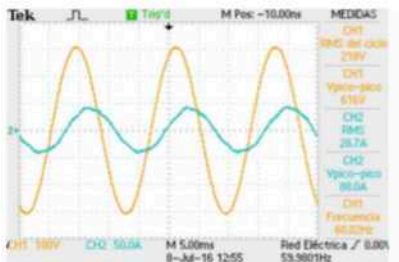


**Figura 27-** Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{bc}$ ,  $I_{b6}$ )

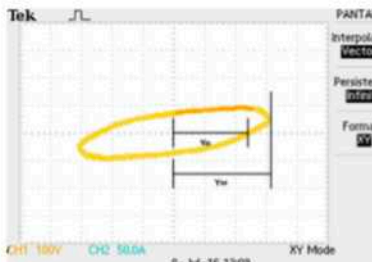


**Figura 28-** Plano XY ( $V_{bc}$ ,  $I_{b6}$ )

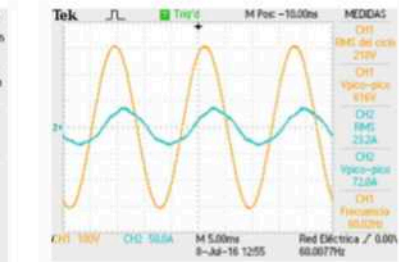
**FASE C**



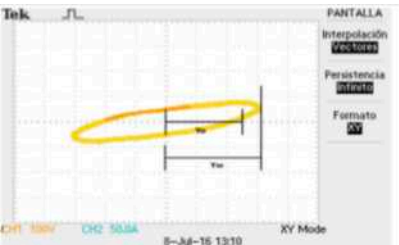
**Figura 29-** Voltaje fase y corriente de línea ( $V_{ca}$ ,  $I_{c1}$ )



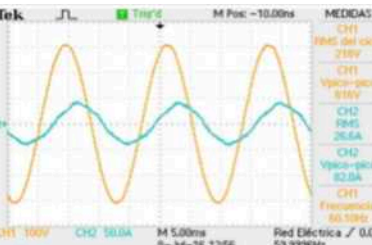
**Figura 30-** Plano XY ( $V_{ca}$ ,  $I_{c1}$ )



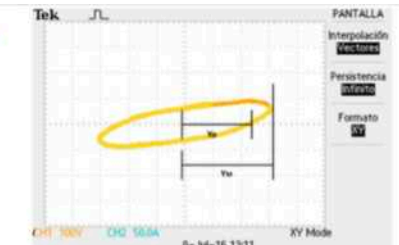
**Figura 31-** Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{ca}$ ,  $I_{c2}$ )



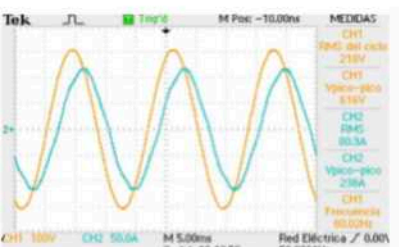
**Figura 32-** Plano XY ( $V_{ca}$ - $I_{c2}$ )



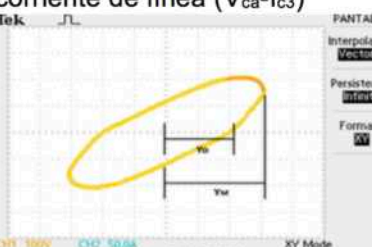
**Figura 33-** Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{ca}$ - $I_{c3}$ )



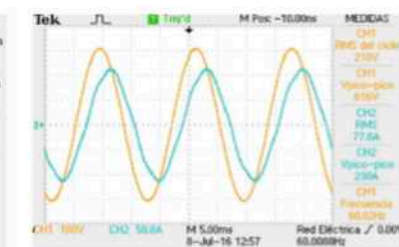
**Figura 34-** Plano XY ( $V_{ca}$ - $I_{c3}$ )



**Figura 35-** Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{ca}$ ,  $I_{c4}$ )



**Figura 36-** Plano XY ( $V_{ca}$ ,  $I_{c4}$ )



**Figura 37-** Voltaje de fase y corriente de línea ( $V_{ca}$ ,  $I_{c5}$ )

# LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

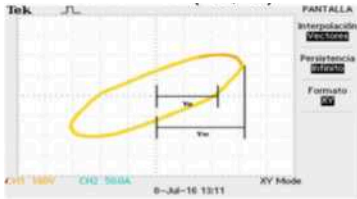


Figura 38-Plano XY ( $V_{ca}, I_{c5}$ )

**NEUTRO**



Figura 39-Voltaje de fase y corriente línea ( $V_{ca}, I_{c6}$ )

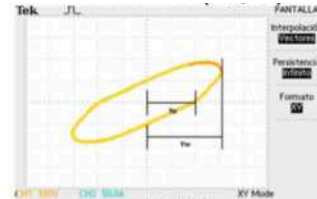


Figura 40- Plano XY ( $V_{ca}, I_{c6}$ )

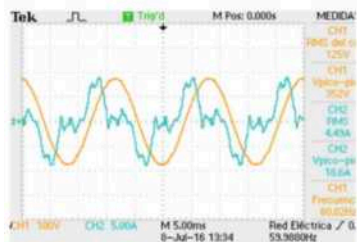


Figura 41-Voltaje de línea y corriente en neutro ( $V_a, I_{n1}$ )

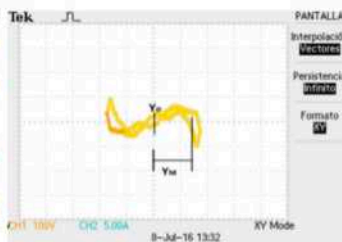


Figura 42- Plano XY ( $V_a, I_{n1}$ )

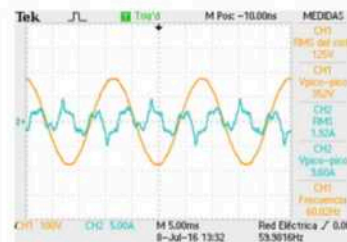


Figura 43- Voltaje de línea y corriente en el neutro ( $V_a, I_{n2}$ )

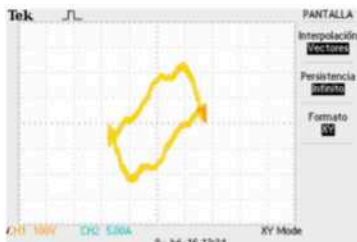


Figura 44- Plano XY ( $V_a, I_{n2}$ )

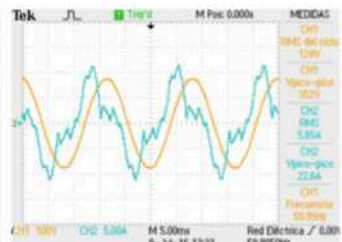


Figura 45-Voltaje de línea y corriente en el neutro ( $V_a, I_{n3}$ )

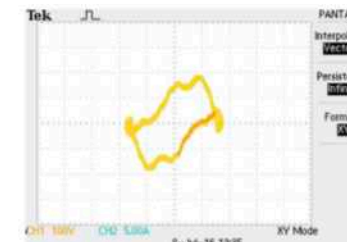


Figura 46-Plano XY ( $V_a, I_{n3}$ )

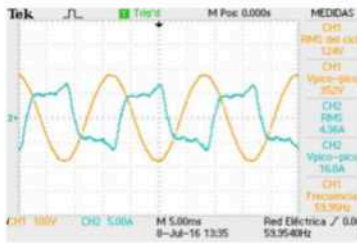


Figura 47-Voltaje de línea y corriente en el neutro ( $V_a, I_{n4}$ )

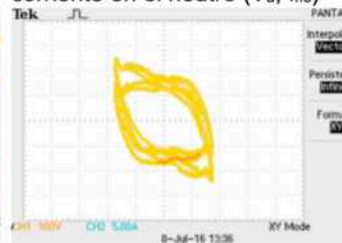


Figura 48- Plano XY ( $V_a, I_{n4}$ )

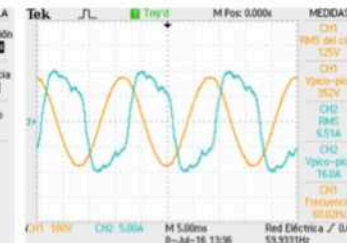


Figura 49-Voltaje de línea y corriente en el neutro ( $V_a, I_{n5}$ )

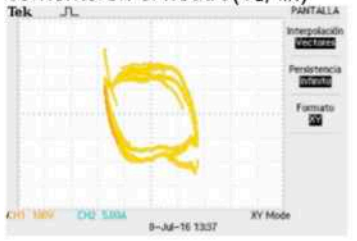


Figura 50- Plano XY ( $V_a, I_{n5}$ )

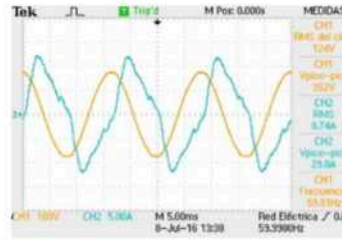


Figura 51-Voltaje de línea y corriente en el neutro ( $V_a, I_{n6}$ )

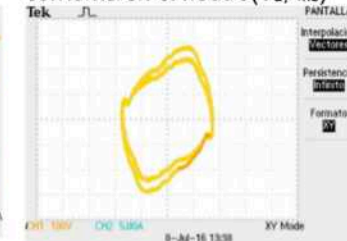


Figura 52-Plano XY ( $V_a, I_{n6}$ )

$\Sigma$ Corrientes	Fase a ( $I_a$ )	Fase b ( $I_b$ )	Fase c ( $I_c$ )	Fase n ( $I_n$ )
<b>Circuito 1</b>	20.93 $\angle 0^\circ$	54.58 $\angle 21.60^\circ$	40.58 $\angle 21^\circ$	6.34 $\angle 0^\circ$
<b>Circuito 2</b>	29.13 $\angle 21.60^\circ$	43.13 $\angle 60^\circ$	32.80 $\angle 43.21^\circ$	2.71 $\angle 43.21^\circ$
<b>Circuito 3</b>	32.95 $\angle 10.80^\circ$	48.36 $\angle 60^\circ$	37.61 $\angle 43.21^\circ$	8.27 $\angle 64.82^\circ$
<b>Circuito 4</b>	101.26 $\angle 43.21^\circ$	89.80 $\angle 60^\circ$	114.40 $\angle 43.21^\circ$	6.16 $\angle 129^\circ$
<b>Circuito 5</b>	90.36 $\angle 48.61^\circ$	87.39 $\angle 21^\circ$	110.02 $\angle 43.21^\circ$	9.2 $\angle 108^\circ$
<b>Circuito 6</b>	102.90 $\angle 45.21^\circ$	86.54 $\angle 43.21^\circ$	99.70 $\angle 43.21^\circ$	12.36 $\angle 108^\circ$
<b>Corriente Total</b>	365.50 $\angle 38.40^\circ$	402.60 $\angle 30.75^\circ$	435.06 $\angle 43.20^\circ$	<b>34.6 <math>\angle 87.84^\circ</math></b>
<b>Factor de Cresta</b>	1.47	1.48	1.49	1.75

Resumen de datos obtenidos de las corrientes de los seis circuitos por cada fase en forma polar del sistema eléctrico de potencia.

Fases	Conversión	Voltaje (Sin Corregir)	Voltajes (Reales)
$V_a$	$V_p = 125\sqrt{2}$	176.77	176.77 $\angle 120^\circ$
$V_b$	$V_p = 125\sqrt{2}$	176.77	176.77 $\angle 0^\circ$
$V_c$	$V_p = 128\sqrt{2}$	181.01	181.01 $\angle 240^\circ$

Resumen de los voltaje de línea del sistema eléctrico de potencia.

Fases	Conversión	Corriente (Sin Corregir)	Corriente (Reales)
$I_a$	$I_p = 258.44\sqrt{2}$	365.50 $\angle 120-38.40^\circ$	365.50 $\angle 81.40^\circ$
$I_b$	$I_p = 284.48\sqrt{2}$	402.6 $\angle 0^\circ-30.75^\circ$	402.6 $\angle -30.75^\circ$
$I_c$	$I_p = 307.63\sqrt{2}$	435.06 $\angle 240^\circ-43.20^\circ$	435.06 $\angle 196.8^\circ$
<b><math>I_{Total}</math></b>	-	-	<b>33.74 <math>\angle 117.99</math></b>

Resumen de las corrientes de fase del sistema eléctrico de potencia



### VI. DISCUSIÓN

De manera teórica los transformadores la suma de las corrientes debe ser igual a cero y siendo este el valor en el neutro en el caso estudiado no cumple lo anterior. La red está conectada a un sistema fotovoltaico, el cual contribuye a alterar las mediciones con el equilibrio de voltaje (cargas desbalanceadas). Las Figuras de Lissajous es un método no muy común empleado para este análisis. Sin embargo, es un método el cual facilita el conocer el ángulo. Los datos de las figuras con números pares del 6 a 52, son las que se aplican para poder hacer el análisis de las Figuras de Lissajous para dar los resultados que se presentan en las tablas, que son cercanos los que se obtiene en las figuras con números impares de 5 a la 51. Es decir, la corriente total por el método (1) es igual a  $34.6 \angle 87.84^\circ$  A, ver tabla 2 y la corriente por el método (2) es de  $33.74 \angle 117.99^\circ$  A, ver la tabla 4.

### VII. CONCLUSIONES

El sistema analizado es un sistema desbalanceado que cuenta con corriente en el neutro, por lo que nos permite realizar el análisis propuesto de sumatoria de fases. Se toma el desfaseamiento en grados del Plano XY del Osciloscopio correspondientes a las Figuras de Lissajous, dando un cálculo aproximado al ángulo presente en las señales de voltaje y de corriente en el osciloscopio en  $f(t)$ , lo anterior nos da una referencia de que dicho método puede ser ocupado para el análisis. Al aplicar las correcciones de los ángulos pertinentes en cada fase y realizar el análisis correctamente de las fases, se observa que la aplicación del método de igualación de fases con respecto al neutro, da un valor aproximado al deseado. Por lo anterior, se concluye que el estudio es favorable y puede ser un método alternativo, muy aproximado entre el análisis teórico y los datos reales, como lo comprueban los datos registrados.

### VIII. REFERENCIAS

[http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/normas\\_y\\_nmx](http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/normas_y_nmx)

Díaz Urbina, C. J. Análisis del impacto sobre las protecciones eléctricas al instalar sistemas solares fotovoltaicos en una red de distribución con nivel de tensión 13.2 kv (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales).

Horikoshi, I. (2009). Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red.

Giraudy Arafet, C. M., Massipe Cano, I., Rodríguez Rivera, R., Rodríguez Gámez, M., & Vázquez Pérez, A. (2014). Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Ingeniería Energética*, 35(2), 141-148.

Sánchez, R. A. (2010). Compensación de sobretensiones en redes eléctricas con generadores fotovoltaicos (Doctoral dissertation, tesis de máster, Universidad Carlos III de Madrid).

# **EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PIRÓLISIS UTILIZANDO LA ACTIVACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA, DURANTE LA PREPARACIÓN DE MATERIALES ADSORBENTES**

**Ebelia del Ángel Meraz  
Alida Elizabeth Cruz Pérez<sup>1</sup>  
Ma. Guadalupe Rivera Ruedas<sup>1</sup>  
Dora María Frías Márquez<sup>1</sup>**

## **I. RESUMEN**

Se determinaron las condiciones óptimas de producción de materiales adsorbentes fabricados a partir de carbón activado proveniente de bagazo de caña de azúcar. Se utilizó la activación física con vapor de agua, la activación química con un 18% de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, con tiempo de impregnación de 48 h. El proceso de pirólisis para ambos métodos se realizó a temperaturas de 500°C, 600° y 700°C. El rendimiento de pirólisis fue mejor para la activación química con rangos del 74.6 al 75%. Se caracterizó la superficie específica, volumen total de poros, volúmenes de microporos y mesoporos, con el método de Brunauer-Emmett-Teller (BET). Las áreas superficiales (SBET) de los carbones activados químicamente fueron superiores y resultaron de 400 m<sup>2</sup>/g -1200 m<sup>2</sup>/g.

## **II. INTRODUCCIÓN**

El carbón activado es un material poroso preparado por pirólisis y activación de materiales orgánicos, especialmente de origen vegetal, hullas, lignitos y turbas, con el fin de obtener un alto grado de porosidad y una importante superficie. La elevada superficie específica facilita la adsorción física de gases y vapores de mezclas gaseosas o sustancias dispersas en líquidos, por lo tanto se les considera materiales adsorbentes [1].

En la actualidad, el carbón activado es un producto muy cotizado en el mercado mundial por sus innumerables aplicaciones dentro del campo de la medicina, la industria biofarmacéutica y el medio ambiente.

Su producción es controlada por países altamente desarrollados como Holanda, Reino Unido, Japón, Alemania y los Estados Unidos [2].

## LAS PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS

Debido a que las fibras naturales son químicamente activas y poseen una gran área superficial pueden ser modificadas para obtener un intercambio iónico efectivo [3, 4, 5,6].

En esta investigación se utiliza el bagazo de caña de azúcar para la obtención de materiales adsorbentes, utilizando el proceso de pirolisis, modificando los carbones por activación física y química. Los materiales adsorbentes tienen aplicaciones importantes como son la conservación y limpieza del medio ambiente; en el tratamiento de sustancias orgánicas, aguas residuales, aceites y eliminación de metales pesados.

### III. OBJETIVOS Y METAS

Evaluar el proceso de pirolisis con activación física y química, con el fin de optimizar el desarrollo materiales adsorbentes a partir del bagazo de caña de azúcar.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. *Preparación de las muestras*

El bagazo de caña fue lavado con agua destilada para remover sustancias inorgánicas residuales. Posteriormente el material fue sometido a un secado con exposición directa al sol. Y se procedió a triturarlo o molerlo hasta un tamaño de 1-3 mm. Una vez secado el material es sometido a la activación física o química.

#### 4.2. *Activación del carbón activado*

La activación física se dividió en dos etapas, la activación o gasificación y la carbonización del precursor. Para la activación química se utilizó el H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. La pirólisis de las muestras se realizó en una mufla a 500, 600 y 700°C, durante 1h para los dos tipos de activación.

#### 4.3. *Caracterización del carbón activado con Adsorción física de N<sub>2</sub>*

Las propiedades texturales del carbón se realizaron en un equipo Micromeritics Tristar II. Los gases empleados son N<sub>2</sub> y He (Air Liquide, calidad 99,999%). Las medidas se realizaron a la temperatura normal de ebullición del N<sub>2</sub> (77 °K a presión atmosférica).

### V. RESULTADOS

La evaluación del rendimiento del proceso de pirólisis para ambos se muestra en la Tabla 1.

Los parámetros texturales de los carbones preparados por activación física y química se muestran en la Tabla 2.

Proceso de pirólisis	Rendimiento de pirólisis (%)		
	T= 500°C	T= 600°C	T= 700°C
Activación física	22	24	22.8
Activación química	75	73	74.6

Rendimiento del proceso de pirólisis, efecto de la activación y la temperatura.

Muestra	T <sub>Pirólisis</sub> (°C)	S <sub>BET</sub>	V <sub>T</sub>	V <sub>meso</sub>	V <sub>micro</sub>	D <sub>P</sub>
		m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup>	cm <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup>	cm <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup>	Å°
Q-500°	500	274.17	0.1499	0.0552	0.0947	50.65
Q-600°	600	444.99	0.2412	0.0973	0.1438	42.77
Q-700°	700	1041.70	0.4413	0.1361	0.3052	37.67
F-500°	500	44.66	0.1304	0.1287	0.0017	135.06
F-600°	600	46.66	0.1489	0.1164	0.0324	124.99
F-700°	700	31.48	0.1016	0.1002	0.0013	162.78

Parámetros texturales obtenidos de la adsorción de N<sub>2</sub> a 77°K de las muestras activadas químicamente (Q) y físicamente (F) a temperaturas de 500, 600 y 700°C.

## VI. DISCUSIÓN

A partir de los datos de la Tabla 1, se encontró que la temperatura utilizada en el proceso de pirólisis influyó muy poco en el rendimiento de la materia prima, debido a que el rendimiento se mantiene constante en las muestras tanto en el método físico como en el químico. Aunque es importante señalar que las muestras con activación física arrojan rendimientos muy bajos (rango de 22 al 24%), en comparación con las muestras con activación química que dan un porcentaje de rendimiento bastante alto en el rango del 75 al 74.6%.

Las áreas superficiales (SBET) de los activados químicamente son mayores (Tabla 2), con rangos de 274.17-1041.702 m<sup>2</sup>/g, en comparación con los fabricados por activación física (31.48-46.66 m<sup>2</sup>/g). Para los diámetros de poros (D<sub>p</sub>) obtenidos durante la activación física, estos se pueden clasificar como carbones con alta proporción de macroporos, los valores se encuentran dentro del rango establecido por la IUPAC con D<sub>p</sub> > 50 Å. En el caso de los carbones activados químicamente, se clasifican como carbones con una alta proporción de mesoporos ya que cumplen la clasificación de la IUPAC, de 2 < D<sub>p</sub> < 50 Å.

## VII. CONCLUSIONES

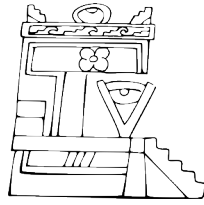
El desarrollo de este trabajo de investigación permitió preparar carbón activado a partir de bagazo de caña de azúcar por dos métodos de activación; la activación física y la activación química. Se determinó que el bagazo de caña de azúcar como residuo biomásicos es factible para ser utilizado como materia prima en la obtención de carbones activados. El rendimiento promedio de pirólisis para la activación física fue menor con respecto a la activación química. Siendo el proceso de activación química la mejor opción para la preparación de carbón activado a temperatura de 700°C, en esta investigación se obtuvieron áreas superficiales de 1041.170 m<sup>2</sup>/g-1, que cumple con la categoría de materiales adsorbentes.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Marion Carrier, Ailsa G. Hardie, Ümit Uras, Johann Görgens and Johannes Knoetze, (2012), "Production of char from vacuum pyrolysis of South-African sugar cane bagasse and its characterization as activated carbon and biochar", *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 96: 24-32.
- [2] Xincheng Lu, Jianchun Jiang and Kang Sun, (2012), Surface modification characterization and adsorptive properties of a coconut activated carbon, *Applied Surface Science* 258: 8247–8252.
- [3] Elbager M.A. Edreis and Hong Yao, (2016), Kinetic thermal behaviour and evaluation of physical structure of sugar cane bagasse char during non-isothermal steam gasification, *Journal of Materials Research and Tecnology*, In press.
- [4] Mohd Adib Yahya, Z. Al-Qodah and C.W. Zanariah Ngah, (2015), Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production, *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews* 46: 218–235.
- [5] Meza Juan Carlos, Lomascolo A., Laurence C., (2006). "Valorización del bagazo de caña de azúcar: las biotecnologías al servicio de la industria papelera". Institut de recherche pour le développement - 213, Rue La Fayette - F-75480 Paris cedex 10 - France - [www.ird.fr](http://www.ird.fr)
- [6] Hu-Chun Tao, He-Ran Zhang, Jin-Bo Li , Wen-Yi Ding, (2015), Biomass based activated carbon obtained from sludge and sugarcane bagasse for removing lead ion from wastewater, *Journal of Bioresource Technology* 192: 611–617.







Difusión y Divulgación  
Científica y Tecnológica

**José Manuel Piña Gutiérrez**  
Rector

**Arturo Díaz Saldaña**  
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

**Andrés González García**  
Director de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica

**Francisco Morales Hoil**  
Jefe del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas

Esta obra se terminó de editar el 25 de agosto de 2017,  
en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura  
ubicada en la Carretera Cunduacán-Jalpa KM. 1. Col.  
La Esmeralda CP. 86690 Cunduacán, Tabasco, México.  
El cuidado estuvo a cargo de los coordinadores y del  
Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas  
de la Dirección de Difusión y Divulgación Científica y  
Tecnológica de la UJAT.





**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

**C O L E C C I Ó N**  
**FEDERICO LÓPEZ DIONISIO**  
*Textos para la enseñanza de la arquitectura*