



Perspectivas Científicas: Un enfoque desde la Ingeniería y la Arquitectura



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

Guillermo Narváez Osorio
Rector

Germán Pérez Hernández
División Académica de Ingeniería y Arquitectura

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

Perspectivas Científicas: Un enfoque desde la Ingeniería y la Arquitectura

Coordinadora

Alva del Rocío Pulido Téllez



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

Primera edición, 2021

© Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
www.ujat.mx

ISBN: 978-607-606-573-0

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, así como por el Consejo Divisional Editorial de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la UJAT.

Queda prohibida su reproducción comercial sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en los términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Se autoriza su uso no comercial siempre y cuando se cite la fuente.

Foto de portada: Secretaría de Relaciones Públicas de la UJAT.

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México.

El presente volumen recoge los artículos correspondientes a proyectos e investigaciones científicas presentadas por profesores investigadores y alumnos destacados de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura durante la Semana de Difusión y Divulgación Científica de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

ÍNDICE

SIMULACIÓN HIDRODINÁMICA DEL CORTE DE MEANDROS POR ESTRANGULAMIENTO: CASO PUMPS BEND, WHITE RIVER, ARKANSAS, EUA	10
ANÁLISIS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN VIGAS PRETENSADAS POR ACCIÓN SÍSMICA LATERAL	19
REOLOGIA LINEAL DEL SISTEMA DECILSULFATO DE ANILINIO (DeSAn)/Agua	35
CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DEL ACERO GALVANIZADO ATMÓSFERA RURAL Y URBANA DE TABASCO, MÉXICO	45
DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN PARQUE INDUSTRIAL INTEGRANDO LA TEORÍA DEL DISEÑO METAFÓRICO. CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO DE CÁRDENAS, TABASCO	57
DIAGNÓSTICO DE VIVIENDA EN LA CIUDAD BICENTENARIO EN EL MUNICIPIO DE CENTRO TABASCO	68
POEMA MUSEO LA VENTA: LA RÉPLICA DEL POETA CARLOS PELLICER A LA TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO TABASQUEÑO A CONSECUENCIA DE LA EXPLOTACIÓN PETROLERA	79
EL EMPRENDIMIENTO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA	98

SIMULACIÓN DE LAS REACCIONES DE ESTERIFICACIÓN/TRANSESTERIFICACIÓN PARA DETERMINAR LA CONVERSIÓN DE ACEITE A BIODIÉSEL	105
SÍNTESIS POR SOL GEL DE ÓXIDO DE ZINC CON DIFERENTES RELACIONES MOLARES DEL DIAGRAMA TERNARIO DE PRECURSORES (AcZn-2-PrOH-MEA)	117
SISTEMA DE CUBIERTA MULTICAPA PARA MITIGAR EL SOBRECALENTAMIENTO EN LOSAS EN CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO	124
ANÁLISIS DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN UNIAXIAL EN PROBETA DE MATERIAL BIRREFRIGENTE, ANALIZANDO SUS RESULTADOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE FOTOELASTICIDAD LINEAL	136
ARQUITECTURA MODERNA EN VILLAHERMOSA. UN CASO DE ESTUDIO: OFICINA DE NAFINSA EN CIUDAD INDUSTRIAL	148

SEMANA DE DIFUSIÓN Y
DIVULGACIÓN CIENTÍFICA **2019**

SIMULACIÓN HIDRODINÁMICA DEL CORTE DE MEANDROS POR ESTRANGULAMIENTO: CASO PUMPS BEND, WHITE RIVER, ARKANSAS, EUA

Dr. Fabián Rivera-Trejo¹
Dr. Juan Barajas-Fernández¹
Dr. Gabriel Soto-Cortés²

I. RESUMEN

Los meandros son la forma más común en los ríos, y es esencial comprender su movimiento para predecir y controlar las avulsiones. Los cortes de cuello se producen cuando los canales aguas arriba y aguas abajo de una curva de meandro migran entre sí. Se han conceptualizado en un proceso de cuatro etapas: 1) Etapa de curva de meandro activa; 2) etapa de corte del cuello; 3) etapa lacustre; y 4) Etapa terrestre. Sin embargo, los datos de campo del White River, Arkansas, EE. UU., aunque generalmente siguen el modelo conceptual de cuatro etapas, difiere en que el transporte de sedimentos a entrada y salida de las curvas abandonadas es insignificante. Sin embargo, la disponibilidad limitada de datos de campo y la dificultad de producir cortes de cuello experimentalmente en el laboratorio, inhiben una comprensión completa de los procesos involucrados. En esta investigación, utilizamos el modelo informático Telemac2D y llevamos a cabo simulaciones numéricas hidrodinámicas. Los resultados simulados de hidrodinámica y morfodinámica se calibraron contra datos de campo de alta resolución encontrando una buena concordancia.

¹Profesor Investigador, DAIA-UJAT.

² Profesor Investigador, CBI-UAM-Lerma.

*jose.rivera@gmail.com

II. INTRODUCCIÓN

Cuando los ríos son modificados - por ejemplo, mediante la construcción de presas - la migración de los meandros se puede acelerar significativamente. La mecánica de migración de los meandros es una interacción compleja entre el flujo, el transporte de sedimentos, la morfodinámica del lecho (específicamente el aumento de la barra de puntos) y la erosión del banco. Por lo tanto, el estudio y la evaluación de la migración o la alteración de las curvas de meandro son temas importantes a nivel mundial (Yeh et al., 2011; Constantine et al., 2009; Schook et al., 2017). Un grupo de científicos de la Universidad Estatal de Luisiana (LSU), la Universidad de Illinois (UI) y el Laboratorio Nacional de Sedimentación (NSL) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (NSL) han realizado avances recientes en la cuantificación de la morfodinámica del meandro. (Motta et al., 2012a; Motta et al., 2012b; Motta et al., 2014; Konsoer et al., 2017; Konsoer et al., 2016a; Konsoer et al., 2016b; Langendoen et al., 2016). Desde 2011, estas instituciones han estado compilando conjuntos de datos topográficos y de flujo de alta resolución para avanzar en la comprensión de la morfodinámica de los ríos serpenteantes. En comparación con estudios anteriores, este conjunto de datos es único, ya que incluye información de alta resolución sobre la erosión de los bancos, que controla principalmente la tasa de migración de curvas serpenteantes. En la literatura se han presentado descripciones cualitativas y cuantitativas de los procesos de corte del canal y del cuello y la evolución posterior del río y el canal abandonado (o lago oxbow) (por ejemplo, Gagliano y Howard, 1984; Hooke, 1995; (Constantine y Dunne, 2008; Zinger et al., 2013). Sin embargo, conjuntos de datos de campo detallados de la morfodinámica del río, por ejemplo, utilizando perfiladores de corriente Doppler acústicos (aDcp) y ecosondas multihaz (MBES), durante y después del corte son particularmente limitados (Zinger et al., 2013, para los cortes de canal; Richards, (2018) para los cortes de cuello. Gagliano y Howard (1984) conceptualizaron el proceso de corte del cuello como un proceso de cuatro etapas: 1) Etapa de curva de meandro activa; 2) etapa de corte del cuello; 3) etapa lacustre; y 4) Etapa terrestre. Para la etapa lacustre, el ángulo de desviación del canal, es decir, el ángulo entre el canal que se aproxima a la curva y la entrada del canal abandonado, y la carga de sedimentos se identificaron como parámetros críticos que controlan la velocidad de la dinámica de la

forma del plano posterior al corte y la desviación del lago oxbow (p. Ej. Shields y Abt, 1989). La formación de taponos de sedimentos en la entrada y salida del canal abandonado generalmente se establece dentro de los 10 años. Sin embargo, el conjunto completo de datos de campo de Richards (2018) mostró que los cortes de cuello en el río Blanco, Arkansas, EE. UU., Aunque generalmente siguen el modelo conceptual de cuatro etapas de Gagliano y Howard (1984), difieren en que la tasa de taponamiento de sedimentos en a la entrada y salida de las curvas abandonadas es insignificante. Richards (2018) planteó la hipótesis de que esto se debe a 1) la incisión profunda del lecho del canal que se alza a la salida de la curva abandonada, y 2) el fuerte movimiento helicoidal de flujo observado que produce un flujo cercano al lecho orientado lejos de la salida del abandonado curva que promueve el transporte de sedimento de carga de lecho en la dirección aguas abajo. Hoy en día, la disponibilidad limitada de conjuntos de datos de campo completos de la morfodinámica de corte de cuello y la dificultad de producir cortes de cuello experimentalmente en el laboratorio inhiben una comprensión completa de los procesos de corte de cuello.

III. OBJETIVOS Y METAS

El objetivo principal es simular las condiciones hidrodinámicas medidas en un estrangulamiento de un meandro.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Zona de estudio

La zona consideró un meandro alargado llamado Pumps bend (Figura 1), ubicado en la parte baja del White river, inmediatamente aguas abajo de la ciudad de Valls Bluff, Arkansas. El meandro comenzó la incisión de corte en 2014 (Richards, 2018). La longitud del White river es de aproximadamente 745 km y escurre desde la ciudad de Batesville hasta el río Mississippi. El ancho y la profundidad promedios son 70m y 7m, respectivamente. Su descarga anual promedio es de $750 \text{ m}^3 / \text{s}$ la descarga anual máxima de $2,460 \text{ m}^3 / \text{s}$ (Estación de medición Valls Bluff, USGS).

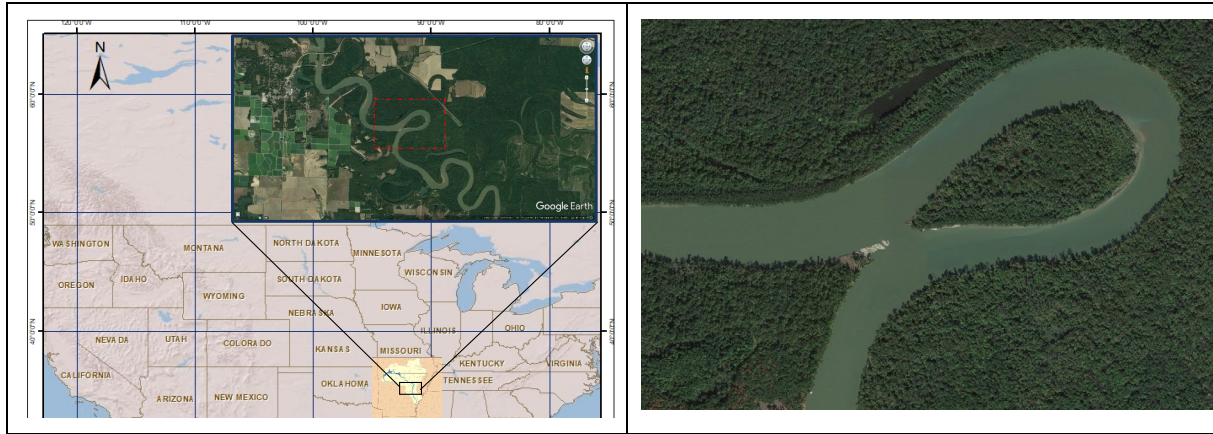


Figura 1. Zona de localización, Pumps bend, White River

4.2. Hidrodinámica

Obtener una buena representación de los campos de velocidad es la clave para empezar a entender los procesos involucrados. La mejor manera de hacerlo fue comparar las simulaciones numéricas contra mediciones de campo. En esta investigación, utilizamos los datos de campo obtenido para Richards (2018). El recopiló los datos hidrodinámicos con un perfilador de corriente Doppler acústico Rio Grande de 1.200 kHz Teledyne-RDI (ADCP), con una precisión de 0,002 m / s. Obtuvo la morfología del fondo para los años para 2016 y 2017 con una sonda multibeam (MBEM) de banda ancha NORBIT iWMBsc, con una resolución de 0.01m.

En la tabla 1, se resumen las condiciones medidas por Richards (2018), mientras que en la figura 2 se muestran las secciones de medición para el año 2016.

Tabla 1. Condiciones medidas por Richards (2018).

Fecha	Número de mediciones	Caudal medio (m ³ /s)	Nivel aguas abajo (msnm)	ADCP	Multibeam
May 23, 2016	38	991	50.15	✓	✓
May 24, 2017	25	2150	52.20	✓	✓

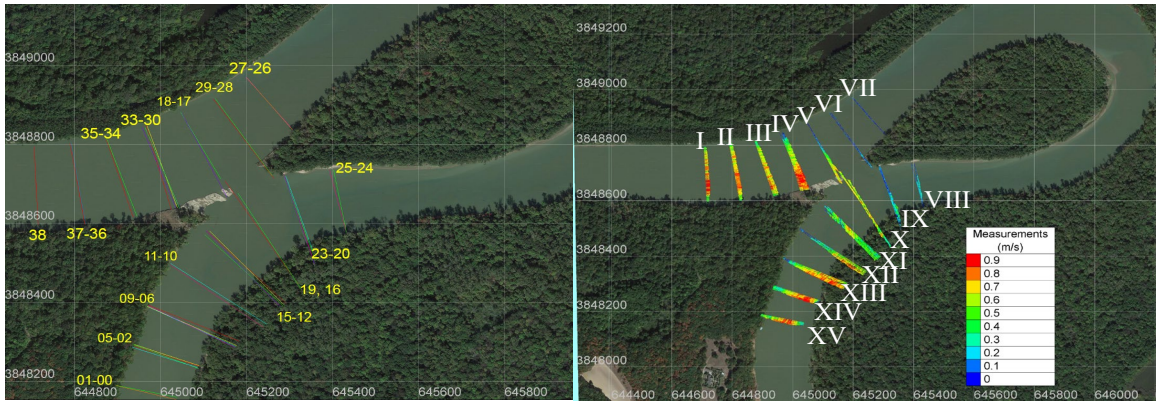


Figura 2. Secciones de medición, Pumps bend, White River, Arkansas, USA

Cuando llevamos a cabo el análisis de las mediciones, sabemos que la resolución entre los datos ADCP y los datos de la sonda multibeam son diferentes. Sin embargo, necesitábamos contrastar la sección transversal de medición ADCP (XS) con la medición del multihaz. Por lo tanto, desarrollamos un programa de Matlab para ajustar las XS. A partir de los datos de Multihaz, primero movimos las XS del ADCP de forma vertical (Figura 3a) y después de forma horizontal (Figura 3b). Repetimos este procedimiento hasta llegar al mejor acuerdo entre XS (Figura 3c-d). Empleamos el error cuadrático medio como medida de comparación.

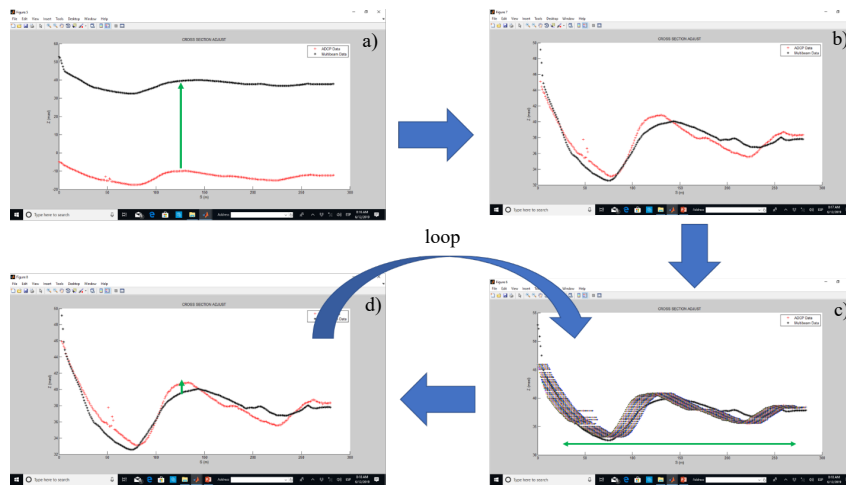


Figura 3. Etapas de ajuste de las secciones transversales

Las simulaciones hidrodinámicas se realizaron en el software Telemac2D, el cual es una herramienta de modelado integrada para simular flujos a superficie libre. Fue desarrollado y es actualizado regularmente por EDF R&D, y es de acceso gratuito. Los

códigos principales dentro de Telemac2D utilizan las ecuaciones de aguas poco profundas (hidrostáticas) integradas en profundidad.

Lo primero que se hizo fue construir el dominio computacional. Combinamos el modelo de elevación digital (DEM) -resolución de 10m-, y los datos morfológicos multihaz -resolución de 0.01m-. e hicimos una cuadrícula computacional con un tamaño de celda de 5 m (Figura 4). Para lograr esto se utilizó el software Bluekanue (Figura 5).

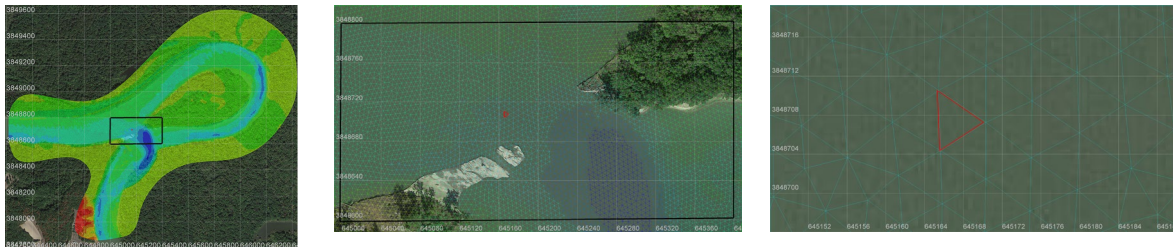


Figura 4. Detalle de malla computacional

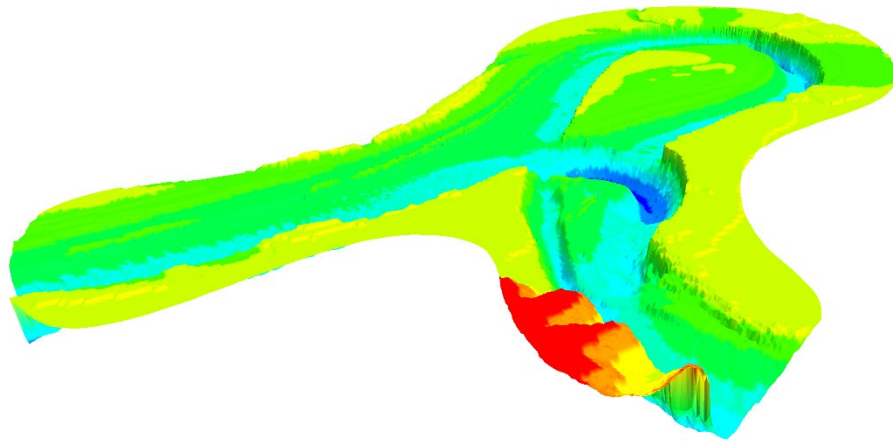


Figura 5. Modelo digital procesado en Bluekaue

V. RESULTADOS

En la figura 6, se muestran algunos ejemplos de los ajustes logrados entre el ADCP y MBEM, para distintas secciones transversales. Se aprecia en dichas figuras que se logró un buen ajuste entre secciones.

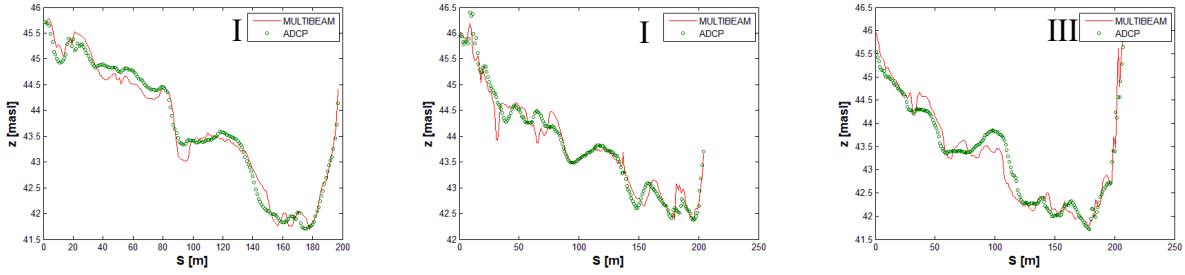


Figura 6. Ejemplos de ajustes entre mediciones con ADCP y con sonda Multihaz

En la figura 7, se presenta el ajuste alcanzado con el nivel de la superficie del agua, teniendo una ligera variación de 0.04m. Esta puede ser considerada despreciable, pues se tienen profundidades del agua del orden entre 6 y 10m.

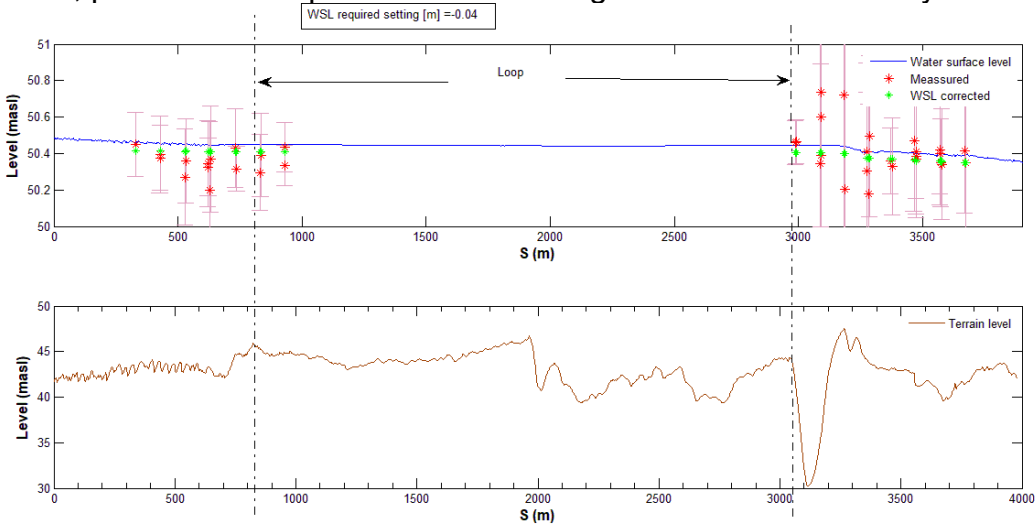
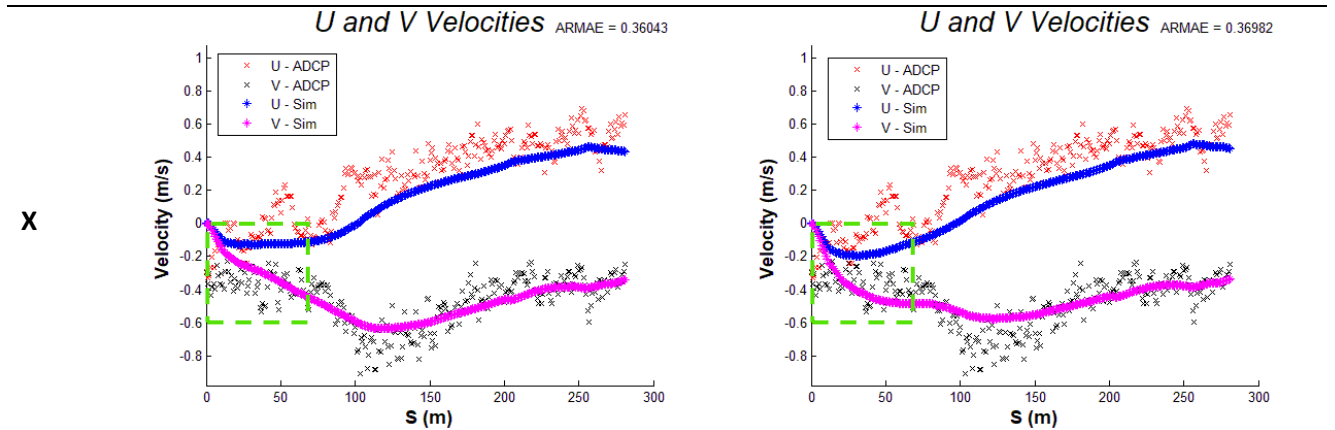


Figura 7. Ejemplo de ajuste de la superficie libre del agua

Finalmente, en la figura 8, se muestran las simulaciones de las velocidades en las componentes U , V y las mediciones bajo las mismas condiciones. Se aprecia buena correlación entre las mismas.



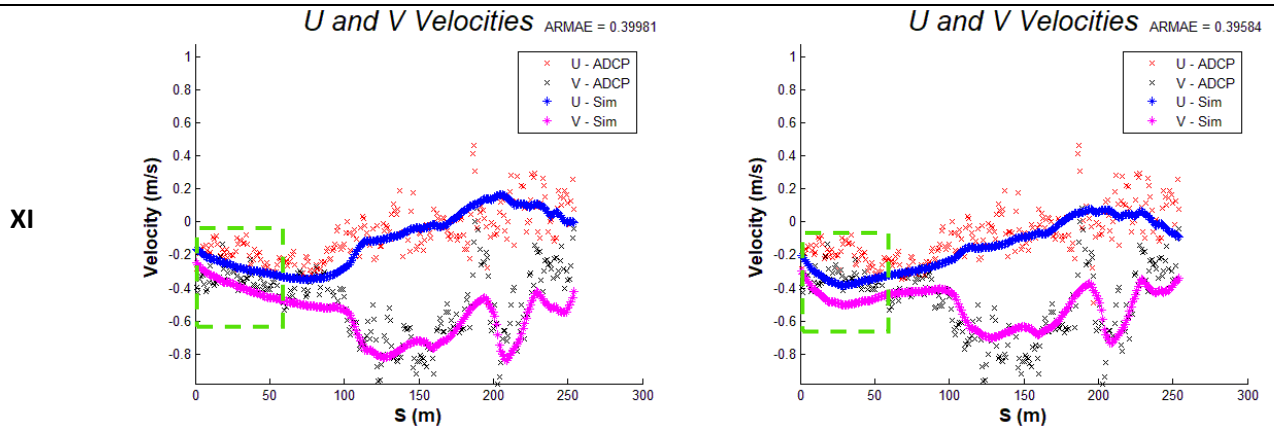


Figura 8. Ejemplos de velocidades U , V simuladas vs medidas.

VII. CONCLUSIONES

La hidrodinámica y la morfodinámica mostraron un buen rendimiento con su validación contra observaciones de campo de alta resolución recopiladas con perfiladores de corriente Doppler acústicos (ADCP) y ecosondas multihaz (MBES). El desarrollo del código en Matlab®, promete ser una herramienta general para calibrar y validar modelos numéricos complejos contra datos de campo de alta resolución.

VIII. REFERENCIAS

- Constantine, J. A., Candice, R., Dunne, T., & Hanson, G. J. (2009). Examining the physical meaning of the bank erosion coefficient used in meander migration modeling. *Geomorphology*, 106(3–4), 242–252. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.11.002>
- Constantine, José Antonio, & Dunne, T. (2008). Meander cutoff and the controls on the production of oxbow lakes. *Geology*, (1), 23–26. <https://doi.org/10.1130/GxxxxA.1>
- Gagliano, S.M. and Howard, P.C. (1984). The neck cutoff oxbow lake cycle along the Lower Mississippi River. In Elliott, editor, *River Meandering*, pages 147–158, New York, NY. American Society of Civil Engineers.
- Hooke, J.M. (1995). River channel adjustment to meander cutoffs on the River Bollin and River Dane, northwest England. *Geomorphology*, 14(3):235–253.
- Konsoer, K. M., Rhoads, B. L., Langendoen, E. J., Best, J. L., Ursic, M. E., Abad, J. D., & Garcia, M. H. (2016a). Spatial variability in bank resistance to erosion on a large meandering, mixed bedrock-alluvial river. *Geomorphology*, 252, 80–97. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.08.002>
- Konsoer, K. M., Richards, D., & Edwards, B. (2016b). Planform evolution of neck cutoffs on elongate meander loops, White. In *River Flow 2016* (pp. 1730–1735). Iquitos, Peru.
- Konsoer, K., Rhoads, B., Best, J., Langendoen, E., Ursic, M., Abad, J., & Garcia, M. (2017). Length scales and statistical characteristics of outer bank roughness for large elongate meander bends: The influence of bank material properties, floodplain vegetation and flow inundation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2037(June), 2024–2037. <https://doi.org/10.1002/esp.4169>
- Langendoen, Eddy J., Mendoza, A., Abad, J. D., Tassi, P., Wang, D., Ata, R., ... Hervouet, J. M. (2016). Improved numerical modeling of morphodynamics of rivers with steep banks. *Advances in Water Resources*, 93, 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.04.002>

- Motta, D., Abad, J. D., Langendoen, E. J., & García, M. H. (2012a). The effects of floodplain soil heterogeneity on meander planform shape. *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/2011WR011601>
- Motta, D., Abad, J. D., Langendoen, E. J., & Garcia, M. H. (2012b). A simplified 2D model for meander migration with physically-based bank evolution. *Geomorphology*. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.06.036>
- Motta, D., Langendoen, E. J., Abad, J. D., & García, M. H. (2014). Modification of meander migration by bank failures. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. <https://doi.org/10.1002/2013JF002952>
- Richards, D. A. (2018). Sediment deposition and distribution of actively evolving neck cutoffs located on the white river, arkansas by. Louisiana State Univeristy, USA.
- Schook, D. M., Rathburn, S. L., Friedman, J. M., & Wolf, J. M. (2017). A 184-year record of river meander migration from tree rings, aerial imagery, and cross sections. *Geomorphology*, 293(June), 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.06.001>
- Shields, D., & Abt, S. R. (1989). Sediment deposition in cutoff meander bends and implications for effective management. *Regulated Rivres: Resercah and Management*, 4(December 1988), 381–396.
- Yeh, P.-H., Park, N., Chang, K.-A., Chen, H.-C., & Briaud, J.-L. (2011). Prediction of time-dependent channel meander migration based on large-scale laboratory experiments. *Journal of Hydraulic Research*, 49(5), 617–629. <https://doi.org/10.1080/00221686.2011.596704>
- Zinger, J. A., Rhoads, B. L., Best, J. L., & Johnson, K. K. (2013). Flow structure and channel morphodynamics of meander bend chute cutoffs: A case study of the Wabash River, USA. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 118(October 2012), 2468–2487. <https://doi.org/10.1002/jgrf.20155>

ANÁLISIS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN VIGAS PRETENSADAS POR ACCIÓN SÍSMICA LATERAL

José Lourdes Félix Hernández¹
Isa Yadira Peres Olan¹
Rafael Alvarado-Corona²
Luis Esteva Maraboto³
María Zonia Tapia García⁴

I. RESUMEN

Es fundamental, la determinación de la seguridad estructural por cortante tensional en las vigas pretensadas, que conforman la superestructura de los puentes, toda vez que están expuestos a fuerza sísmica. Estas fuerzas sísmicas ortogonal laterales, generan que las vigas trabajen a tensión lateral, provocando la fractura por cortante tensional lateral. Investigaciones recientes, de fisuras en vigas de concreto reforzado, recomiendan su análisis por la Teoría de la Fractura (TF). Este trabajo se apoya, en la metodología de la fractura para el análisis de los factores de intensidad de esfuerzos y, la tasa de liberación de energía que se genera en la viga pretensada fracturada; en el objeto de cuantificar la probabilidad de falla por ocurrencia de fractura debido a la acción sísmica. Resultados muestran que la probabilidad de falla por ocurrencia sísmica es del 9.17 % en las vigas pretensadas, además se demuestra que el refuerzo a tensión es absorbido con el refuerzo a flexión, siendo este insuficiente, debido a la tasa de liberación de energía.

¹ Profesor Investigador, DAIA-UJAT. *Jose.felix@ujat.mx; * iyapool@yahoo.com.mx

² Profesor Investigador, UNIVERSIDAD DA VINCI. * ralvcor@gmail.com

³ Profesor Investigador, II-UNAM. * LEstevaM@iingen.unam.mx

⁴ Profesora Investigadora, ITVH. * mozartgia@gmail.com

II. INTRODUCCIÓN

Hasta el día de hoy, la especie humana es espectadora de los movimientos sísmicos que han transcurridos en la historia de la humanidad, los Códigos y Norma dan muestras claras de su insuficiencia en el diseño de vigas pretensadas, como: el ACI 318-02, EUROCÓDIGO 2, AASHTO-LRFD, ONTARIO HIGHWAY BRIDGE DESIGN CODE o el EHE-08. Siendo estos Aun conservadores en los factores de seguridad, en la redistribución de las cargas y en la redundancia de los miembros de las vigas pretensadas para puentes viga; estas colapsan debido a la insuficiente capacidad de absorción de grandes desplazamientos laterales generado por la variación de los sitios de ubicación de las estructuras, en el que se podrían tener variaciones regionales sísmicas. La insuficiente incapacidad de desplazamiento de la viga pretensada, originan la aparición de las grietas a cortante, tensión, flexión y torsión, conocidos como rotura frágil. El problema de la fragilidad de los materiales no es reciente, su aparición se debió a la pérdida de plasticidad por efecto del frío en el siglo XIX. La fractura por cortante suele ser repentina, catastrófica y menos predecible, debido a la nula presencia de indicios del daño antes de la falla. Además, el ancho y espesor de la grieta en las vigas pretensadas son indicios de esfuerzos mayores a los que están analizados y diseñados; presentándose la falla por flexión o cortante que constituye un estado crítico de leve colapso. A sí mismo, los elementos de concreto pretensado también pueden sufrir acciones como pérdida de adherencia entre el acero tensado y el hormigón, relajación del acero pretensado, retracción del hormigón, corrosión por deformación del hormigón bajo tensión del acero pretensado, deficiencia de la barra de acero de refuerzo en el anclaje [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Cuando se forma la grieta a cortante, se generan tensiones diagonales perpendiculares a la misma, cuya proyección vertical equilibra la fuerza cortante que actúa sobre la viga [11, 12, 13, 14]. Por décadas, diversos autores han planteado el comportamiento a cortante del hormigón pretensado, sin lograr un acuerdo en general

sobre el tema de la fractura a cortante en vigas pretensadas; sugiriendo Reinhardt, que la carga de falla por cortante se debería de analizar por las teorías de la Mecánica de Fractura, debido a la Propagación de la Fisura (MFPP), basado en la falla por tracción diagonal que se produce en forma frágil, el crecimiento inestable de la fisura principia en la zona del punto de aplicación de la capacidad de transmisión del esfuerzos cortantes y el apoyo [15, 16, 17, 18, 19]. Es de mucho interés, que la estructura no empeore en su estabilidad estructural por la condición de falla a cortante y este siga en operación; manteniendo su Estado Límite de Servicio o sea su punto crítico y se establezca el Estado Limite Último (ELU) [18]. El objetivo de este trabajo es fortalecer, incrementar y a portar a consolidar el conocimiento en la seguridad estructural, debido a la fractura por cortante en vigas pretensadas para puentes tipos vigas, sujetos a movimientos sísmicos; y además que permita cuantificar la rigidez, la resistencia y la ductilidad de estos elementos pretensados.

III. FRACTURA A CORTANTE EN TENSIÓN DIAGONAL

Es de conocimiento que, los materiales utilizados en ingeniería han planteado fallas complejas a la humanidad; en la mayoría, la falla ocurre a nivel de esfuerzos por debajo de límite elástico de los materiales y estas se deben a cargas que varían con él tiempo. En general, la falla originada por una fractura es uno de los principales problemas en los materiales; clasificándose en fractura dúctil y fractura frágil, en ocasiones ambas fracturas ocurren en el mismo material. Comúnmente, las fracturas son totalmente dúctiles o totalmente frágiles. Es propio de la fractura dúctil, el mecanismo de deformación plástica desmesurado y es reconocido por la formación de deformación plástica permanente, elongación del material, reducción del área transversal debido a la variación de la carga y es propio de una fractura frágil en materiales no cristalinos la ocurrencia de deformación plástica debido a la aplicación de esfuerzos muy alto y temperaturas muy bajas [20, 21]. El aspecto fundamental de la mecánica de fractura es definir si la grieta que se presenta en el material permanecerá estable o se prologará en cierta condición de tensión debido a carga externa. La **Figura 1**, muestra la morfología de la fractura de tipo II en la viga pretensada en el que se introduce el factor de intensidad de tensiones K [22, 23, 24].

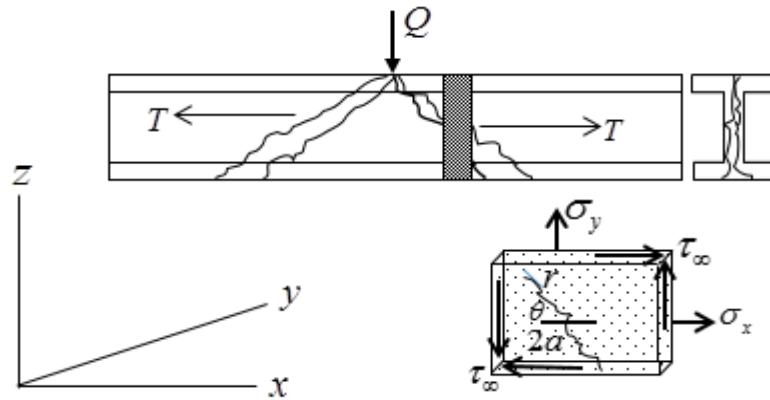


Figura 1. Morfología de la Fractura tipo II.

Es de gran aplicación el factor de intensidad de tensiones K en la MF, relacionándose con la Tasa de Liberación de Energía (TLE) G , mediante las propiedades elásticas del material, la grieta desarrolla un valor crítico denominándose factor de intensidad de tensiones crítico o factor de tenacidad a la fractura K_{IC} [24, 25, 26]. La grieta en un sólido representa los tres modos de tensiones, el modo I es cuando la grieta se desgarrar debido a la aplicación de tensiones normales al plano de fractura, el modo II es la aplicación de tensiones cortantes en el plano de fractura, el modo III es cuando se origina el desplazamiento de la superficie de fractura, en sentido opuesto a la aplicación de tensión en planos diferentes al plano de fractura La **Figura 2**, muestra a los tres modos de fractura [27].

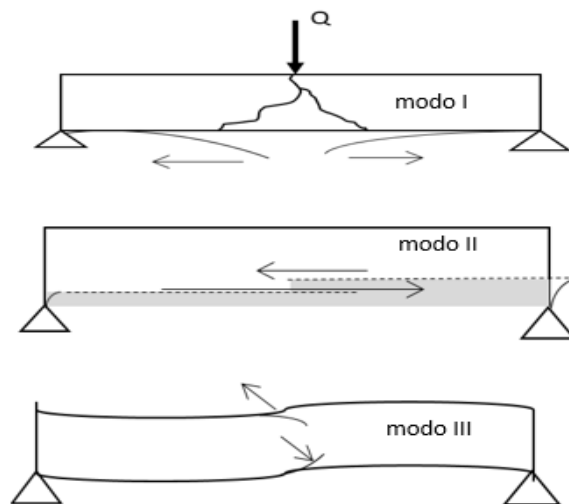


Figura 2. Principales modos de desplazamiento.

Generalmente se asume, que el campo de tensiones de la grieta está caracterizado por los factores de intensidad de tensiones K_I , K_{II} y K_{III} para los modos de carga I, II y III respectivamente [25]. Subsecuentemente, el esfuerzo y desplazamiento se expresan en términos de dos funciones complejas $\varphi(z)$ y $\psi(z)$ de la variable $z = x + iy$. El tipo de fractura que se presenta en la Viga Pretensada es el modo II, debajo del Plano de esfuerzos, como se muestra en la **Figura 1**, por condiciones de carga son:

$$\sigma_x = - \left[\frac{K_{II}}{(2\pi r)^{1/2}} \right] \sin \frac{\theta}{2} \left\{ 2 + \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \right\} \quad (1) \quad \sigma_y = \left[\frac{K_{II}}{(2\pi r)^{1/2}} \right] \cos \frac{\theta}{2} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = \left[\frac{K_{II}}{(2\pi r)^{1/2}} \right] \cos \frac{\theta}{2} \left\{ 1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right\} \quad (3)$$

Para una grieta interna de longitud $2a$ sujeto a esfuerzos cortantes, el factor de intensidad está dado por:

$$K_{II} = \tau (\pi a)^{1/2} \quad (4)$$

Los desplazamientos en la grieta para el modo II, el Plano de esfuerzos cortantes ante las condiciones de carga incluyendo a la tasa de liberación de energía está dado por:

$$u_x = \left[\frac{K_{II}}{2G} \right] \left[\frac{r}{2\pi} \right]^{1/2} \sin \left(\frac{\theta}{2} \right) \left\{ k + 1 + 2 \cos^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) \right\} \quad (4)$$

$$u_y = \left[\frac{K_{II}}{2G} \right] \left[\frac{r}{2\pi} \right]^{1/2} \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) \left\{ k - 1 + 2 \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) \right\} \quad (6)$$

Donde k se define como: $k = \left(\frac{3-\nu}{1-\nu} \right)$ para esfuerzos en el plano y $k = 3 - 4\nu$ para tensión en el plano [28, 29]. La siguiente ecuación describe la longitud de la grieta a nivel refuerzo en tensión y está dado por:

$$a_{\max} = 1.1\beta f_s \sqrt[3]{t_b A} \quad (7)$$

En donde a_{\max} está dado en mm, A es el área del concreto que rodea a cada varilla, t_b es el recubrimiento, f_s es el esfuerzo máximo de acero a nivel de carga de servicio y β es la relación de la tensión, la **Figura 3**, muestra la relación de tensión. h_1 Es la altura de eje neutro hasta al centroide de las varillas, h_2 es la altura desde el eje neutro hasta la fibra extrema en tensión, b es el ancho efectivo de la viga, N es el número de varillas, por lo que el área del concreto se rige por la siguiente ecuación [30, 31, 32]:

$$A = \frac{b(2t_b)}{N} \quad (8)$$

Al sustituir la ecuación (7) en (4), se tiene el siguiente factor de intensidad de tensiones

$$K_{II} = \tau \left(\left(1.1 \frac{h_1}{h_2} f_s \sqrt[3]{t_b A} \right) \pi \right)^{1/2} \quad (9)$$

La profundidad de la grieta debido a la tensión está dada por:

$$D = \frac{\frac{h_1}{h_2} E_c G_f}{f_{tc}^2} \quad (10)$$

En donde f_{tc} es el esfuerzo de tensión en el concreto por ancho de grieta, E_c módulo de elasticidad del concreto, G_f es la energía de fractura, D es la profundidad de la grieta [31, 32, 33].

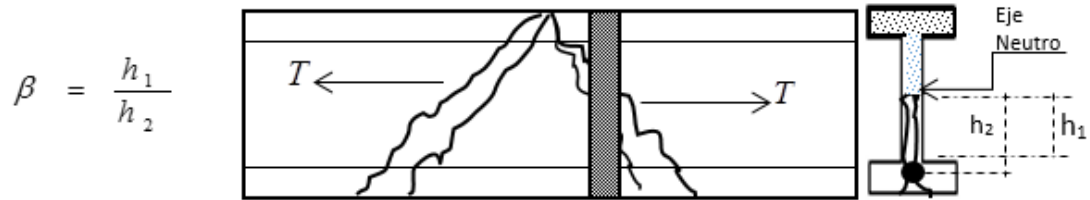


Figura 3. Relación de tensión.

III.I Propagación del espectro sísmico en la grieta

Las experiencias son notables, las ordenadas espectrales se incrementan por movimientos sísmico al respecto de los códigos vigentes: CFE, 2008, ASCE 7-10, NCh 433, etc., como en el caso de Chile en el 2010 con movimiento sísmico ($M_w=8.8$), Japón 2011 ($M_w=8.9$), se incrementó la ordena espectral, volviéndose importante la determinación de los espectros y más si está impactará en las fallas estructurales de puentes. Se tiene especial interés en la respuesta dinámica de las vigas pretensadas debido a que están diseñados bajo el supuesto de que estarán sometidas a grietas, fluencia y daños durante algún movimiento intenso del terreno, causado por el sismo; deformándose la viga pretensada, más allá de su límite elástico. Se admite que la pérdida de rigidez en las vigas pretensadas se debe a la formación de grietas y otros tipos de degradaciones de las respuestas sísmicas. Razón en Caracterizar el movimiento del terreno, para relacionar la energía sísmica en una grieta que se pueda expresar en términos de espectro de potencia, este incremento se introduce mediante la siguiente ecuación:

$$M_0\left(\omega, t - \frac{r}{v}\right) = M_o(\omega)W\left(t - \frac{r}{v}\right) \quad (11)$$

Donde $M_o(\omega)$ es el momento sísmico y $W\left(t - \frac{r}{v}\right)$ es el tiempo que representa el proceso de fractura. $v = \frac{1}{\sqrt{2}}$ Es la distribución del cortante total dentro de la componente horizontal, r es la longitud de la grieta y t es el tiempo de fractura.

Cuando $M_0(\omega) = 1.6 \times 10^{28}$ Hz corresponde a un momento de magnitud $M = 8.1$ por lo que la ecuación siguiente se expresa como [32, 33, 34, 35, 36, 37]:

$$M = \frac{2}{3} \log M_0 - 10.7 \quad (12)$$

III.II Confiabilidad por fractura a cortante

La integridad, es la vinculación directa de la confiabilidad y de la seguridad estructural para la evaluación de riesgo y de decisiones económicas. La grieta, es un tema muy importante pero polémico en la viga de concreto pretensado, se desea asegurar su resistencia en el diseño, que se rige por la tensión de la grieta, esta grieta es una respuesta en la disminución de la resistencia del concreto pretensado y, se alcanza cuando se presenta extensos agrietamientos longitudinales, a nivel del acero en tensión con cierto hundimiento en la zona de compresión al extremo de la grieta inclinada, y son provocados por la acción de la carga Q , la siguiente ecuación describe la seguridad estructural [35, 36]:

$$R - S > 0 \quad (13)$$

En donde R es la resistencia y S es la carga, expresado por: $R = g_R(R_1, \dots, R_n)$ y $S = g_S(S_1, \dots, S_n)$ están dados en términos de carga y resistencia, correspondiente a las condiciones de los estados límites $R = S$. La probabilidad de falla, en el caso de que sobre pase el estado límite está dado:

$$P_f = P(R < S) = \int F_R(S) f_S(S) ds \quad (14)$$

En donde $P(R < S)$ es la probabilidad del evento, F_R y f_S son las funciones de distribuciones acumulativa de probabilidad y la función de densidad por R y S , respectivamente [38, 39, 40].

IV. ANÁLISIS Y CONSECUENCIAS

La viga considerada para esta investigación es de tipo Nebraska, se muestra en la **Figura 4**. El sistema Nebraska está constituido por sólidos de concreto, constante de dos patines superiores e inferiores, la **Tabla 1**, muestra las características de este tipo de viga que es utilizada en puentes.

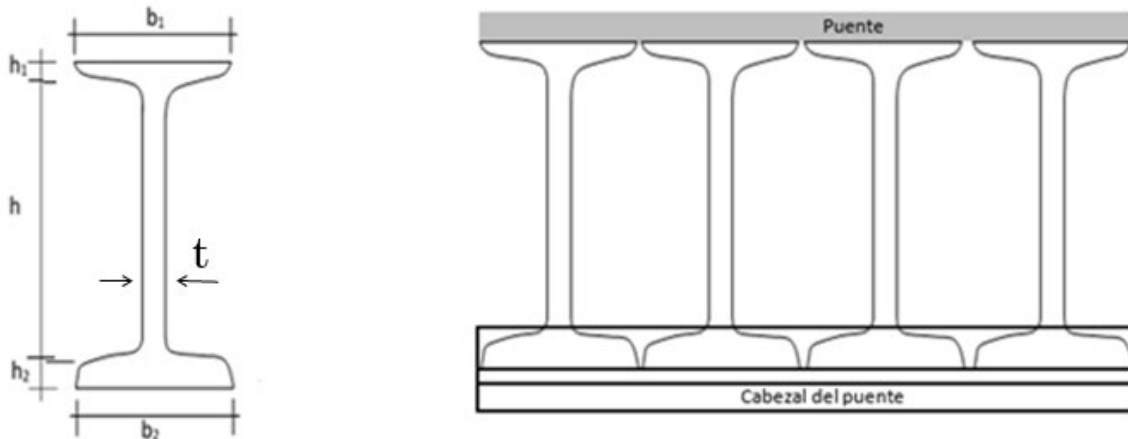


Figura 4. Particularidad de la viga Nebraska.

Tabla 1. Propiedades de la viga Nebraska.

Tipo	Peralte h_1 (cm)	Peralte h_2 (cm)	Peralte: h (cm)	Ancho de base: b_2 (cm)	Ancho de patín superior: b_1 (cm)	Espesor del Alma: t (cm)	Longitud del Claro: L (m)
Nebraska	10	15	240	102	127	20	50

IV.I Cargas consideradas en el análisis de la fractura

La ingeniería sísmica, asegura, que las construcciones se comporten de forma apropiada durante el evento sísmico, que se pudiera presentar durante la vida útil de las construcciones; así mismo, el presfuerzo genera esfuerzos de compresión en la sección transversal para reducir los esfuerzos de tensión, que aparecerán durante la vida útil del elemento; las cargas utilizada en esta evaluación de la fractura es: tipo de concreto clase I, el peso de la viga w_d es 1704 Kg., el esfuerzo de compresión σ_c del concreto es 300 Kg/cm²., el módulo de elasticidad E del concreto está dado en 9.8×10^5 Kg/cm², el coeficiente de poisson del concreto ν es 0.2, el coeficiente sísmico c es 0.32, factor de reducción sísmico Q es 3, la fuerza de presfuerzo es 144000 Kg.

IV.II Liberación de Energía Elástica por incidencia sísmica

La resistencia a la fractura de un material está determinada por la tasa de liberación de energía elástica, se libera cuando la fisura sobrepasa la región almacenada, ocasionando pérdida de energía de deformación del sólido debido a cargas externas. La **Figura 5**, muestra esta liberación de energía. La **Figura 5a**, muestra a la aceleración sísmica en una razón de 1.59 m/sg^2 con un periodo de 2.2 seg., se principia a liberar energía sísmica, decreciendo el esfuerzo resistente como se muestra en la **Figura 5b**., en 250 Kg/cm^2 . A medida que los esfuerzos decrecen, se pierde energía, dando origen a la grieta en 150 Kg/cm^2 del cual se propaga hasta generarse la grieta por la carga sísmica [41].

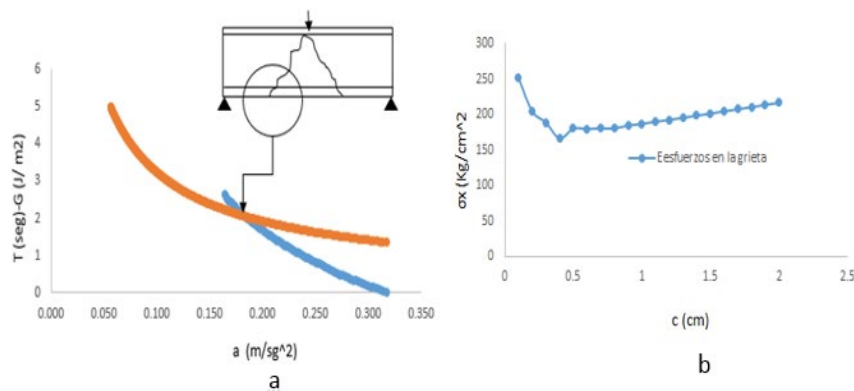


Figura 5. Espectro de energía sísmica.

Es de conocimiento, que el concreto posee una gran Resistencia a esfuerzos de compresión y menos resistencia a tensión; por lo que su función es resistir los esfuerzos de compresión, que se inducen en los elementos de concreto presforzado. Siendo necesario, reforzar por acero de refuerzo de forma que estas resistan las fuerzas de tensión que se inducen en los elementos debido a cargas externas. La **Figura 6**, muestra el factor de intensidad de esfuerzos que se generan en la propagación de la grieta debido a carga sísmica, como se nota en la deformación por cortante debido a la aceleración espectral.

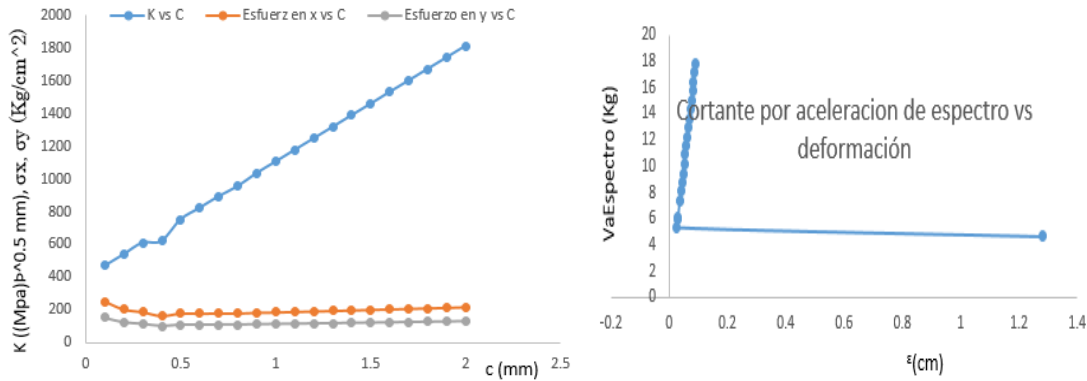


Figura 6. Intensidad de esfuerzos.

La **Tabla 2**, muestra unos resultados de factores de intensidad de esfuerzos, debido a la aceleración del espectro sísmico, dándose a conocer los esfuerzos en las direcciones σ_x , σ_y ; el factor de intensidad de esfuerzos K , el esfuerzo cortante τ , la tasa de liberación de energía G , la fuerza cortante V por aceleración sísmica y la deformación por abertura de grieta ϵ .

Tabla 2. Factor de intensidad de esfuerzos.

c(grieta) mm	σ_c (kg/cm ²)	Vcortante (kg) por aceleración espectral	G energia de fractura	factor de intensidad K carga espectral	σ_x	σ_y	cortante tensional τ	Esfuerzo y deformación
0.1	300	4.63	0.02885143	470.4891524	251.490371	-154.037195	-201.409068	1.28311414
0.2	300	5.32	0.05770286	540.6052464	204.332291	-125.152995	-163.641957	0.02714286
0.3	300	6.02	0.08655429	611.7375156	188.788804	-115.632649	-151.193769	0.03071429
0.4	300	6.12	0.11540571	621.8992684	166.211779	-101.80428	-133.112689	0.03122449
0.5	300	7.41	0.14425714	752.9858789	180.000444	-110.249802	-144.155506	0.03780612
0.6	300	8.1	0.17310857	823.1019729	179.617962	-110.015532	-143.849191	0.04132653
0.7	300	8.8	0.20196	894.2342421	180.664999	-110.65684	-144.687723	0.04489796
0.8	300	9.4	0.23081143	955.2047586	180.51913	-110.567495	-144.570902	0.04795918
0.9	300	10.19	0.25966286	1035.482605	184.498696	-113.004969	-147.757985	0.0519898
1	300	10.88	0.28851429	1105.598699	186.882771	-114.465209	-149.6673	0.0555102
1.1	300	11.58	0.31736571	1176.730969	189.649887	-116.16006	-151.883377	0.05908163
1.2	300	12.27	0.34621714	1246.847063	192.395234	-117.841578	-154.082022	0.06260204
1.3	300	12.96	0.37506857	1316.963157	195.242202	-119.585338	-156.36205	0.06612245
1.4	300	13.66	0.40392	1388.095426	198.301981	-121.459445	-158.81251	0.06969388
1.5	300	14.35	0.43277143	1458.21152	201.254983	-123.268151	-161.177458	0.07321429
1.6	300	15.054	0.46162286	1529.750259	204.424193	-125.209284	-163.715557	0.07680612
1.7	300	15.74	0.49047429	1599.459883	207.357925	-127.006187	-166.065071	0.08030612
1.8	300	16.44	0.51932571	1670.592152	210.477623	-128.916994	-168.563519	0.08387755
1.9	300	17.13	0.54817714	1740.708246	213.462176	-130.745025	-170.953734	0.08739796
2	300	17.83	0.57702857	1811.840516	216.559239	-132.641968	-173.434053	0.09096939

IV. Seguridad por Grieta en Concreto de Viga Presforzada

En todas las estructuras de concreto y como acero, se desea asegurar su resistencia en el diseño, por lo que se analiza su confiabilidad como medida de desempeño de su función durante el periodo de su vida útil; la **Figura 7**, muestra la confiabilidad de la viga de concreto presforzado por carga sísmica. La ecuación que describe el estado límite de falla está dada por:

$$P_f = \phi(-\beta) \quad (15)$$

En donde ϕ es la distribución acumulada y β es el índice de seguridad, siendo el parámetro de medición de la probabilidad de falla y está dado por la siguiente ecuación.

$$\beta = \frac{\mu}{\sigma} \quad (16)$$

En donde μ es la media y σ es la desviación estándar.

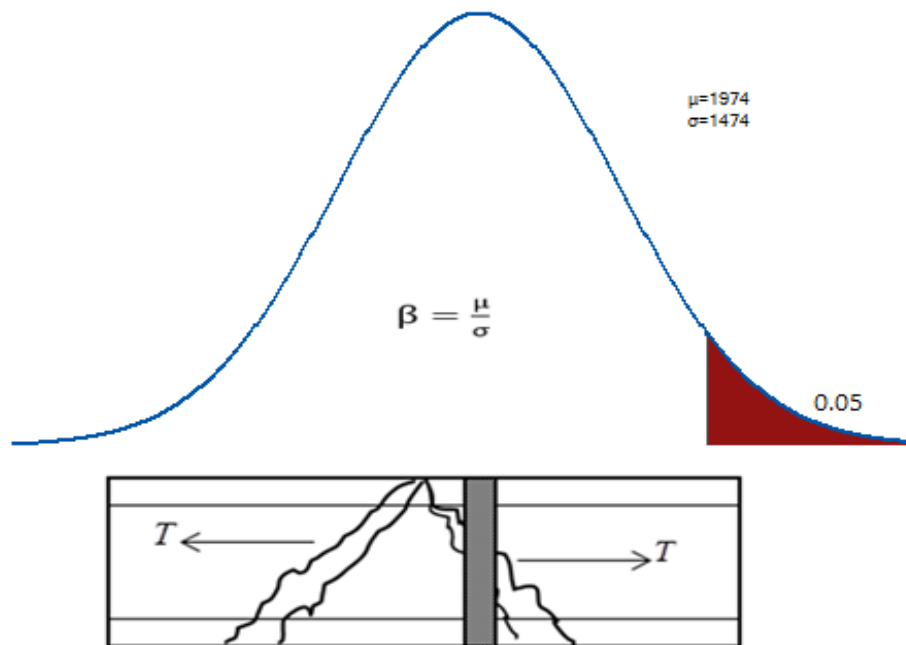


Figura 7. Probabilidad de falla en vigas a cortante tensional.

La **Figura 7**, muestra un índice de confiabilidad de 1.33. Aplicando la ecuación (15), se tiene la probabilidad de falla por cortante tensional en ocurrencia sísmica esta dado en 0.917E-01. Se ha establecido el valor del presfuerzo de 14,4000 Kg., a la tensión. La tendencia de variar los esfuerzos de tensión está en 1474 Kg por arriba del valor establecido con un coeficiente de variación en 0.746 Kg.

V. CONCLUSIONES

Se ha presentado la confiabilidad por cortante tensional debido a carga sísmica en vigas de concreto presforzado, en este estudio se ha hallado que la fractura por cortante tensional se debe a la degradación de la energía elástica según la mecánica de la fractura; existe una probabilidad del 9.17% que por fuerza sísmica las vigas pretensadas presenten grietas a tensión en un margen de seguridad de 1.33 en las vigas que se encuentren instalado en los puentes existentes tipos vigas.

VI. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por facilitar el desarrollo de la presente investigación.

VII. REFERENCIAS

- [1] Edgar Muñoz y David Gómez, 2013. Análisis de la evolución de los daños en los puentes de Colombia. Rev. Ingeniería y Construcción, Vol. 28, No. 1, Pp. 37-62.
- [2] James C. Ray, et al., 2007. Evaluación de daños y reparaciones propuestas por las fuerzas armadas estadounidenses para puentes ubicados en zona de combate. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 7(2-3) 213.
- [3] Franz Sauter, 2012. Evaluación de daños en puentes y otras estructuras civiles causados por terremoto de limón. Rev. Geol. Amer. Central vol. esp. pp. 171-186.
- [4] Nilson Tadeu Mascia y Artur Lenz Sartorti, 2011. Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales. Revista Ingeniería de Construcción Vol. 26 N°1, pp.5-24.
- [5] S. Echazú Lamas, et al. 2010. Vigas de hormigón armado reforzadas y /o reparadas con materiales compuestos. http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%202/CINPAR%20113.pdf.

- [6] American association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (1994). LRFD, Bridge Design Specification, Washinton, D. C.
- [7] ACI 318-02, (2002). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary". PCA 2002.
- [8] Bases de cálculo de estructuras de hormigón armado y pretensado (2003). Basado en Eurocódigo 2. UNE-EN 1990.
- [9] Ontario Highway Bridge Design Code (OHBDC), (1983). Ministry of Transportation of Ontario, Highway Engineering División, Downsview, Ontario, Canada.
- [10] Prevalesa, S.L. (2008). Ficha de características técnicas - según EHE-08 - del forjado de viguetas pretensado modelo DITECO T12. Valencia.
- [11] Kwak et al., 2002. Shear Strength of Steel Fiber-Reinforced Concrete Beams without Stirrups. ACI Structural Journal, vol. 99, No. 4, pp. 530-538.
- [12] Turmo et al., 2008. Estudio del comportamiento de vigas de hormigón reforzado con fibras. Rev. Materiales de Construcción, vol. 58, No. 292, pp. 5-13.
- [13] ACI-544. 2010. Report on the Physical Properties and Durability of Fiber-Reinforced Concrete (ACI 544.5R-10), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, EUA.
- [14] ACI-Comité 544. 1996. State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.1R-96), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, EUA.
- [15] Carmona, J. R., Ruiz, G. (2015). Evaluación de la carga de fallo por tracción diagonal en vigas de hormigón armado sin cercos a través del estudio del efecto de tamaño. Informes de la Construcción, 67(539): e109, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.092>.
- [16] Julián Carrillo, Angélica P. Barrera-Peñaloza, Dago A. Acosta, 2014. Evaluación del desempeño a tensión por compresión diametral del concreto reforzado con fibras de acero ZP-306. Rev. Ingeniería y Competitividad, Vol. 16, No.1, Pp. 247-258.
- [17] Miguel Fernández Ruiz, Juan Sagaseta Albajar y Aurelio Muttoni, (2012). La teoría de la fisura crítica como base teórica para el diseño de losas frente a punzonamiento en el nuevo Código Modelo 2010. Spain, Rev. Structural Concrete Laboratory of EPFL, Vol. 63, No. 263, Pp. 48-63.
- [18] Medina C., (2015). Desempeño De Secciones De Hormigón Armado A Flexo Compresión Mediante El Análisis De La Relación Momento Curvatura. Revista Politécnica, Vol. 35, No. 3, Pp. 1-6.
- [19] Reinhardt, H.W. (1981). Similitude of brittle fracture of structural concrete. En Advanced Mechanics of Reinforced Concrete, Delf, IASBE Colloquium (pp. 117-130)

- [20] Luis Guillermo Loría Salazar, (2013). Breve resumen sobre los conceptos más importantes de la Mecánica de la Fractura, Boletín técnico, PITRA-LanammeUCR (Universidad de Costa Rica). Vol. 4, No. 39.
- [21] David Broek., (1984). Elementary Engineering Fracture Mechanics. Publishers Martinus Nijhoff, the Netherlands, Pp. 1-8
- [22] A.A. Griffith, (1921). The Phenomena of Rupture and Flow in Solids. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, A221, 163-198.
- [23] Anderson, T.L., (2005). Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications. Department of Mechanical Engineering, Texas A&M University, College Station, Texas. CRC Press.
- [24] Irwin, G.R., (1957). Analysis of Stresses and Strains Near the End of a Crack Traversing a Plate. Journal of Applied Mechanics, Vol. 24, pp. 361-364.
- [25] Westergaard, H.M., (1939). Bearing Pressures and Cracks. Journal of Applied Mechanics, Vol. 6, pp. A49-53.
- [26] Broek, D. (1986). Elementary engineering fracture mechanics. Ed.4th. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, Pp.516.
- [27] Eduardo A. Pérez Ruiz y Roberto Martines de Souza, (2004). Analisis por Elementos Finitos de la Propagación de Grietas Circulares Durante la Indentación de Sistemas Recubiertos, Rev. Scientia et Technica Año X, No 25, Pp. 95-99.
- [28] M. F Kanninen and C. H. Popelar, (1985). Advanced Fracture Mechanics. Oxford University Press, New York.
- [29] I.S. Sokolnikoff, (1956). Mathematical Theory of Elasticity. McGraw-Hill, New York. Pp. 179-180.
- [30] Gergely, P., and Lutz, L. A., (1968) "Maximum Crack Width in Reinforce Concrete Flexural Members," Causes, Mechanism, and Control of Crackllg III Concrete. SP-20. American Concrete Institute, Detroit, Mich., Pp. 87-117.
- [31] Jin-Keun Kim and Yon-Dong Park, (1996). Prediction of Shear Strength of Reinforced Concrete Beams without Web Reinforcement, ACI Materials Journal, V. 93, No. 3. Pp. 213-222.
- [32] Kenneth W. Campbell, (2003). Prediction of Strong Ground Motion Using the Hybrid Empirical Method and Its Use in the Development of Ground-Motion (Attenuation) Relations in Eastern North America, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 93, No. 3, pp. 1012–1033.
- [33] David M. boore and gail m. atkinson, (1987). Stochastic Prediction of Ground Motion and Spectral Response Parameters at Hard-Rock Sites in Eastern North America. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 77, No. 2, pp. 440-467.

- [34] Papageoriou A.S. and Aki, K., (1983). "A Specific Barrier Model for the Quantitative Description of Inhomogeneous Faulting and the Prediction of Strong Ground Motion", I. Description of the Model, II. Application of the Model, Bull.Seism.Soc.Am., Vol. 73, pp. 693-722, pp. 953-978.
- [35] Carmona, J. R., Ruiz, G. (2015). Evaluación de la carga de fallo por tracción diagonal en vigas de hormigón armado sin cercos a través del estudio del efecto de tamaño. Informes de la Construcción, 67(539): e109, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.092>.
- [36] Juan José Hernández Santana, (2014). The approach of the ACI-318 for crack control. A vision from the Cuban reality, Revista de la Construcción vol.13 no.2, Santiago.
- [37] Japan Society of Civil Engineering, (2000), Earthquake resistance design codes in Japan, Earthquakes Engineering Committe and Japan Society of Civil Engineering, Tokyo.
- [38] Sergio Andrés Vanegas Herrera y Gustavo Chio Cho, (2014). Reliability Index β Evaluation of the Girders of a Bridge Using Counts of Real Traffic (TPDS) by Simulation, Rev. Tecnura Vol. 18 No. 42. Pp. 78 – 89.
- [39] Jorge Medina y Carlos Quintero Febres, (2015). Statistical Parameters of the Shear Resistance of Reinforced Concrete Beams, Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 14(1-2). Pp. 59-70.
- [40] Edgar Muñoz, Jorge Alonso Prieto y Nelson Obregón, (2003). Bridge Evaluation Techniques by Partial Reliability Criteria. Case Study: A Prestressed Concrete Bridge, Rev. Ingeniería de Construcción, Vol. 18, No. 3. Pp. 156-163.
- [41] A. Boyano, J. de Gracias, A. Arrese y F. Mujika, (2017). Tasa de Liberación de energía Equivalente y Estabilidad de Grieta en la Configuración ENFR de modo mixto I/II, Rev. Asociación Española de Materiales Compuestos, Vol. 1, No. 1. PAG. 117-122.

REOLOGIA LINEAL DEL SISTEMA DECILSULFATO DE ANILINIO (DeSAn)/Agua

Lilibeth Pérez de la Cruz
Ely Suárez Álvarez
Germán Pérez Hernández
Juan Barajas Fernández
Juan Gabriel Álvarez Ramírez

I. RESUMEN

Los tensoactivos polimerizables han ganado la atención de la comunidad científica esto debido a su versatilidad de uso dentro de la industria, además que al utilizar tensoactivo polimerizables se evita el uso de monómeros ya que el mismo tensoactivo puede ser polimerizable. Este trabajo reporta la síntesis y caracterización reológica del tensoactivo polimerizable catiónico decilsulfato de anilinio (DeSAn). El DeSAn se prepara por una reacción de sustitución entre el clorhidrato de anilina y el decilsulfato de sodio. La identificación del tensoactivo fue a través de la espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier. Para el estudio reológico del sistema DeSAn/agua se analizaron las concentraciones del 1, 2, 3, 4, 5 y 10% en peso de DeSAn, efectuándose mediciones reológicas dinámicas, se confirma la formación de micelas esféricas.

II. INTRODUCCIÓN

La tensoactivos son sustancias anfifílicas que disminuyen la tensión superficial y pueden formar microestructuras, las cuales se han empleado exitosamente en la liberación de medicamentos entre otras aplicaciones [Messina y col., 2016].

Los tensoactivos polimerizables son aquellos que presentan un grupo polimerizable ya sea en el extremo de la porción hidrofóbica o en el contraión. El interés inicial fue la conservación de las estructuras micelares para su posible polimerización [Guyot, 1996]. Además, este tipo de tensoactivo tienen la característica de adaptabilidad, es decir, nuevas moléculas pueden unirse a las microestructuras o separarse según sea el caso. En la literatura se puede encontrar ejemplos como la polimerización de

undecanoato de sodio usando radiación gamma [Larrabbe y Sprague, 1979], polimerización de vesículas [Regen y col., 1980] y el efecto del contraión en la autoasociación de tensoactivos polimerizables [Samakande y col., 2006].

En este trabajo se propone la síntesis y el estudio reológico lineal del tensoactivo decilsulfato de anililio con diez carbonos, de acuerdo al procedimiento reportado por Zaragoza y col. (2012) que reporta la síntesis del dodecilsulfato de anilinio con doce carbonos. La anilina (amino benceno) es un compuesto orgánico de gran aplicación en la construcción de electrodos que pueden ser utilizados en celdas de combustible, esto se debe a que sus anillos proveen una nube de electrones que hacen de este polímero un elemento conductor electrónico en alto grado. Por lo que, se espera que el tensoactivo polimerizable decilsulfato de anilinio (DeSAn) adquiera esta propiedad y presente la posibilidad de obtener compuestos de polímeros eléctricamente conductores como lo reportado en los trabajos de Huerta-Marcial y col. (2017a, 2017b, 2017c).

III. OBJETIVOS Y METAS

Sintetizar el tensoactivo polimerizable decilsulfato de anilinio de y realizar un análisis reológico lineal a través de experimentos dinámicos en estado estacionario.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El decilsulfato de anilina (DeSAn) se sintetizó a partir de una reacción de sustitución del ion Na^+ por el ión anilinio $[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]^+$ tomando como referencia el trabajo de Zaragoza (2012), el procedimiento se describe a continuación: Se prepararon 200 ml de solución acuosa al 5% en peso de decilsulfato de sodio y una segunda solución 200 ml al 5% en peso de clorhidrato de anilina. La solución de decilsulfato de sodio se colocó en un equipo para venoclisis (goteo regulado), uno de los extremos de la manguera de este equipo se introdujo en el matraz que contiene la solución de clorhidrato de anilina, se selló perfectamente y se colocó 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 tensoactivo precipitara (el cual se observó depositado sobre las paredes del

matraz). La solución se retiró del refrigerador cuando el tensoactivo se depositó en el fondo del matraz.

Posteriormente, el tensoactivo se separó por decantación de la solución y se depositó en cajas Petri para someterlo a un proceso de secado a 30 °C por 3 días; el resto de la solución se refrigeró nuevamente, para repetir el procedimiento y extraer la mayor cantidad de tensoactivo. El proceso de refrigeración se realizó tres veces. La homogenización del tensoactivo se llevó a cabo por molienda en un mortero de ágata, dejándolo en un recipiente de vidrio sellado.

Se prepararon soluciones a diferentes concentraciones de DeSAn en agua. Estas se prepararon pesando las cantidades apropiadas de tensoactivo y agua en viales de 20 cm³ y se sellaron con teflón para evitar fugas. Posteriormente se dejaron reposar a una temperatura de 30°C por un periodo de dos días. Para determinar el comportamiento reológico lineal del sistema DeSAn/Agua se utilizó un reómetro de deformación controlada TA-ARES 22. Se realizaron barridos de deformación, frecuencia y de temperatura del sistema DeSAn/Agua en un intervalo de concentraciones de 1 a 10 % en peso del tensoactivo y las temperaturas 30, 40, 50 y 60°C.

V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a) Identificación del DeSAn

Una vez realizada la síntesis se llevó a cabo la identificación del tensoactivo por la técnica de espectrometría infrarroja. Esta técnica permite identificar los grupos funcionales de moléculas que forman parte de la estructura del tensoactivo. El espectro de los compuestos dodecilsulfato de sodio y dodecilsulfato de anilinio se muestran en la figura 1 con esta referencia es posible comparar y verificar la adición del grupo anilinio a la cadena del decilsulfato.

La figura 1 muestra el espectro infrarrojo del tensoactivo decilsulfato de anilinio, en el cual se identifican las bandas 2958.93 cm⁻¹ correspondientes al estiramiento simétrico del enlace C-H de los grupos -CH₃, 2851.88 y 2922 cm⁻¹ a las bandas simétricas y asimétricas de estiramiento del enlace C-H de los grupos -CH₂-, respectivamente. La banda a 1472.71 sugiere la vibración de flexión del enlace C-H de los grupos -CH₃. Los picos a 1198.81 y 1223.89; y 1059.93 cm⁻¹ corresponden a las vibraciones simétricas y

asimétricas del enlace S=O₂. Las bandas a 816.89 y 970.24 cm⁻¹, representan respectivamente el estiramiento simétrico y asimétrico del enlace S-O. La banda a 742.63 cm⁻¹ corresponde a la vibración oscilante del enlace C-H del grupo -CH₂-.

Se encontró, además, que el pico a 2651.27 cm⁻¹ corresponde al grupo ⁺NH₄, mientras que las bandas 1540.23 y 1600.99 cm⁻¹ corresponden a las vibraciones simétricas y asimétricas del enlace N-H de este grupo, respectivamente. Los picos a 1472, 970 y 742 cm⁻¹, corresponden a ondas y vibraciones de flexión fuera de plano del enlace C-H del grupo anilinio. Estos conjuntos de bandas confirman la presencia del contraion en el tensoactivo DeSA_n.

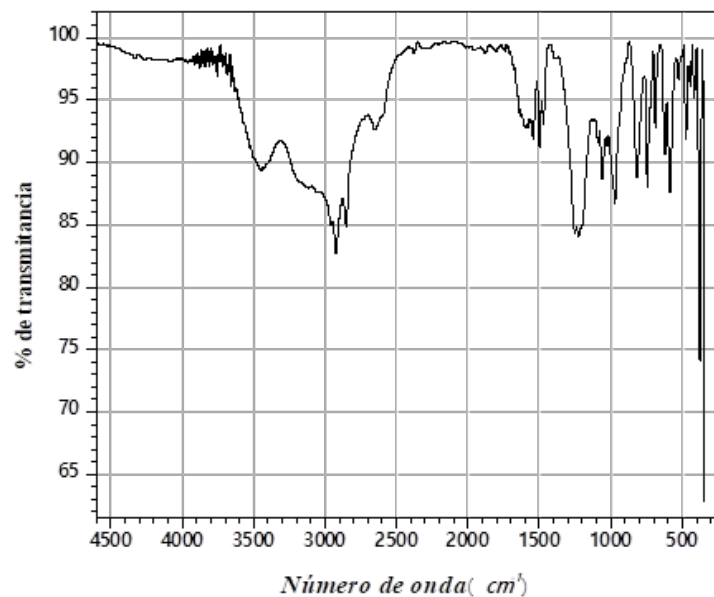


Figura 1. Espectro FTIR para el decilsulfato de anilinio (DeSA_n)

b) Barridos de deformación

Los barridos de deformación del sistema DeSA_n/agua se realizaron a una frecuencia de 10 rad/s con un intervalo de deformación del 0.1 – 100 % de deformación. Las temperaturas de trabajo fueron de 30, 40, 50 y 60 °C con el fin de evaluar la zona viscoelástica lineal para este sistema.

La figura 2 muestra los módulos elásticos (G') y viscoso (G'') en función del porcentaje de deformación de las muestras con diferentes concentraciones y a diferentes temperaturas. Para la concentración de 1% en peso de DeSA_n, su comportamiento

dominante es el viscoso. Para las concentraciones del 2%, 3%, 4% 5%, y 10% en peso de DeSAN el valor de G' es mayor al de G'' por lo cual exhibe un comportamiento dominante es el elástico.

Para la concentración del 1% en peso de DeSAN, el módulo elástico es independiente de la deformación, exhibiendo el sistema una amplia zona visco elástica lineal, hasta el 40% de deformación. Para las demás concentraciones se observa el mismo comportamiento.

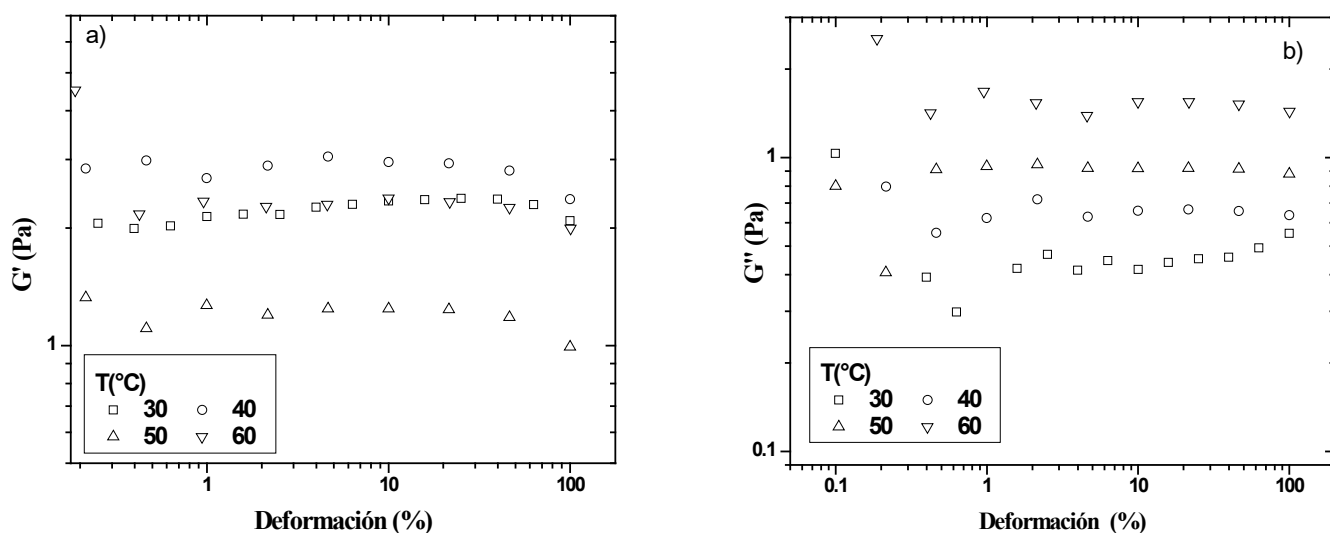


Figura 2. Módulo elástico (G') y viscoso (G'') en función del porcentaje de deformación para la concentración del 1% en peso de DeSAN.

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos para la concentración del 2% en peso de DeSAN el efecto de la temperatura sobre el módulo elástico, el cual disminuye al aumentar la temperatura. A 30°C el valor del módulo es de 47 Pa, y disminuye hasta a 37 Pa a 60°C. Para todas las temperaturas la zona visco elástica lineal se extiende hasta un 41% de deformación.

Para la concentración del 4% en peso del DeSAN a medida que aumenta la temperatura el valor del módulo elástico aumenta también. A 30 °C el valor es 43 Pa, a 40 °C se tiene 55 Pa, para 50°C se tiene un máximo de 68 Pa y finalmente a 60°C se tiene el valor de 38 Pa.

a) Barrido de frecuencia.

Los barridos de frecuencia del sistema DeSAN/Agua se realizaron en la zona visco elástica lineal con una deformación del 10 %, en un intervalo de frecuencia de 0.1-100 rad/s. Se analizaron las mismas soluciones que se usaron en los barridos de deformación. Se observó en todas las muestras analizadas para frecuencias inferiores a la frecuencia de cruce, el comportamiento que predomina es el viscoso, a medida que aumenta la frecuencia se llega a la frecuencia de cruce (la frecuencia de cruce se relaciona con el tiempo característico principal del sistema) y hay un cambio de comportamiento, de viscoso a elástico. Con el aumento de la temperatura, la frecuencia de cruce aumenta.

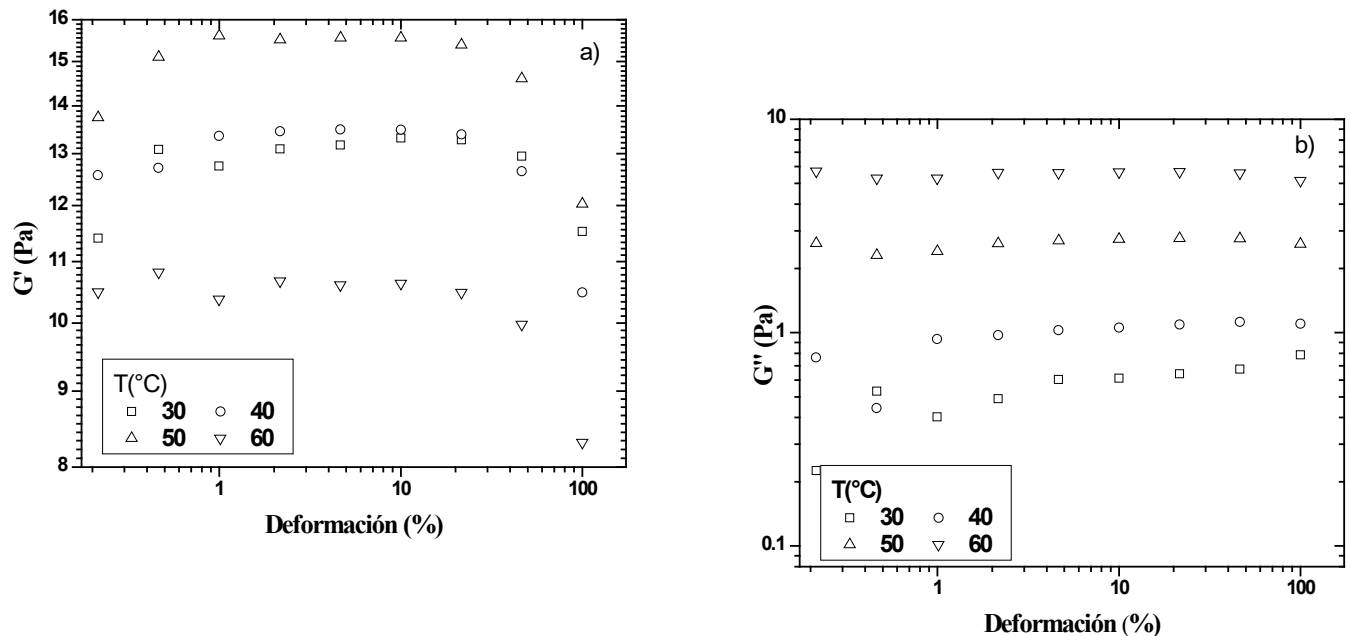


Figura 3. Módulo elástico (G') y viscoso (G'') en función del porcentaje de deformación para la concentración del 2% en peso de DeSAN.

En la figura 4, se muestran los barridos de frecuencia de la concentración del 1% en peso de DeSAN a las temperaturas de 30°C, 40°C, 50°C y 60°C. Los barridos de frecuencia fueron dependientes de la temperatura, a medida que aumenta la temperatura también aumenta la frecuencia de cruce. Para la temperatura de 30°C la frecuencia de cruce fue 0.0126 rad/s, a 40°C de 0.1273 rad/s, a 50°C de 0.2164 rad/s y para la

temperatura de 60°C la frecuencia de cruce fue 48.3436 rad/s. El valor del módulo elástico a altas frecuencias fue 2 Pa, y varió muy poco con la temperatura.

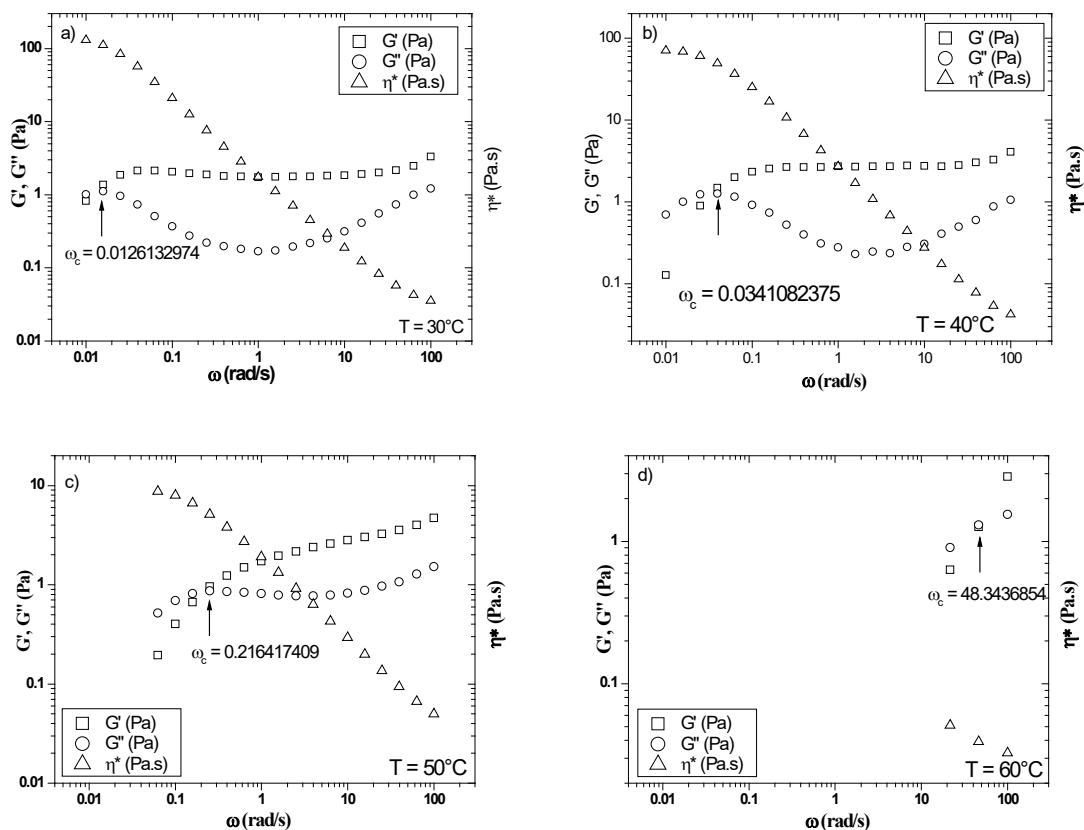


Figura 4. Módulo elástico (G') y viscoso (G'') en función de la frecuencia para la concentración del 1% en peso de DeSAN a 30, 40, 5' y 60 °C

En el caso de la temperatura de 60°C debido a que la muestra fue fluida, se secó rápido y la medición fue difícil.

Analizando los resultados obtenidos para la solución con un contenido del 2% de DeSAN, se observa la misma tendencia en la frecuencia de cruce y sus valores son 0.03320, 0.171, 0.7615, y 4.1848 a 30, 40, 50 y 60 °C respectivamente. El valor del módulo elástico es de 14 Pa a 30°C, y cambia muy poco conforme aumenta la temperatura.

Para la concentración del 3% en peso de DeSAN, la frecuencia de cruce para la temperatura de 30°C es 0.01502rad/s, a 40°C es 0.05891 rad/s, a 50°C es 0.4494 rad/s y 60°C es 2.6143 rad/s.

Para la concentración del 4% en peso de DeSAN, la frecuencia de cruce para la temperatura de 30°C es 0.0777 rad/s, a 40°C es 0.1966 rad/s, a 50°C es 0.9816 rad/s y 60°C es 9.5472 rad/s. El valor del módulo elástico a 30°C es 45 Pa, y este aumenta a medida que aumenta la temperatura llegando a 92.7491 Pa a 60°C este aumento en los valores del módulo elástico se debe a la estabilidad de la estructura formada.

Para la concentración del 5% en peso de DeSAN, la frecuencia de cruce para la temperatura de 30°C es 0.02269 rad/s, a 40°C es 0.1058 rad/s, a 50°C es 0.5291 rad/s y 60°C es 3.5961 rad/s. El valor del módulo elástico es de 90 Pa a 30°C, y no varía conforme aumenta la temperatura.

Finalmente, para la concentración del 10% en peso de DeSAN, la frecuencia de cruce para la temperatura de 30°C es 0.03267 rad/s, a 40°C es 0.1452 rad/s, a 50°C es 0.7912 rad/s y 60°C es 4.9893 rad/s. El valor del módulo elástico es de 250 Pa a 30°C, y para la temperatura de 40°C su valor es de 340 Pa y cambia muy poco para las temperaturas de 50°C y 60°C.

En las figuras 5a, 5b, y 6 se muestran la dependencia de tiempo principal de relajación (τ_R), la viscosidad de corte cero (η_0), y el módulo de Plateau (G_0) en función de la concentración de DeSAN y la temperatura.

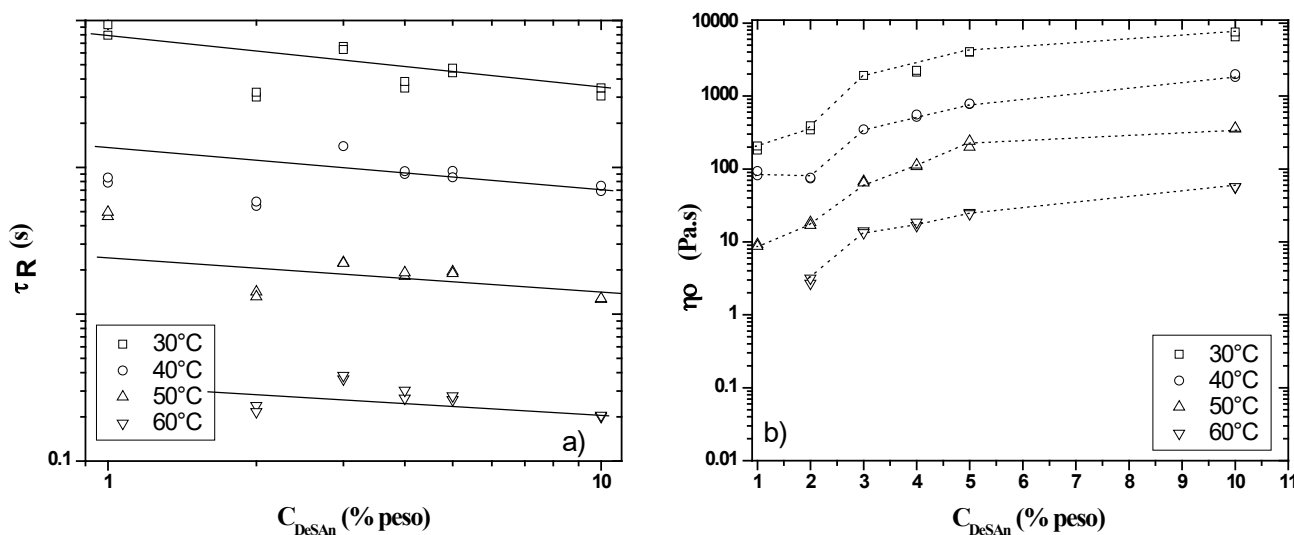


Figura 5. (a) Tiempo de relajación (τ_R) y (b) Viscosidad de corte cero (η_0) en función de la concentración de DeSAN en por ciento en peso.

Se observa que todas las propiedades se modifican conforme aumenta la concentración de tensoactivo, y también que el τ_R disminuye con la concentración y la temperatura, mientras que la viscosidad de corte cero (η_0) aumenta con la concentración y disminuye con la temperatura varía fuertemente con la concentración y la temperatura, a medida que aumenta la concentración, pero disminuye con el aumento de la temperatura. El módulo de Plateau (G_0), aumenta con la concentración, pero es independiente de la temperatura.

El módulo G_0 se incrementa con la concentración en forma exponencial y la correlación presenta una pendiente de 2.17 en el intervalo de concentraciones del 1 – 10% en peso de DeSA_n, como la pendiente no varía, indica que se conserva la estructura.

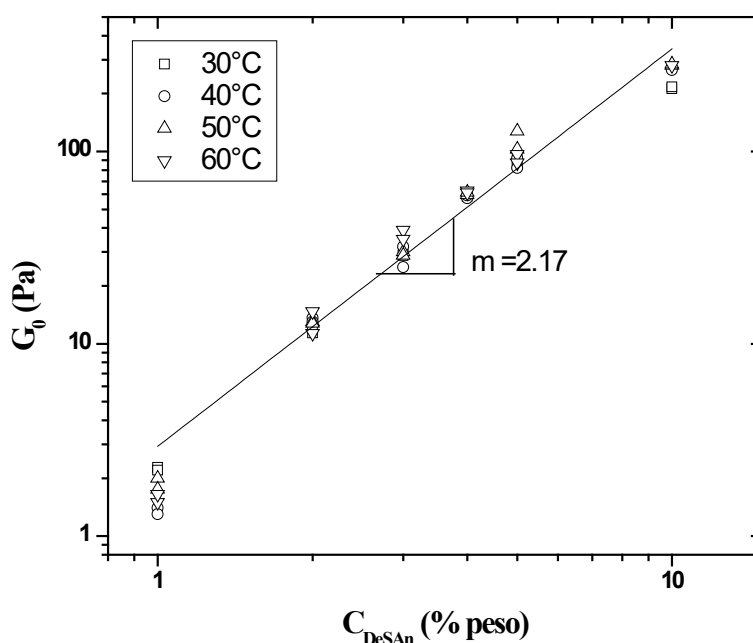


Figura 6. Módulo elástico (G_0) en función de la concentración de DeSA_n en por ciento en peso.

VI. CONCLUSIONES

Se sintetizó el tensoactivo decilsulfato de anilinio (DeSA_n) de diez carbonos mediante un procedimiento similar al reportado por Zaragoza (2012) para un tensoactivo de doce carbonos, y se comprobó su obtención mediante la técnica de espectroscopia de infrarrojo.

Para el estudio reológico del sistema DeSAn/agua se analizaron las concentraciones del 1, 2, 3, 4, 5 y 10 por ciento en peso de DeSAn, efectuándose mediciones reológicas lineales.

Para los barridos de deformación, todas las muestras presentan el mismo comportamiento con una zona visco elástica hasta el 40% aproximadamente.

A medida que la concentración de DeSAn aumenta, el valor del módulo elástico también aumenta, pero al llegar a la temperatura de 60°C el módulo elástico disminuye y es debido a que las micelas se rompen a esta temperatura. Para los barridos de frecuencia, en general, para todas las concentraciones se observó que la frecuencia de cruce aumenta a medida que aumenta la temperatura. El aumento de la frecuencia de cruce con la temperatura nos indica que el tiempo característico del sistema disminuye, lo cual quiere decir que los enredamientos de las micelas son menores y por lo tanto requieren menos tiempo para relajarse.

VIII. REFERENCIAS

- Guyot A. (1996). Polymerizable surfactants, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*, 1, 580–586.
- Larrabee C., Sprague E.D. (1979). Radiation-induced polymerization of sodium 10-undecenoate in aqueous micelle solutions, *J. Polym. Sci. Polym. Lett. Ed.*, 17, 749–751.
- Huerta-Marcial S.T, Landazuri G., Macias-Balleza E.R., Corrales-Rivera L.C., Ruso J.M., Puig J.E., Soltero J.F.A. (2017a). Effect of the aniline hydrochloride hydrotrope on the microstructure of SDS/ water system: Linear rheological behavior, *Coll. And Surf A.*, 523, 19-26.
- Huerta-Marcial S.T, Landazuri G., Macias-Balleza E.R., Corrales-Rivera L.C., Ruso J.M., Puig J.E., Soltero J.F.A. (2017b). The Effect of Aniline Hydrochloride Hydrotrope on the Phase Behavior of SDS/Water System, *Journal of Surfactants and Detergents*, 20(3), 659-671.
- Huerta-Marcial S.T, Figueroa-Ochoa E.B., Corrales-Rivera L.C., Ramallo M.V., Ruso J.M., Puig J.E., Soltero J.F.A. (2017c). Changes in thermodynamic and structural characteristics of polymerized and monomer surfactants induced by introduction of a hydrotrope. *Journal of Molecular Liquids* 246 (2017) 197–207
- Messina P., Rial R., Ruso J. (2016). Models for self-assembly of nanoscale systems with biomedical applications, *Curr. Pharm. Des.*, 22, 5211–5220.
- Regen S.L., Czech B., Singh A. (1980). Polymerized vesicles, *J. Am. Chem. Soc.*, 102, 6638–6640.
- Samakande A., Hartmann P.C., Sanderson R.D. (2006). Synthesis and characterization of new cationic quaternary ammonium polymerizable surfactants, *J. Colloid Interface Sci.*, 296,316–323.
- Zaragoza-Contreras E.A., Stockton-Leal M., Hernández-Escobar C., Hoshina Y., Guzmán-Lozano J.F., Kobayashi T. (2012). Synthesis of core-shell composites using inverse surfmer. *Colloid Interface Sci.*, 377, 231–236.

CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DEL ACERO GALVANIZADO ATMÓSFERA RURAL Y URBANA DE TABASCO, MÉXICO

Dra. Ebelia del Angel Meraz¹

Dra. Mayra Agustina Pantoja Castro¹

I. RESUMEN

Este estudio presenta las etapas del desarrollo de la corrosión del acero galvanizado, como material de amplio uso en el clima tropical húmedo de la región del Golfo de México (Estado de Tabasco). Las muestras fueron expuestas en dos tipos de atmósferas (rural y urbana). La pérdida de masa del acero galvanizado ha sido relacionada con varios parámetros independientes (tiempo de humectación – TOW, SO₂ y Cl⁻). El factor más importante que controla la corrosión del acero galvanizado es el contaminante SO₂, cual determina el pH de la capa húmeda formada sobre la superficie metálica. El valor anual del TOW y las velocidades de deposición de SO₂, y cloruros han sido utilizados para asignar las categorías de agresividad de ambos ambientes de ensayo, según ISO 9223:92.

II. INTRODUCCIÓN

El acero galvanizado con zinc caliente (hot- dip) tiene muchas aplicaciones, entre las que se destaca la lámina de acero galvanizado, utilizada como techo en las viviendas de la mayor parte de los municipios del estado de Tabasco. En el año 2000 el Instituto Nacional de Geografía y Estadística del estado reportó que 63.8 % de las viviendas tenían techo de material metálico de acero galvanizado (INEGI, 2000). Se han registrado problemas graves de las estructuras metálicas de uso en esta región, como consecuencia de la corrosión atmosférica. En este trabajo se presenta un estudio de la influencia de los parámetros meteorológicos y de contaminantes principales del aire (SO₂ y NaCl) sobre la velocidad de corrosión de muestras de acero galvanizado, que

¹ Profesora-investigadora de la Licenciatura en Ingeniería Química, Cuerpo Académico de Ciencias de Ingeniería y de Materiales, DAIA-UJAT.

han sido expuestas durante 17 meses en dos tipos de ambientes, parte del clima tropical húmedo del estado de Tabasco: rural (Cunduacán) y urbano (Villahermosa).

III. OBJETIVOS Y METAS

Evaluar la influencia de los parámetros meteorológicos y de contaminantes principales del aire (SO_2 y NaCl) sobre la velocidad de corrosión de muestras de acero galvanizado, en una atmósfera rural y urbana.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Exposición de muestras metálicas en ensayo

Muestras de acero galvanizado (100x150x0.95 mm) fueron colocadas en estantes de aluminio, con una inclinación de 21° con respecto a la horizontal, la que corresponde aproximadamente a la latitud geográfica de los dos sitios del ensayo y con una orientación hacia el sureste. El espesor del recubrimiento de Zn (aplicado en caliente) es de $10 \mu\text{m}$ y como elemento de aleación ha sido detectado por la técnica SEM-EDAX el aluminio (0.83-1.40 %).

4.2 Determinación de la pérdida de masa

Antes de ser expuestas, las muestras han sido desengrasadas y posteriormente pesadas con una balanza analítica con precisión de 0.0001 mg, para ser registrada su masa inicial. La evaluación de la velocidad de corrosión de las muestras de acero galvanizado se realizó utilizando la técnica gravimétrica (pérdida de masa), eliminando los productos de corrosión del Zn en una solución de hidróxido de amonio, a temperatura de 25°C , según ISO 8407 (ISO, 1992). Se han retirado 3 muestras y el testigo respectivo a los 2, 5, 7, 9, 10, 12, 15, 16 y 17 meses, para estudiar la cinética del desarrollo del proceso de corrosión atmosférica del acero galvanizado en ambos ambientes de ensayo.

4.3 Parámetros meteorológicos

Se han procesado los datos horarios de temperatura (T) y humedad relativa (HR) de los sitios de ensayo, registrados por las estaciones meteorológicas locales, con el fin de conocer el complejo diario T/HR de ambos ambientes, así mismo determinar el tiempo de humectación (TOW), utilizando el software desarrollado por CINVESTAV-Mérida (Veleva, 1997). Como punto crítico de la HR ha sido tomado el valor 80% para los cálculos del TOW, cuando $0^{\circ}\text{C} \geq T \geq 25^{\circ}\text{C}$ (ISO, 1992).

Durante cada evento de lluvia se determinó el pH y la composición química iónica del agua de lluvias, colectadas en cada periodo de estos eventos: Cl^{-} (método argentométrico); NH_4^{+} , NO_3^{-} y SO_4^{2-} (método espectrofotométrico); K^{+} , Ca^{2+} , Na^{+} , Mg^{2+} (método de absorción atómica).

4.4. *Determinación de los contaminantes del aire (SO_2 y Cl^{-})*

Durante la exposición de las muestras de acero galvanizado se ha realizado monitoreo continuo mensual de las velocidades de deposición de cloruros y bióxido de azufre, siguiendo la metodología de la norma ISO 9225:92 (ISO 9225:92, 1992), con los dispositivos candela húmeda y plato de sulfatación, respectivamente.

4.5 *Análisis estadístico de datos*

Con el fin de evaluar los datos obtenidos, aplicando el análisis de regresión lineal múltiple, se ha relacionado la pérdida de masa del Zn (variable dependiente) en función de varias variables independientes (TOW, SO_2 , Cl^{-}), características para ambos ambientes del clima tropical húmedo del Golfo de México (Tabasco).

V. RESULTADOS

5.1. *Composición de las muestras*

La Figura 1 presenta una imagen del SEM de una muestra patrón, en cuya superficie se pueden apreciar tres tipos de zonas, diferente en su morfología, así mismo en su composición elemental (Tabla 1). El análisis muestra que el contenido del elemento de aleación (Al) es relativamente constante, excepto en la zona 3. El alto contenido de

oxígeno en las zonas 2 y 3 indica que partes de la lámina han sufrido oxidación, una vez producido el acero galvanizado. Así mismo, la imagen del SEM no muestra una homogeneidad en la superficie metálica del zinc.

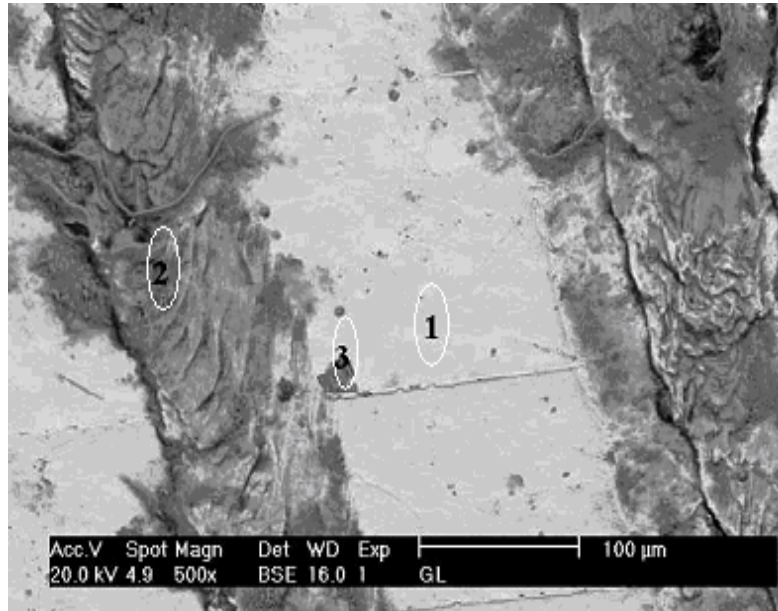


Figura 1. Diferentes zonas observadas en la superficie de muestra patrón de lámina de acero galvanizado con Zn (hot-dip)

Tabla 1. Resultados semicuantitativos de la composición elemental de tres zonas (Fig. 1), detectadas por el análisis SEM/EDAX en la superficie de muestra patrón de lámina de acero galvanizado con Zn (hot-dip).

Elemento	Zona 1 (% en masa)	Zona 2 (% en masa)	Zona 3 (% en masa)
Oxígeno	2.60	18.42	16.81
Aluminio	0.83	0.81	1.40
Azufre	----	1.31	5.38
Cloro	----	0.54	3.27
Hierro	1.67	0.48	1.38
Zinc	94.90	78.44	71.76

La presencia de los elementos cloro y azufre en las zonas 2 y 3 puede ser una consecuencia del proceso de producción del acero galvanizado. El hierro detectado es parte de las zonas ínter metálicas, formadas en la interfaz acero-zinc.

El procedimiento para la exposición de las muestras en condiciones atmosféricas está basado en las normas ASTM (ASTM G50-76, 2003) e ISO (ISO 8565:92, 1992),

exposición al aire libre. El ensayo ha sido llevado a cabo durante 17 meses en el clima tropical húmedo de Tabasco, en dos tipos de ambientes: rural (Cunduacán, 18°03' de latitud norte) - 50 km de la costa y urbano (Villahermosa, 17°43' de latitud norte) - 68 km de la costa.

5.2 Análisis de los parámetros ambientales

La Tabla 2 presenta un resumen del análisis de los datos ambientales, característicos para ambos ambientes del ensayo. Los valores del TOW, obtenidos a partir del complejo diario T/HR en ambos ambientes, tienen una diferencia de 158 h al favor del ambiente rural. A base del TOW anual se ha asignado una misma categoría de agresividad corrosiva (t_4) a ambos ambientes, considerada como alta según la norma ISO 9223 (ISO 99223:92, 1992).

Tabla 2. Parámetros ambientales del periodo del ensayo

Ambientes de ensayo	T (°C)	HR (%)	TOW (h)	Lluvias (mm)	pH de lluvias	SO ₂ mg/m ²	Cl ⁻ mg/m ²
Rural	27	87	3768 (3013)	1737	4.90 - 6.10	1140	8170
Urbano	29	85	3610 (3007)	2104	5.05 – 6.00	1860	4130

Nota: los valores de la T y HR son promedios. El valor del TOW anual está dado en paréntesis. La cantidad de SO₂ y Cl⁻ son valores acumulativos de cada contaminante para el periodo de 17 meses.

Las lluvias son de importancia vital en el proceso de corrosión atmosférica, así mismo la frecuencia con la cual ellas ocurren, seguidos por periodos secos (sin lluvias). Debido al proceso de lavado de contaminantes, acumulados sobre la superficie metálica, se puede dar lugar a un retardo del proceso de corrosión. Así mismo, algunos productos de corrosión, disolubles en agua, pueden ser eliminados y de esta manera el proceso de corrosión puede ser acelerado. De los iones detectados en las lluvias (Tabla 3), las mayores concentraciones corresponden a los iones Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, seguidos por los de Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y NH₄⁺ (en concentraciones muy bajas). Varios iones son parte de las brisas marinas que han llegado (Cl⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺). La presencia de contaminantes específicos en un ambiente dado determina la composición de los productos de corrosión formados sobre el Zn. En el ambiente rural el valor del pH de las

lluvias (Tabla 2) oscila entre 4.9 y 6.1, mientras en el ambiente urbano el rango del pH es ligeramente mayor o muy parecido (5.05-6.0). En estos cambios del pH tiene que ver mucho la dirección de los vientos predominantes, ya que estos transportan contaminantes de las fuentes emisoras (la región costera y las instalaciones de producción y exploración de hidrocarburos, por ejemplo). El pH promedio de las lluvias registradas en el periodo fue de 5.45 ± 0.35 para el ambiente rural y de 5.51 ± 0.33 para el ambiente urbano. Cuando el valor del pH de la lluvia es con carácter ácido, se incrementa la velocidad de corrosión del zinc (Pourbaix, 1974), ya que es un metal relativamente resistente a la corrosión solamente en medios neutros (el Zn es anfótero) (Haynie, 1998). Los iones de hidrógeno reaccionan con el metal, como un despolarizador en la reacción catódica, consumiendo los electrones liberados en las zonas anódicas del Zn. La reacción total de corrosión en este caso es: $2H^+ + Zn = Zn^{2+}$ (Legault, 1978).

Tabla 3. Composición química iónica (mg/l) de las lluvias en los ambientes rural y urbano del clima tropical húmedo de Tabasco,

Iones (mg/l)	Ambiente urbano	Ambiente rural
SO₄²⁻	3.85	1.85
NO₃⁻	6.45	2.85
NH ₄ ⁺	0.081	0.060
Cl⁻	6.00	9.81
Ca ²⁺	1.08	1.02
Mg ²⁺	0.37	0.63
Na ⁺	1.29	1.72
K ⁺	1.0	1.66

Nota: Concentración promedio (mg/l) de los iones encontrados en las muestras de lluvia que se colectaron durante los eventos ocurridos en los 17 meses

5.3. Velocidad de deposición de SO₂ y Cl⁻

A base del monitoreo mensual del contaminante SO₂ fue asignada una categoría de agresividad corrosiva baja (**P_o**) de ambas atmósferas de ensayo, ya que los valores de deposición de este contaminante han estado en el rango de 1.19 - 5.80 g/m²/día durante este periodo de 17 meses de ensayo. Sin embargo, al comparar la cantidad acumulada,

depositada sobre el metal durante el periodo del ensayo (Tabla 2) se puede concluir que el ambiente urbano ha proporcionado una mayor cantidad de este contaminante agresivo sobre las muestras en exposición.

El contenido de cloruros (Tabla 2), depositados en las muestras durante el ensayo, indica que este contaminante está en relación directa con la distancia de la costa: en el ambiente rural los cloruros son el doble en su cantidad (8170 mg/m^2), que de los depositados en el ambiente urbano (4130 mg/m^2), el más lejano de la costa. La agresividad corrosiva de ambas atmósferas de ensayo está entre las categorías **S₀** y **S₁** (bajas), según la clasificación propuesta por ISO 9223:92, ya que la velocidad mensual de este contaminante ha sido en el rango de 3.8 a $22.5 \text{ g/m}^2\cdot\text{día}$.

5.4. Velocidad de corrosión del acero galvanizado

En la Figura 2 se hace una comparación de las tendencias de pérdidas de masas del acero galvanizado expuesto en los ambientes urbano y rural, registradas desde el inicio del ensayo. Se puede observar que con el avance del tiempo efectivo de la corrosión (tiempo de humectación, TOW), la pérdida de masa de las muestras es mayor en el ambiente urbano que en el rural. Como se había mencionado anteriormente, el ambiente urbano presenta una mayor concentración de SO_2 (Tabla 2), por lo que las lluvias han mostrado y una mayor concentración de SO_4^{2-} (Tabla 3). Por otro lado, el alto valor anual del TOW (Tabla 2) se desarrolla principalmente en rango de temperaturas entre $20\text{-}25^\circ\text{C}$, lo que ha posibilitado el desarrollo de corrosión y pérdidas de masa anualmente en el orden de $8.30 - 9.20 \pm 0.15 \text{ g/m}^2$ en ambos ambientes, partes del clima tropical húmedo. De esta manera, a ambos ambientes de ensayo se puede asignar una categoría de agresividad corrosiva **C₃** (médium), según ISO 9223:92.

Los datos de pérdida de masa, obtenidos durante el periodo de este ensayo, muestran que pueden ser descritos con una ecuación lineal:

$$C = A tw \quad (1)$$

donde: C es la pérdida de masa (g/m^2); t_w - el tiempo de exposición de las muestras (TOW);

A - la pendiente de las líneas, cuyo valor presenta la aceleración del proceso de corrosión en cada ambiente de ensayo, en dependencia de los parámetros climáticos y contaminantes características para estos.

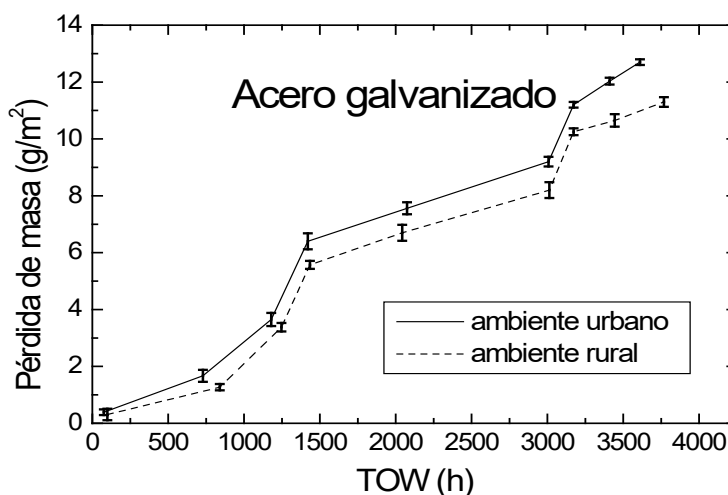


Figura 2. Pérdida de masa del acero galvanizado expuesto en ambiente rural y urbano del clima tropical húmedo, en función del tiempo de humectación (TOW) de la superficie metálica.

Las Figuras 3 (a y b) presentan como un ejemplo los ajustes ($R=0.99-0.99$) de los datos de Figura 2 en función del tiempo de humectación (tiempo efectivo de la corrosión) para ambos ambientes de ensayo: urbano (a) y rural (b). Los valores de A son de aproximadamente de $0.0036 \text{ g/m}^2\cdot\text{h}$ para el ambiente urbano (Fig. 4 a) y de $0.0031 \text{ g/m}^2\cdot\text{h}$ para el ambiente rural (Fig. 4b). La relación lineal indica que la velocidad de formación de la capa protectora (óxidos/hidróxidos) y su interacción con el medio ambiente sufre modificaciones, transformándose en una película no protectora, disolviéndose parcialmente con el tiempo durante los eventos de lluvias, incluyendo su remoción física de la superficie del metal, dando la posibilidad para nuevo desarrollo de la corrosión del zinc (Spence, 1990). En varios estudios se ha encontrado que en

ambientes contaminados el acero galvanizado exhibe una relación lineal (Mariaca, 1999) en el primer año de exposición (Maldonado, 1999).

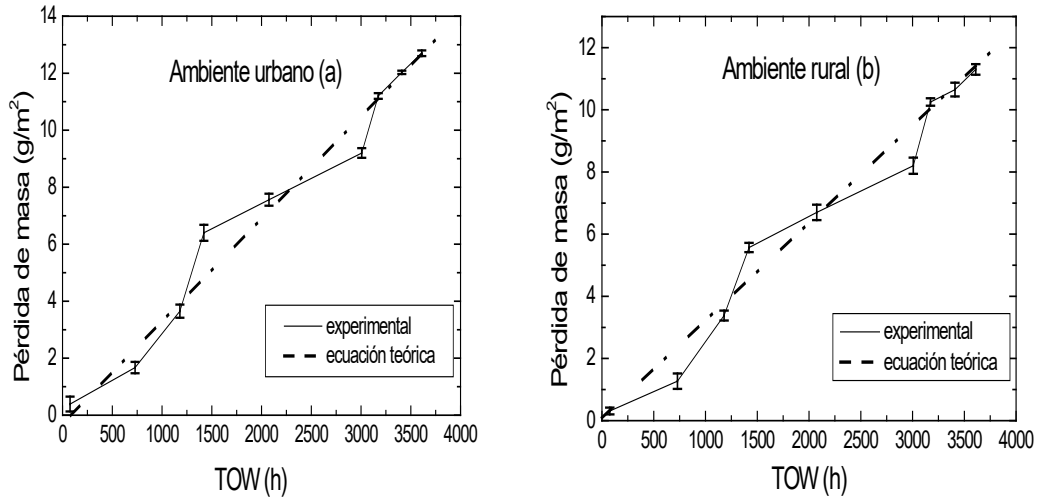


Figura 3. Comparación de los datos experimentales y los obtenidos por la ecuación teórica lineal (1) para las pérdidas de masa del acero galvanizado con zinc en función del tiempo de humectación de la superficie metálica, durante su exposición en el clima tropical húmedo en ambiente urbano (a) y rural (b).

VI. DISCUSIÓN

Con el fin de evaluar y correlacionar los resultados obtenidos en este ensayo, se ha realizado un análisis de regresión múltiple, obteniéndose de esta manera la siguiente ecuación lineal que representa la pérdida de masa del zinc (Y), como una variable dependiente, en función de varias variables independientes (TOW, SO₂ y Cl⁻):

$$Y = X_0 + X_1 [TOW] + X_2 [SO_2] + X_3 [Cl^-] \quad (2)$$

donde: Y es la pérdida de masa del Zn (g/m²); TOW – el tiempo de humectación (h), que han recibido las muestras metálicas durante su exposición en la atmósfera por cada periodo de evaluación; X₀ - la pérdida de masa en ausencia de contaminantes y solamente en presencia de humedad; X₁, X₂ y X₃ - coeficientes de regresión; y [SO₂] y

[Cl⁻] - cantidad depositada (g/m²) de estas especies corrosivas, acumulada sobre la superficie de las muestras durante cada periodo de evaluación.

En la Tabla 4 se muestran las ecuaciones lineales múltiples obtenidas para las muestras de acero galvanizado durante su exposición en los ambientes rural y urbano del clima tropical húmedo. Como se puede observar (Tabla 4), el contaminante [SO₂] es el que tiene mayor importancia (X₂ = 4.91 – 5.28, coeficiente más alto) para la corrosión del zinc en ambos ambientes, ya que determina el nivel del pH de la capa húmeda formada sobre el metal, así mismo el pH de las lluvias. El tiempo de humectación (TOW), como tiempo efectivo de corrosión del metal, es la segunda variable independiente (X₁ = 2.12 – 3.05) que influye en la corrosión del zinc en el clima tropical húmedo de Tabasco. Con una menor influencia es la concentración de cloruros, cuyo coeficiente X₃ tiene hasta diez veces valores menores, comparados con las demás variables independientes.

Tabla 4. Relación de pérdida de masa del acero galvanizado con contaminantes corrosivos y el tiempo de humectación de la superficie (TOW)

Zinc (ambiente)	R²	Ecuación de regresión lineal múltiple
Acero galvanizado (urbano)	0.99	C = 0.32 + 2.12 [TOW] + 4.91 [SO ₂] + 0.28 [Cl ⁻]
Acero galvanizado (rural)	0.99	C = 0.07 + 2.20 [TOW] + 5.28 [SO ₂] + 0.03 [Cl ⁻]

VII. CONCLUSIONES

Los datos presentados en este estudio del proceso de corrosión del acero galvanizado en dos ambientes del clima tropical húmedo (estado de Tabasco), nos posibilitan hacer las siguientes conclusiones: El clima tropical húmedo proporciona un alto valor de tiempo de humectación (TOW) anual (3007 - 3013 h) para las muestras metálicas expuestas a intemperie y relacionado con esto una alta categoría de agresividad corrosiva t₄, según la norma ISO 9223; Las categorías de agresividad corrosiva de ambos ambientes, basadas en los contaminantes corrosivos SO₂ y cloruros, depositados en las muestras de ensayo, son P₀ y S₀/S₁ (bajas), respectivamente. Sin embargo, el ambiente urbano posibilita una doble cantidad acumulada de depósito de

SO₂ sobre la superficie del acero galvanizado en el periodo de 17 meses; El acero galvanizado con Zn en caliente presenta pérdidas anuales de masa por corrosión de 8.30 - 9.20 ± 0.15 g/m² en el clima tropical húmedo (rural y urbano de Tabasco), por lo que se le puede asignar la categoría de agresividad C₃ (médium) de esta atmósfera, según ISO 9223:92. La pérdida de masa de zinc en el acero galvanizado, debido a su corrosión atmosférica en el clima tropical húmedo, se puede describir con una ecuación lineal $C = A tw$ en ambos ambientes de estudio; La relación de la pérdida de masa del zinc en el acero galvanizado, en función de varias variables independientes (TOW, SO₂ y Cl⁻), se ajusta a una ecuación lineal $Y = X_0 + X_1 [TOW] + X_2 [SO_2] + X_3 [Cl^-]$, cuyos valores de coeficientes determinan que el contaminante [SO₂] es el que tiene mayor importancia para el desarrollo de la corrosión del zinc en ambos ambiente, ya que está estrechamente relacionado con el pH de la capa húmeda formada sobre el metal, así mismo el pH de las lluvias; En las lluvias han sido detectados como iones en mayor concentración Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, seguidos por los iones Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y NH₄⁺ (en concentraciones muy bajas); En ambos ambientes los valores mínimos del pH (4.9 y 5.05) de las lluvias han acelerado el proceso de corrosión del acero galvanizado, debido a la sensibilidad del zinc a pH ácidos.

IX. REFERENCIAS

- ASTM G50-76. (2003). Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion. *ASTM International*.
- Haynie, F. H. (1998). The Degradation of metals in the Atmosphere. *American Society for Testing and Materials*, 224-265.
- INEGI. (2000). *Anuario Estadístico el Estado de Tabasco*. México: Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica. Recuperado el 27 de agosto de 2019.
- ISO. (1992). Corrosion of Metals and Alloys. *Removal of Corrosion Products from Corrosion Test Specimens*. Geneve, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO. (1992). Corrosion of Metals and Alloys, Corrosivity of Atmospheres. Geneve, Switzerland.
- ISO 8565:92. (1992). Corrosion of Metals and Alloys, Atmospheric Corrosion. *Testing and General Requirements for Field Tests*. Geneve, Switzerland: International Organization for Standardization.

- ISO 9225:92. (1992). Corrosion of Metals and Alloys. *Corrosivity of Atmospheres, Measurement of pollution*. Geneve, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 99223:92. (1992). Corrosion of Metals and Alloys. *Corrosivity of Atmospheres*. Geneve, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Legault, R. a. (1978). Atmospheric Factors Affecting the Corrosion of Engineering Metals. *American Society for Testing and Materials*, 83-96.
- Maldonado, L. a. (1999). Corrosión Atmosférica en Yucatán. En M. L., *Corrosividad Atmosférica (MICAT-México)* (págs. 165-187). Distrito Federal: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- Mariaca, L. G. (1999). *Corrosividad Atmosférica (MICAT-México)*. Distrito Federal, México: Plaza y Valdés S.A. de C.V.
- Pourbaix, M. (1974). Atlas of Electrochemical Equilibrium in Aqueous Solutions. 1-5. Houston, Texas: NACE International.
- Spence, J. E. (1990). Corrosion Testing and Evaluation. *American Society for Testing and Materials*, 191-207.
- Veleva, L. (1997). Statial analysis of temperatura-humidity complex and time of wetness of a tropical climate in Yucatan Peninsula in Mexico. *Atmospheric Environment*, 31(5), 773-776.

DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN PARQUE INDUSTRIAL INTEGRANDO LA TEORÍA DEL DISEÑO METAFÓRICO

CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO DE CÁRDENAS, TABASCO

Est. Alondra Lucía López Silva^{1*}
Est. Sheila Fernanda López León¹
M. Arq. Jorge Flores González²
M. Arq. Haydee Pérez Castro²
Dra. Carmen Barroso García³

I. RESUMEN

Un parque industrial es un elemento que integra varias industrias ya sea del mismo tipo o no. En el plan de desarrollo del municipio de Cárdenas, se plantea la integración de un proyecto de parque industrial para concentrarlas en un área específica. Este trabajo tiene por objetivo diseñar un proyecto arquitectónico que contemple las necesidades de las empresas establecidas en el municipio a través del diseño metafórico. El proyecto se concibe en cuatro etapas, la primera corresponde a la búsqueda de información bibliográfica y de campo, la segunda a la concepción de las formas arquitectónicas mediante o a través de la metáfora. La tercera corresponde al análisis del entorno y contexto a nivel macro y micro, y la última a la materialización de las ideas en los planos arquitectónicos. Como resultados se logra una composición de formas originadas a partir de la flor del Flamboyán siguiendo la normativa aplicable al parque industrial. La distribución de los edificios y las vías de comunicación entre ellos, parten de la

¹ Estudiante en la Licenciatura en Arquitectura, DAIA – UJAT.

² Profesor – Investigador en la Licenciatura de Arquitectura, DAIA – UJAT.

³ Profesor – Investigador en la Licenciatura de Arquitectura, Facultad de Arquitectura – Universidad de Guanajuato.

*Alondra.party.rock@hotmail.com

abstracción del objeto, así como también las fachadas. Por lo tanto, el diseño arquitectónico, es un ir y venir haciendo análisis de diferentes elementos.

II. INTRODUCCIÓN

Los parques industriales son un elemento clave para el desarrollo económico de una región, porque facilitan la cooperación entre empresas, potencia el desarrollo económico de una región y sirve de base para fomentar la innovación tecnológica. (Hernández, 2010)

El desarrollo industrial en México, comienza alrededor de 1900 y se acentúa durante la época revolucionaria. A partir de 1920, las medidas proteccionistas y una cierta centralización de poderes de decisión, impulsaron el establecimiento de industrias en el área metropolitana. Las inversiones públicas favorecieron principalmente a la ciudad de México. (Nieto, 1996)

La actividad industrial en nuestro país, se origina con la primera transformación de materias primas que tuvo lugar entre las culturas que poblaron nuestro territorio desde los tiempos pasados. Disciplinas como la artesanía, construcción, orfebrería, cerámica, tejido, y la elaboración de alimentos y bebidas, dieron lugar a los orígenes del sector industrial en México. El impulso al desarrollo económico e industrial de México a través de la creación de naves o parques industriales data del periodo entre 1940 y 1960, momento en que la zona industrial de Vallejo de la Ciudad de México y Ciudad Sahagún en Hidalgo se establecieron como un primer proyecto económico. (Maldonado, 2009)

Los parques industriales se definen como la superficie geográficamente delimitada y diseñada especialmente para el asentamiento de la planta industrial en condiciones adecuadas de ubicación, infraestructura, equipamiento y de servicios, con una administración permanente para su operación. Se busca el ordenamiento de los asentamientos industriales y la desconcentración de las zonas urbanas y conurbanas, hacer un uso adecuado del suelo, proporcionar condiciones idóneas para que la industria opere eficientemente y se estimule la creatividad y productividad dentro de un ambiente confortable. (Hernández, 2010)

En el estado de Tabasco la industria de mayor importancia es la de extracción petrolera. Por falta de desarrollo de en otras ramas de la industria no existe un número

importante de parques. Actualmente cuenta con siete parques industriales que son: Grupo Promotor Industrial de Tabasco, Colinas del Sureste, Parque Logístico Industrial, Parque Industrial Petrolero Dos Bocas, Parque Industrial Desarrollo empresarial Integral de Tabasco, Parque Industrial – SERIESA, Tabasco Business Center (Información Económica y estatal, 2018).

El municipio de Cárdenas, por su ubicación geográfica como puerta de entrada principal al estado de Tabasco y al sureste de la República representa un punto estratégico para el desarrollo regional de la micro y pequeña industria, que atienda las necesidades del sector industrial para los municipios colindantes y corredor industrial y turístico del Estado. En el plan de desarrollo del municipio (Plan de Desarrollo Municipal Cárdenas, 2016 - 2018) se establece la construcción de un parque industrial, que permitirá atender las necesidades de la micro y pequeña empresa del sector industrial, comercio y turismo y al mismo tiempo apoyar a los productores agrícolas y ganaderos en sus necesidades de producción y comercialización. Este es un proyecto estratégico que se considera prioritario para el municipio y la región. Por lo anterior, el presente trabajo pretende contribuir con un proyecto arquitectónico que satisfaga los requerimientos del municipio. Para la parte creativa se implementa la arquitectura metafórica.

La arquitectura metafórica es un procedimiento que se plantea intelectualmente, por lo que algunos autores consideran que su propuesta es cognitiva. La metáfora se percibe como el medio que permite el “transporte” de fragmentos desde la correlación de dos objetos diferentes y así la reconfiguración de una idea desde un objeto al otro.

Para una mejor comprensión, es necesaria la consideración de la relación existente entre el lenguaje y la imagen. El lenguaje puede ser considerado como un complejo organismo base de la comunicación, articulado tanto a nivel individual como a nivel social. Al poder considerar la imagen como una representación signífica contenedora de un significante y un significado, y articulada en base a un código, se infiere que queda englobada dentro del concepto de lenguaje.

Si consideramos la imagen como signo que presenta alta capacidad combinatoria para una construcción semántica, hablamos de ella como lenguaje, por tanto, se asume que se halla sometida a los condicionantes que marca la propia sociedad que las articula. Como lenguaje que es, queda demostrada su capacidad de generar una construcción

infinita de mundos, siempre bajo una normativa (gramática) adquirida, que hoy avanza hacia un carácter globalizado.

La metáfora como forma de relación se ha utilizado a lo largo de la historia de la arquitectura para desarrollar nuevas propuestas, basándose en la comparación con modelos conocidos. A través de una identificación con dichos modelos, pero en circunstancias diferentes e inusuales, se introducen relaciones nuevas e inesperadas, por tanto, es una herramienta creativa para abordar la innovación. En consecuencia, este mecanismo interviene directamente en el avance de la arquitectura y, en muchos casos, da lugar a nuevas concepciones, en un proceso de reajuste continuo con la sociedad que la demanda (Fernández, 2014).

Para el desarrollo de la arquitectura metafórica se propone emplear como objeto una flor, que consistirá en poner en práctica esta metodología, y así implementar un nuevo estilo de diseño en la ciudad de Cárdenas.

III. OBJETIVOS Y METAS

Desarrollar un proyecto de parque industrial para el municipio de Cárdenas, estado de Tabasco, mediante los principios de la arquitectura metafórica con el fin de implementar un proceso de creación geométrico-espacial y estético-formal acorde a las necesidades del sector.

- Analizar la imagen del objeto a partir del cual se desarrollan las formas arquitectónicas, a través de esquemas geométricos para la creación de la retícula que origina el proyecto.
- Conocer los espacios y funciones presentes en un parque industrial analizando casos análogos a través de una tabla comparativa que permita la visualización de los requerimientos del sector permitiendo realizar de forma viable la propuesta.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso metodológico que se llevó a cabo en esta investigación contempló cuatro etapas:

En la primera etapa se utilizó el método deductivo, se realizó una investigación sobre parques industriales permitiendo la obtención de conocimientos acerca de sus áreas y funcionamiento, subsecuentemente se elaboró una tabla con casos análogos y se empleó el método comparativo para establecer igualdades y diferencias que permitan vislumbrar los aciertos que apoyen en la toma de decisiones para satisfacer las necesidades del proyecto. También se revisó y analizó el marco normativo, observando la NMX-R-046-SCFI-2015 “Parques Industriales–Especificaciones”, el Reglamento de construcción del estado de Tabasco y el Sistema Normativo de la Secretaría del Desarrollo Social (SEDESOL).

Durante la segunda etapa se definió como objeto generador de la idea creativa, la flor del árbol Flamboyán, especie vegetal de los trópicos; inicialmente se identificaron sus formas geométricas, posteriormente se creó con ellas un patrón, que dio origen a una retícula, misma que permitió obtener fluidez en el diseño, con el objeto de imitar las características de la mencionada flor.

La siguiente etapa consistió en examinar el entorno y el contexto del municipio de Cárdenas para así conocer su situación actual, se procedió a realizar un análisis sobre los aspectos naturales y físicos del entorno, así como observar el equipamiento y la infraestructura del área de estudio.

La última etapa correspondió a la elaboración de los planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones.

V. RESULTADOS

Siguiendo el proceso se obtuvo la lista de necesidades, consolidando el programa arquitectónico y el funcionamiento de las áreas del proyecto. Lo anterior de acuerdo con los requerimientos que rigen la norma mexicana, el reglamento de construcción y el documento de SEDESOL. Se consiguió elaborar la siguiente tabla que engloba los espacios con sus dimensiones correspondientes divididas en zonas.

Tabla 1. Programa arquitectónico para un parque industrial.

PROGRAMA ARQUITECTONICO				
ZONIFICACIÓN	ESPACIO	CANTIDAD	M2	SUBTOTAL M2
ZONA EXTERIOR	Plaza de acceso	1	150	6068
	Caseta de control	1	12	
	Áreas verdes	1	-	
	Patio de maniobras	1	2,900	
	Área de amortiguamiento	1	3,000	
	bahía transporte	1	6	
ZONA DE OFICINAS	Estacionamiento	1	12	512
	Sala de espera	1	450	
	Sanitarios	1		
	Oficinas	4	50	
ZONA LOTIFICACIÓN	LOTE PARA EMPRESAS MICRO		3,500	12,974
	Nave	24		
	Patio de maniobras	1		
	Caseta de control	1	6	
	Control de personal	1	6	
	Estacionamiento de visitas	8	225	
	Estacionamiento personal	10	300	
	Anden de carga y descarga	1	1,800	
	LOTE PARA EMPRESAS PEQUEÑAS		4,800	
	Nave	24		
	Patio de maniobras	1		
	Caseta de control	1	6	
	Control de personal	1	6	
	Estacionamiento de visitas	10	225	
	Estacionamiento personal	15	300	
	Anden de carga y descarga	1	1,800	
ZONA DE SERVICIOS GENERALES	Vestíbulo	1		1,951
	Oficina de personal	1	70	
	Enfermería	1	45	
	Cocina	1	35	
	Comedor	1	1,200	
	Baños para el personal	1	96	
	Oficina de mantenimiento	1	25	
	Guardería	1	400	
Sala de usos múltiples	2	80		
ZONA RECREATIVA	Baños con vestidor	1	80	464
	Cancha de usos múltiples	1	384	
	Área comercial	1		
	Cisterna	4	0.5	
	Planta de tratamiento	4	1	
	Subestación eléctrica	4	250	
TOTAL DEL PROGRAMA				21,969 M2

Fuente: Alondra López y Sheila López.

En la siguiente Figura, se plasma un esquema donde se organizan las zonas contenidas en el Parque Industrial.

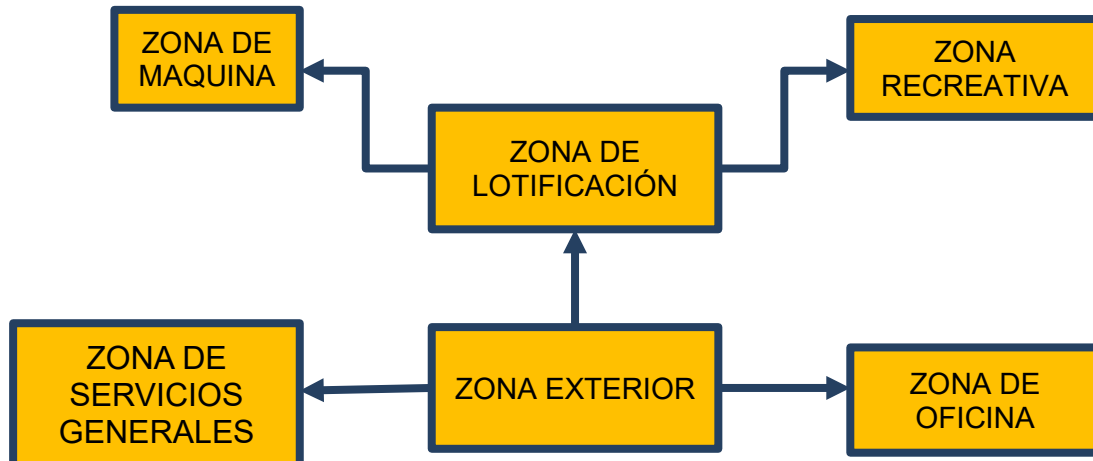


Figura 1. Esquema de zonas.
Fuente: Alondra López y Sheila López

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, para generar las formas del proyecto se emplea la arquitectura metafórica, se inspiró en la flor del Flamboyán (ver Figura 2). Se escogió esta flor ya que forma parte de los árboles más populares del estado de Tabasco.



Figura 2. Flor del árbol Flamboyán.
Fuente: <https://www.redbubble.com/es/people/holistikarma/works/26969093-flamboyant-flower?p=canvas-print>

Para el desenvolvimiento del diseño primero se dibujó la flor en una superficie plana, que sirvió como base para sacar las primeras figuras geométricas. Que resultaron salir dos pentágonos, uno originado por los pétalos más grandes y otro por los pétalos más pequeños. Con el perímetro de los pentágonos se dibujaron varios círculos, y con

ellos se fue dando forma a la base que se empleó para la planta de conjunto. Se definió un eje que pasa por el centro de la flor. (ver Fig. 3)

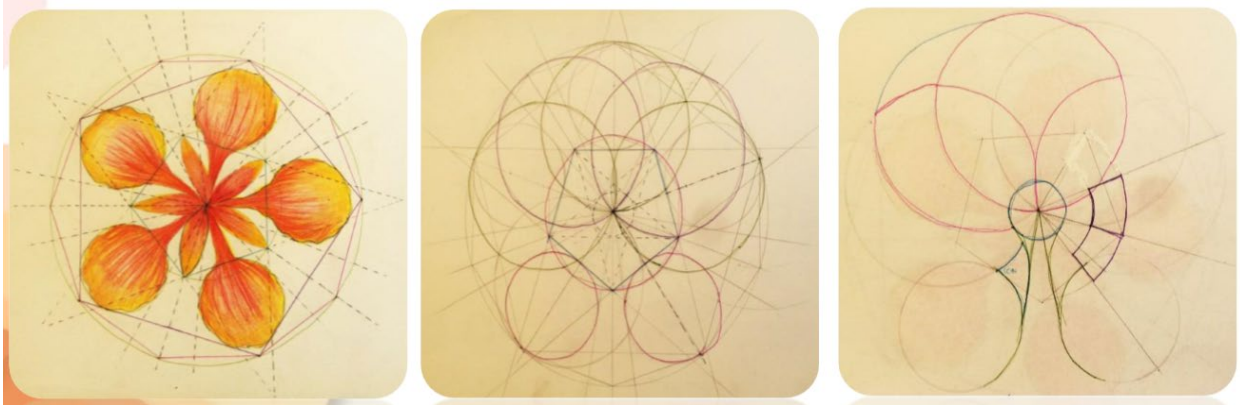


Figura 3. Obtención de figuras geométricas de la flor del flamboyán.
Fuente: Alondra López y Sheila López.

Los trazos geométricos mostrados sirvieron de base para la distribución del conjunto arquitectónico y la conformación de fachadas.

Por otro lado, la investigación de campo permitió elaborar el análisis del sitio (ver Figura 4).



Figura 4. Croquis del análisis del sitio.
Fuente: Alondra López y Sheila López

El Parque Industrial se desarrolló sobre un predio que tiene 90 ha., ubicado en la carretera Costera del Golfo Cárdenas – Coatzacoalcos Km 109, este parque se encuentra lejos de la zona urbana, que es un requerimiento que rige la norma mexicana, también cuenta con la infraestructura y servicios que ésta misma exige.



Figura 5. Planta arquitectónica del edificio administrativo.
Fuente: Alondra López y Sheila López



Figura 6. Planta de conjunto del módulo deportivo.
Fuente: Alondra López y Sheila López

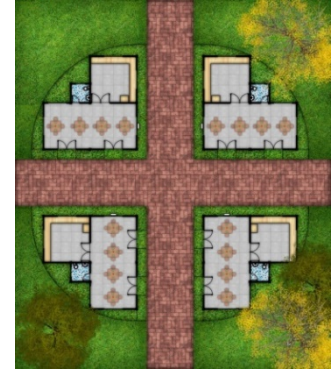


Figura 7. Planta arquitectónica locales comerciales.
Fuente: Alondra López y Sheila López

Se plantearon dos edificios administrativos donde estarán ubicadas las oficinas de uso general del parque y los empleados, incluye comedor, baños con vestidor y una guardería para los usuarios (Figura 6). Ambos edificios son de un solo nivel.

El parque industrial cuenta con un módulo deportivo (Figura 7), para estimular el deporte en los trabajadores, un lugar de convivencia que cuenta con 4 locales para comer, incluye cada uno cocina y sanitario, además de tres canchas, una de tenis, una de beisbol y una de usos múltiples, donde se practica el basquetbol, voleibol, futbol rápido y bádmin-ton.



Figura 8. Nave industrial mediana.
Fuente: Alondra López y Sheila López.

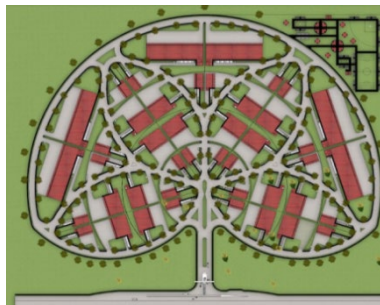


Figura 9. Planta de conjunto del Parque Industrial.
Fuente: Alondra López y Sheila López



Figura 1. Detalle del diseño de celosías en los edificios.
Fuente: Alondra López y Sheila López

Los lotes del mismo proyecto, se diseñaron tres tipos de naves, para que cualquier tipo de empresa que a futuro pueda integrarse, cada lote cuenta con su patio de maniobras, su estacionamiento para el público y empleados, también se agregaron

casetas de vigilancia para tener el control de cada uno. Las naves industriales tienen sus propias oficinas y cuentan con puertas para andén de carga y descarga.

VI. DISCUSIÓN

El diseño mediante metáfora fue planteado como herramientas conceptuales y metodológicas del proceso del proyecto.

Para el caso específico de este trabajo, se logró implementar a la planta de conjunto la utilización de formas geométricas que se desarrollaron a través de ella, de manera equivalente a la imagen del objeto de estudio.

Se identificaron las características del objeto real, sirviendo de base para la correspondencia funcional sobre la cual se basó la metáfora, y de esta forma seleccionar aquellos recursos metafóricos que reforzaron las directrices cognitivas.

Las referencias a través de metáforas en el campo de la arquitectura pueden ser infinitas y la explotación de los casos análogos se configura respeto a la memoria, la imaginación, las experiencias del arquitecto y las condiciones más amplias de cada proyecto. Cabe mencionar que el modo de percibir la obra creativa, depende de la experiencia ambiental de cada sujeto, es decir que los distintos espectadores de la obra podrán interpretarla de distintas formas.

VII. CONCLUSIÓN

La aplicación de la arquitectura metafórica sirvió como base para el diseño de la planta de conjunto que se empleó el método mencionado utilizando como objeto la flor del árbol Flamboyán obteniendo así las plantas de conjunto y las fachadas.

En el establecimiento de la interacción, queda demostrada la eficacia de los vehículos gráficos en la transmisión de una idea, y la importancia del icono como elemento básico en el establecimiento del método creativo. En el que existe la asociación conceptual entre una idea, actividad o función, y un icono. El icono, interpretación o simplificación gráfica de un referente, asume las funciones de éste al configurarse gráficamente de una forma identificable por el usuario. La metáfora interactiva, ofrece al diseñador propuestas que enriquecen su repertorio, y a través de la dinamización de las

asociaciones conceptuales, favorece el desarrollo de un razonamiento creativo y la transmisión de un significado.

VIII. REFERENCIAS

- Asociación Mexicana de Parques Industriales. (s.f.). Obtenido de NMX-R-046-SCFI-2015:
<https://ampip.org.mx/wp-content/docs/NMX-R-046-SCFI-2015.pdf>
- Fernández, Á. T. (2014). La metáfora. Herramienta característica de la renovación arquitectónica tras el movimiento moderno. Madrid.
- Hernández, B. J. (2010). Los parques industriales y su impacto económico en el Estado de México. Pachuca.
- Información Económica y estatal. (2018). Obtenido de Gobierno de México:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/125122/tabasco.pdf>
- Inmobiliaria Nieblas. (s.f.). Obtenido de Parque Industrial El Burrión Guasave:
http://www.inmobiliarianieblas.com/v2/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=79
- Maldonado, A. (2009). Parques industriales en México: dos perspectivas de desarrollo. BancoMext, 61.
- Nieto, A. T. (1996). Metodología para el Diseño de Parques Industriales. Guanajuato.
- Parque de Negocios Colinas del Sureste. (s.f.). Obtenido de
<https://colinasdelsureste.com.mx/en/planmaestro.php>
- Parque Eco - Industrial Córdoba. (s.f.). Obtenido de <https://ecoparquecordoba.com.ar/>
- Plan de Desarrollo Municipal Cárdenas. (2016 - 2018). Obtenido de Gobierno de Cárdenas:
http://transparencia.cardenas.gob.mx/articulo_78/fraccion_i/plan_de_desarrollo_municipal_cardenas_tab_2016.pdf
- Reglamento de construcciones del municipio del Centro, estado de Tabasco. (s.f.). Obtenido de
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/TABASCO/Municipios/Centro/3REG.pdf>
- Secretaría de Economía. (2006-2012). Obtenido de Delegaciones de SE: : <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/delegaciones-de-la-se/estatales/tabasco>
- Tomo V. Recreación y deporte. (s.f.). En S. d. Social, Sistema Normativo de Equipamiento Urbano (págs. 47 - 55). México.

DIAGNÓSTICO DE VIVIENDA EN LA CIUDAD BICENTENARIO EN EL MUNICIPIO DE CENTRO TABASCO

Est. José Alberto Acosta Landero¹
M. en V. Angélica del Carmen Lizardo Pérez^{2*}

I. RESUMEN

En la actualidad a nivel local e internacional existe una preocupación por mejorar la calidad de vida de los grupos humanos que presentan menores ingresos, así como rezago, en respuesta a esto, expertos han realizado investigaciones y análisis para el desarrollo de modelos que satisfagan las demandas de dichos grupos. Por lo anterior se realizó el diagnóstico de una vivienda en el fraccionamiento Ciudad Bicentenario, municipio de Centro; para establecer una comparativa con lo citado en el marco legal, considerando aspectos referentes a la de calidad de los espacios; cuantitativa, cualitativamente, para ofrecer mejor calidad de vida a la población de escasos recursos.

II. INTRODUCCIÓN

En la historia de la humanidad, la vivienda ha sido una necesidad, es el espacio donde el ser humano lleva acabo sus actividades básicas, a la vez que brinda protección del medio físico natural. Para los mexicanos, el derecho a la vivienda se encuentra establecido en el artículo cuarto constitucional el cual menciona: “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo.” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917). Para el cumplimiento de lo anterior, se han creado diversos organismos nacionales de vivienda, encargados de la promoción y gestión de esta, los cuales sus funciones van desde la regulación, hasta el financiamiento.

¹ Estudiante de Licenciatura en Arquitectura, DAIA-UJAT.

² Profesor Investigador, DAIA-UJAT.

*musamx@hotmail.com

Actualmente en México los temas relacionados con la vivienda y su calidad no son exclusivos del interés del usuario, sino también de los que participan directa o indirectamente en el proceso de elaboración del producto final como los sectores e instituciones públicas y sociales, también a la industria privada que es en su mayoría, es la encargada de llevar a cabo su construcción. La razón de tal interés surge a partir de que la vivienda es vista como un tema social y no exclusivamente arquitectónico, dando paso a “la ruptura necesaria de la delimitación de vivienda como espacio de cuatro paredes y un techo” (Pedrotti, 2014).

La importancia de las cualidades cuantitativas y cualitativas de la vivienda social recae en las repercusiones que esta tiene en la calidad de vida de los usuarios, que en estos casos se vuelve un tema muy sensible, ya que el usuario es la población con menores recursos económico y posiblemente solo tenga acceso a una vivienda en su vida. La constitución menciona el término vivienda digna y decorosa, pero ¿es en realidad la vivienda social, en México, digna y decorosa?, o esta expresión es solo utilizada dentro de la política habitacional “...como un discurso publicitario, para generar en el habitante la idea que los proyectos de vivienda ofrecen habitación adecuada y digna” (Mejía Escalante, 2016).

Estos términos pueden ser muy ambiguos, pero de acuerdo con la CONAVI, define vivienda digna: “como el límite inferior al que se pueden reducir las características de la vivienda sin sacrificar su eficacia como satisfactor de las necesidades básicas, no suntuarias, habitacionales de sus ocupantes...” (Comisión Nacional de Vivienda, 2010). El problema al definir a la vivienda digna o vivienda social, como el límite inferior al que se puede reducir una vivienda y aunado a la demanda constante por este bien, puede llevar a verla como netamente un número, en el cual lo importante es tener el más elevado para mitigar la demanda existente, lo que pudiera llegar a demeritar las cualidades de esta; cualidades como la calidad, funcionamiento y adaptación de la edificación al usuario y al entorno.

La única forma de determinar si en realidad se ven afectados estos aspectos, es mediante la investigación y análisis de casos en funcionamiento, que permitan una interacción con el usuario quien será la mejor fuente de información y con ello identificar problemáticas y afectaciones en su calidad de vida. Planteando la posibilidad de utilizar dicha información ser aplicadas en la práctica y así ir mejorando cada vez más en las cualidades cuantitativas y cualitativas que ofrece la vivienda social.

III. OBJETIVOS Y METAS

Diseñar un prototipo de vivienda de interés social en serie para el municipio de Centro, Tabasco, tomando como eje rector de la investigación el diseño con base en el valor cuantitativo y cualitativo del espacio arquitectónico, para procurar así el incremento en la calidad de vida de la población con menores recursos económicos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El método científico de investigación a implementar, en el cual se estructura todo el documento, será el método deductivo, el cual consiste partir de la información general a lo particular, en un proceso lógico racional. Esto debido a la secuencia presentada en los objetivos específicos, la cual parte de lo general con el establecimiento de conceptos y termina en lo particular con el diseño del prototipo de vivienda.

Para el proceso de investigación se utilizaron fuentes de información primaria, es decir de autoría propia, con la recolección de datos a los habitantes del Fraccionamiento Ciudad Bicentenario, ubicado en el municipio de Centro, Tabasco para su posterior análisis.

Como herramienta de recolección de información primaria se emplearon encuestas, en las cuales se recopilaron datos del habitante y de aspectos cualitativos y cuantitativos de la funcionalidad, adaptación climática y procesos constructivos del prototipo de vivienda que habitan, tomando como base la metodología propuesta por la Dra. María Elena Torres Pérez (Torres, 2014).

También se utilizaron fuentes de información secundaria; utilizando investigación generada por otros autores y las publicadas por instituciones oficiales, a través de libros, artículos científicos, revistas, páginas web, sistemas de información geográficas y bases de datos, especificadas en las referencias de este documento.

4.1. Descripción del Método

Para llevar a cabo el análisis, se llevó a cabo una serie de acciones como:

- Aplicación de encuestas a usuarios (20 familias)
- Pláticas con los habitantes referentes a su percepción de la vivienda
- Levantamiento de medidas de prototipo

Tomando como base la metodología propuesta por la Dra. María Elena Torres Pérez para la evaluación de la vivienda construida en serie. En el cual se considera a dos evaluadores, el experto y el usuario; se analizarán aspectos de adaptabilidad climática, función y construcción (Torres, 2014).

Caso de estudio: Fraccionamiento Ciudad Bicentenario

El Fraccionamiento Ciudad Bicentenario, al igual que el fraccionamiento 27 de octubre y Gracias México, surgen como respuesta a la problemática de reubicar familias de zonas riesgo a zonas altas, ubicadas sobre la carretera 195 Villahermosa – Escopetazo (INEGI, 2017). Esto tras la inundación que se dio en el 2007, que dejó varias familias sin hogar y la necesidad de crear estrategias que protegieran a la ciudad, como el bordo de contención para el río Grijalva.

De los tres fraccionamientos creados, el Fraccionamiento Ciudad Bicentenario alberga la mayor cantidad de habitantes, ya que alberga a 3 mil 736 familias (INVITAB, 2014). En este Fraccionamiento se construyeron diversos prototipos de vivienda, condominios horizontales, verticales y multifamiliares.

El caso de estudio, dentro de la clasificación de la Comisión Nacional de Vivienda, sería un condominio horizontal, el cual alberga a dos familias en un mismo predio “dúplex”

(Comisión Nacional de Vivienda, 2010). Cuenta con dos viviendas de 42m² cada una, construidas sobre un lote de 9x15m y cada una cuenta con los siguientes espacios:

Tabla 1 Programa arquitectónico, condominio horizontal en Fraccionamiento Ciudad Bicentenario

Local	Cantidad	Lado corto (medidas a paño interior)	M ² (medidas a paño interior)
Recámara principal	1	2.90	8.7
Recámara Secundaria	1	2.55	8.35
Baño	1	1.18	2.22
Cocina- estancia	1	2.90	13.20
Área de lavado	1	1.24	3.72
Patio delantero	1	4.50	23.74



Figura 1. Planta Arquitectónica con Zonificación



Figura 2. Planta Arquitectónica con división de predios

V. RESULTADOS

En base a la medición de las cualidades cuantitativas y cualitativas del caso de estudio, se hace unas síntesis de los puntos positivos y negativos que presenta.

Área de adaptación social

- 85% de las familias son reubicadas.
- 100% del municipio de centro.
- 50% Son procedentes de asentamientos irregulares.
- 100% vivía en viviendas unifamiliares.
- 85% de las familias está integrada por 3 o más miembros.
- En su mayoría las viviendas encuestadas son ocupadas por familias nucleares.
- En repetidas ocasiones los usuarios comentaron, que la reubicación les perjudico, debido a que es un lugar lejano de los servicios de la ciudad y lugares de trabajo.
- En repetidas ocasiones los encuestados mencionaron que la reubicación les beneficio, debido a que les fue proporcionada una vivienda propia para habitar.

- Los usuarios reubicados, que contaban con una vivienda propia, aseguran que haber sido perjudicados, debido a que los espacios son mucho más pequeños a los que habitaban anteriormente.
- Las viviendas fueron proporcionadas de forma gratuita, cubriendo únicamente costos por contrato de \$5000.
- En su mayoría los usuarios cuentan con un nivel educativo equivalente o inferior a la educación preparatoria.
- Los usuarios en su mayoría son empleados, de la industria de la construcción o comercios

Área de adaptación climática, Térmica

- Más del 70% opina tener una sensación térmica mala en todos los espacios al interior de la vivienda.
- 75% opina que el espacio con mayor sensación térmica es ambas recámaras.
- 0% de los encuestados opino tener una sensación térmica buena en el área pública y el baño.
- La sensación térmica en casas con algún árbol y sin firme de concreto, en el patio delantero, se percibe más fresco que en las viviendas que utilizan alguna cubierta en este espacio o cuentan con firme de concreto.
- En opinión de los usuarios, el domo de luz brinda una correcta iluminación natural, pero, incrementa considerablemente la temperatura al interior de la vivienda.
- La recámara principal, de acuerdo con los usuarios, es uno de los espacios donde se perciben altas temperaturas.
- En repetidas ocasiones se atribuyó las elevadas temperaturas al interior de la vivienda, a la altura, considerando 2.5m muy baja para las condiciones climáticas del estado.

Área de adaptación climática, Lumínica

- El 5% califico como mala la percepción lumínica.
- Los espacios con mejor percepción lumínica son el área pública y el baño con el 60% de opiniones como buena.

- En general el 95% de los espacios presenta una percepción lumínica de regular a buena.
- La vivienda cuenta con 2 domos de luz, ubicado uno en la sala-comedor-cocina y el otro el en baño, que brindan iluminación natural a los espacios.

Área de adaptación climática, Ventilación

- Los espacios con mejor ventilación, de acuerdo con el usuario, son las recámaras, un 50% opino que es buena.
- Los espacios con peor ventilación son la sala-comedor-cocina, con el 30% de opiniones malas.
- En general los espacios presentan entre el 25% y 30% de ventilación percibida como mala, y entre el 45% y 50% como buena.
- La vivienda no cuenta con ventilación cruzada.
- La vivienda utiliza 2 ventanas al frente, una ubicada la primera en una de las recámaras y la otra en el área de sala-cocina-comedor. La otra ventana, con mayor dimensión que la primera, se encuentra ubicada en la recámara principal con cercanía al patio de servicio.
- La mayor parte de las viviendas utiliza solamente ventilador.
- Las recámaras en donde principalmente se utilizan los sistemas activos, aire acondicionado.

Así mismo se identifican otros aspectos relacionados con los espacios que integran a la vivienda.

Tabla 2. Puntos positivos y negativos en la vivienda, caso de estudio.

	HONGOS Y HUMEDAD
	<ul style="list-style-type: none"> • 80% de los encuestados presenta humedad al interior de su vivienda. • Se le atribuye a dicha humedad el surgimiento de enfermedades del tipo respiratorio y cutánea.
	COMEDOR
	<ul style="list-style-type: none"> • 60% cuenta con comedor para 6 personas. • 40% ocupa comedor para 4 personas. • 5% no tiene comedor de ningún tipo. • Dimensiones inferiores a las marcadas en el reglamento de construcción y en el código de vivienda.
	COCINA
	<ul style="list-style-type: none"> • 70% no cuenta con tabla o área de preparación de alimentos en cocina.

	<ul style="list-style-type: none"> • Se atribuye la falta de espacio de preparación de alimentos debido a la inversión económica que representaría construirlo. • En repetidos casos, el comedor es utilizado para llevar a cabo la preparación de alimentos. • Dimensiones inferiores a las marcadas en la normativa estatal y nacional.
	<p style="text-align: center;">RECÁMARA PRINCIPAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • 65% utiliza cama matrimonial en recámara principal. • 30% incluye hamaca en recámara principal. • No cuenta con área de guardado de artículos personales en comparación con la recámara secundaria. • Relación directa con el área de servicio. • Dimensiones inferiores a las marcadas en el reglamento de construcción del municipio.
	<p style="text-align: center;">RECÁMARA SECUNDARIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • 65% utiliza cama matrimonial en recámara secundaria. • 25% utiliza cama individual en recámara secundaria. • En la recámara secundaria el uso de hamaca no supera el 10%. • Relación directa con la sala-comedor-cocina. • Usuarios mencionaron en repetidas ocasiones que la recámara secundaria presenta mala acústica, al escucharse lo que ocurre en la vivienda colindante. • Área total es inferior a la marcada en el reglamento de construcción.
	<p style="text-align: center;">BAÑO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relación indirecta con ambas recámaras. • Visibilidad desde el área pública al entrar o salir. • Dimensiones inferiores al código nacional de vivienda y al reglamento de construcción del municipio de Centro
	<p style="text-align: center;">ÁREA DE SERVICIO</p> <ul style="list-style-type: none"> • 95% de los encuestados cuenta con lavadora ubicada en el patio de servicio • No cuenta con el espacio suficiente para realizar el tendido de ropa. • No cuenta con la instalación eléctrica, para poder conectar aparatos electrodomésticos de lavado. • Lado menor es inferior al marcado en el código de vivienda.
	<p style="text-align: center;">PATIO DELANTERO</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30% utiliza mecedora en el patio delantero • Esta área es ocupada en repetidas ocasiones como área de estar o local comercial • Se observó que en este espacio se realiza la actividad de tendido de ropa, posterior al lavado.
	<p style="text-align: center;">ANEXOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 50% anexo techado en el patio delantero, utilizando en la mayoría de los casos lámina zinc • En la mayoría de los casos utilizaron barda y portones en el frente, implementando diversos materiales, con el fin de delimitar la propiedad y brindar seguridad. • Se observó que gran mayoría de las viviendas presenta modificaciones al prototipo original, aunque sea mínimas. • Las viviendas que no presentaron modificaciones comentaron que es debido a el costo de construcción.

En cuanto a los procesos constructivos y los materiales, se identifican filtraciones de agua al interior de la vivienda, principalmente por la losa. También se observa que es posible la construcción de una planta alta, sin la necesidad de refuerzos y que los materiales utilizados en el prototipo original se adaptan a diferentes procesos y materiales constructivos

VI. DISCUSIÓN

Se enfocó en realizar análisis de la condición territorial del municipio de Centro y diagnóstico de casos de estudio local, para lograr una comprensión integral del usuario y

el contexto en el que habita. Entender la relación existente entre el hombre y su entorno, es de vital importancia para proponer estrategias de integración que ayuden a la óptima convivencia de ambas partes.

En el municipio de Centro, factores como las altas temperaturas, la humedad y las lluvias están en constante interacción con los habitantes y la edificación, se debe aprovechar de la mejor manera estos recursos, así como la tierra disponible, es relevante en el proceso de diseño y de suma importancia la preservación del medio físico.

Para concluir de forma integral el estudio del territorio, hay que conocer a su población, su forma de habitar el espacio, usos, costumbres y necesidades. La única forma de lograrlo es interactuando y generar registro de ello.

VII. CONCLUSIONES

El espacio material de la vivienda, como tal no es la finalidad, sino un medio para incrementar la calidad de vida de las personas. En relación con lo antes mencionado, la vivienda constituye el sitio donde la familia o el sujeto desarrolla actividades de convivencia y de interacción. Al no existir un estudio sobre las necesidades, no solo de quienes harán uso del espacio, sino también de las condiciones del sitio y entorno, dichas actividades generan un deterioro al interior del núcleo familiar y a nivel urbano que lleva a un mal planteamiento de soluciones, repercutiendo en el bienestar de los usuarios y a la vez contribuyendo a la pérdida de valores socio- culturales y de integración con el entorno.

Los desarrollos habitacionales de interés social como el fraccionamiento Ciudad Bicentenario dejan en evidencia las carencias de los prototipos de vivienda generados y los efectos en la calidad de vida de los usuarios.

VIII. REFERENCIAS

Comisión Nacional de Vivienda (2010). Código de edificación de vivienda.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Diario Oficial de la Federación 5 de febrero de 1917).

INEGI (2017). Mapa digital de México. Recuperado el 09 de diciembre de 2017, de <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE3LjgxNzU4LGxvbjotOTluOTI2NDUsejoxMixsOmMxMDJtfGMxMTJ8YzM1MA==>

INVITAB (20 de junio de 2014). Dan Invitab y Ayuntamiento de Centro certeza jurídica a Ciudad Bicentenario. Recuperado el 9 de diciembre de 2017, de <https://tabasco.gob.mx/noticias/dan-invita-b-y-ayuntamiento-de-centro-certeza-juridica-ciudad-bicentenario>

Mejía Escalante, M. (2016). La vivienda digna y la vivienda adecuada. Cuadernos de vivienda y urbanismo, IX (18), 292-307.

Pedrotti, C. (2014). La vivienda, un tema siempre contemporáneo. Economía, sociedad y territorio, XIV (44), 273-280.

Torres, P. M. (2014). Como Evaluar la vivienda construida en serie. Mérida, Yucatán, México: Plaza y Valdez, S.A de C.V.

POEMA MUSEO LA VENTA: LA RÉPLICA DEL POETA CARLOS PELLICER A LA TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO TABASQUEÑO A CONSECUENCIA DE LA EXPLOTACIÓN PETROLERA

Mtra. Arq. Gisele Angulo Noriega¹

I. RESUMEN

En el año de 1957 Carlos Pellicer Cámara plantea la construcción de un museo que rompía con los paradigmas de la tipología de este tipo de proyecto arquitectónico y museográfico creando un lugar que es la “porción de país” (Berque, 2002) en la memoria de una población. Construcción de paisaje más que paisajismo, cobijando el bagaje cultural-natural de un pueblo del trópico que, hasta el día de hoy, no ha sabido conciliar la tradición con el progreso. Así Pellicer buscaba preservar el patrimonio arqueológico de Tabasco, ante su destrucción por la construcción de la planta de gas de PEMEX en La Venta, Huimanguillo. El objetivo del presente manuscrito es mostrar como el pensamiento poético de Carlos Pellicer llevó a un entendimiento pertinente y de pertenencia sobre la construcción de paisaje y memoria en Villahermosa, Tabasco.

¹Profesora investigadora Tiempo completo asociado “B”. DAIA- UJAT. Email gisele_angulo@hotmail.com

II. INTRODUCCIÓN

Hasta los años 50's, el territorio de Tabasco se encontraba aislado geográficamente del centro del país (Assad, 2006), lo cual no implicaba estar aislado del mundo, ya que los mismos ríos y lagunas que separaban, lo unían a otros puntos geográficos. La explotación de las selvas, así como el cultivo de plátano roatan (*musa balbisiana*), cacao (*theobroma cacao*) y coco (*cocos nucifera*) contribuyeron a la llegada de extranjeros a las zonas más alejadas de Tabasco. Fue a partir del boom petrolero de 1970 que este territorio recorrido por ríos se vio atravesado por puentes y carreteras que permitían el transporte de maquinaria pesada y equipos de perforación para la construcción de pozos petroleros (Tudela, 1989).

En menos de 30 años el transporte fluvial desapareció (Ruiz Abreu, 1985), miles de años de conocimiento territorial, fue desechado, y no solo este tipo de indicio histórico e identitario sufrió la discriminación y olvido. Tal es el caso del sitio arqueológico La Venta, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, uno de los más importantes para el entendimiento de Mesoamérica, y que aun siendo reconocido a nivel internacional y explorado, fue desestimado ante el nuevo proyecto de nación de nuestro país. Una nueva identidad había nacido; pareciese que no era necesario ningún otro símbolo o bagaje cultural, esto quedó demostrado al inicio de la construcción de la planta de Gas de Pemex en dicho lugar, no importó que se encontrarán vestigios de una de las culturas mesoamericanas primigenias. Ante el temor de que fueran destruidas aquellas cabezas colosales que desde 1925 habían sorprendido a Frans Blom, el poeta Carlos Pellicer Cámara emprendió uno de sus poemas y proyecto de museografía más amado, como él mismo describía en cartas a Alfonso Reyes, diseñó un parque museo-poema, “con los tres reinos” (Pellicer, 1958). El paisaje Tabasqueño es génesis de Pellicer en sus poesías, y en su museo se espacializó, y fue posible recorrerlo.

Construcción del paisaje² más que paisajismo³, cobijando el bagaje histórico de un pueblo del trópico y de un país que, hasta el día de hoy, no ha sabido conciliar la tradición con el progreso. Pellicer construyó un lugar que es la “porción de país” (Berque,

² Imágenes identitarias y de memoria, recordando el origen etimológico de la palabra como “la porción de país en nuestra memoria” (Berque, 2002) (Maderuelo, 2005), así como construcción social (Besse, 2006).

³ Término orientado hacia el diseño de jardines o espacios verdes, así como representaciones de un paisaje.

2002), en la memoria de una población, a pesar de las alteraciones realizadas, en diversas fechas a gusto del gobernante en turno durante el periodo de 1964-2007 (Quero, 1997, pág. 23). Remodelaciones que iniciaron con el gobernador Manuel R. Mora en 1964, siendo la última realizada en octubre del 2017 con el gobernador Arturo Nuñez Jiménez, modificaciones dirigidas por el gobierno del estado de Tabasco, ya que el museo parque la venta pertenece al Instituto de Cultura del estado de Tabasco, siendo independiente del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), dependencia del gobierno federal⁴ (Gobierno de la Republica de México, 2018).

En tal sentido, este museo poema sobrevive para conservar una muestra de la *selva* Tabasqueña, para conocer como un poeta sería arquitecto. En este orden de ideas, la pregunta de investigación es la siguiente, ¿es el pensamiento poético el que lleva a un entendimiento pertinente y de pertenencia sobre la construcción de paisaje y memoria en contextos urbanos? Desde esa perspectiva, el objetivo de este manuscrito es descifrar el pensamiento de Pellicer respecto a la construcción de un museo que rompía con los paradigmas de la tipología de estos proyectos, en búsqueda de preservar y rescatar el pasado arqueológico del Estado de Tabasco. Sobre esta base, el presente trabajo está organizado en tres secciones. La primera, presenta una contextualización histórica del sitio arqueológico de la Venta. La segunda, aborda el caso de estudio y la problemática. La tercera sección ofrece un análisis interpretativo de los escritos de Pellicer donde da luces sobre su proyecto contextualizándolos a sus escritos poéticos. Finalmente y a *partir* de todo el proceso de análisis realizado concluimos sobre qué es el Museo poema de la Venta y cual es la idea regidora de este para saber tomar decisiones futuras pertinentes sobre él.

⁴ Durante el mandato del Gobernador Enrique González Pedrero se conformó el proyecto de jardín botánico, las guías arqueológicas en 5 idiomas, así como la actualización de a la sala introductoria, es la única de las remodelaciones donde se solicitó asesoría al INAH. Las piezas fueron evaluadas para procurar su preservación así como su limpieza. (Quero, 1997, pág. 25)

II. CONTENIDO

Carlos Pellicer Cámara construyó un lugar que para su temporalidad resultaba fuera de los paradigmas de aquello que nombró museo, jardín y poema⁵, este lugar podemos asegurar es un poema a pesar de no estar escrito ni en verso, y es que el espacio sacralizado, es texto y ha sido narrado. Construido a partir de imágenes poéticas y metáforas, sería el lugar donde habitarían las esculturas encontradas en 1925 por Frans Blom (una primera cabeza colosal) y en 1940 por Matthew Stirling, éste se constituyó como la espacialización de las poesías de Pellicer y del paisaje Tabasqueño, conformando dentro de los imaginarios no solo de los que habitan en esta porción de territorio, lo que es Tabasco.

La fracción de terreno solicitada a Orrico de los Llanos a orillas de la Laguna de las Ilusiones (en la imagen No.1 se encuentra resaltada en color verde) y contigua al entonces conocido parque Tabasco, hoy parque Tomas Garrido, (donde se iniciaron las exposiciones regionales, antecesoras de la hoy denominada feria Tabasco), era una tierra de vegetación herbácea y arbustiva como observamos en la fotografía de 1941, ahí donde ahora es una porción de selva, era una tierra que a vuelo de pájaro se observaba poca vegetación y que al analizar la fotografía podemos verificar. Hay una sentencia realizada por Pellicer Cámara, que contrapone la famosa canción que hasta hace unos años se cantaba como himno de los Tabasqueños⁶, para 1957 Pellicer deja clara la diferencia entre los conceptos de ciudad y de territorio, al declarar que Villahermosa es “feísima y se empeña en serlo” (Quero, 1997, pág. 80), mientras afuera de este aglomerado de casas y calles, el vasto territorio sigue siendo una selva con sus leyes, indómita e infinitamente verde y en la cual la realidad es paralela a lo imaginable, la selva es una ficción constante de la realidad conocida, “las flores son mariposas y viceversa, un territorio donde se teje finamente” (Quero, 1997, pág. 81). ¿Qué calificativo merecería esta Villahermosa del 2019 para Pellicer?, donde el derrumbe del mismo imperio petrolero, que venía arrasando todo a su paso ha colapsado, dejando una estela de diversos males en mayor cantidad que beneficios, una ciudad que creció sin un sentido

⁵Términos con los que se refiere en la carta escrita a Alfonso Reyes, ya que ha sido modificado por decisiones de los gobernantes quitando el concepto de poema a éste. (Quero, 1997, pág. 63)

⁶Se hace referencia a la canción *Ven a Tabasco* escrita por Pepe del Rivero.

de hacer ciudad y que el fenómeno de crecimiento acelerado de la urbe, que vio iniciar Pellicer, ha ido invadiendo todo a su paso. Pero el territorio en su vocación de selva no duda en hacerse presente en cualquier intersticio.

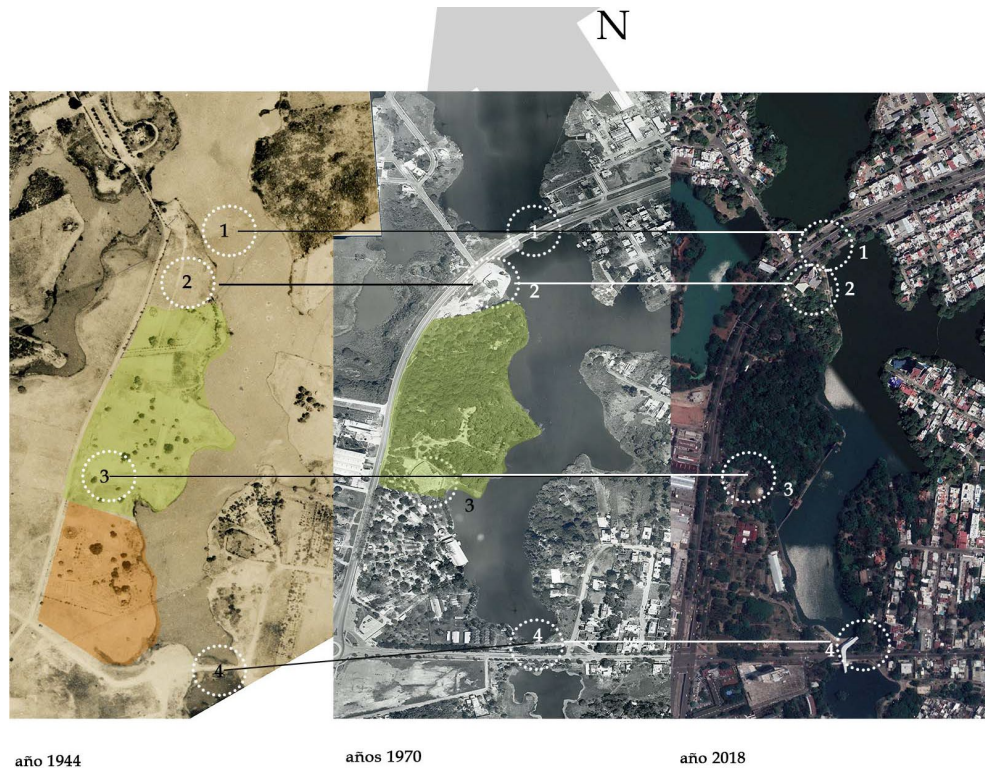


Figura 1. Fotografía aérea 1944 pertenece al Centro documental de estudios sobre al Agua CDEA. Fotografía aérea 1931-1944 Anaquel No1 Carpeta de fotos aéreas no. 1
Fotografía aérea 1977 pertenece al Centro documental de estudios sobre al Agua CDEA.
Aerofotografías Villahermosa años 70's. Anaquel No1 Charola no. 3
Fotografía aérea 2018. Plataforma Google Earth 2018

Estando a cargo Pellicer del museo de Tabasco en 1952, ve avecinarse la destrucción de aquellas caras sonrientes y colosales, no hay quien impida lo estipulado por la expropiación petrolera, que declaró, por encima de todo y de todos, el petróleo. Pues siendo patrimonio nacional debe ser explotado no importando la localización del yacimiento, si es que se encuentra en terreno de particulares, se comprará, a pesar de que no siempre el pago fuera justo; narra Martín Ortiz en su libro, Historia de la explotación petrolera en Tabasco 1920-1940. (Ortiz, 2010, pág. 308)

Curiosidades de 80 toneladas, según calcula Pellicer, fueron las que se encontraron quienes afanosamente construían la pista de avionetas para llevar piezas y trabajadores de la nueva planta de gas en el poblado La Venta, él sabía que nada pararía su destrucción por un fin mayor, los vestigios en piedra aún no eran considerados patrimonio de la nación y se permitía el coleccionismo, estos podían ser destruidos o ir mano en mano, la inexistencia de leyes o reglamentos, que delimitarán la protección de piezas y del sitio encontrado. Para cuando se anuncia la inminente destrucción de los vestigios, lleva ya 56 años de ser conocido el sitio de La Venta, es el descubrimiento del Juchiman⁷ que da inicio las investigaciones de este lugar. Es durante el año de 1926 que Frans Blom y Oliver La Farge de la universidad de Tulane realizan la primera exploración con fines académicos y de investigación, a su regreso a Estados Unidos publican el libro *Tribes and Temples* donde señala, “la Venta ciertamente es un lugar enigmático y habrá que trabajar mucho allí para precisar el lugar de esta ciudad antigua en la sucesión de civilizaciones” (citado en Tejedo, I. F., Gaxiola, M., Camacho, J. L. & Ramírez, E., 1988.p.85)

Pasarán casi 12 años para que el territorio de La Venta volviera a aparecer en los registros históricos, pero esta vez, por ser un hallazgo prometedor de gas, descubrimiento que se da al poco tiempo de la expropiación petrolera. Con varios años ya llevándose a cabo la extracción de petróleo en el municipio de Macuspana, donde era extraído entonces por compañías extranjeras, se voltea la mirada a yacimientos poco explotados como lo era La Venta, “el gobernador Francisco Trujillo Gurria expone al presidente Manuel Ávila Camacho en 1940 un plan para llevar a cabo la exploración y explotación de dos campos inexplorados La Venta y Florida” (Ortiz, 2010, pág. 293). Durante el mismo periodo de la solicitud al presidente Ávila Camacho, se inicia el proyecto de investigación en La Venta bajo la dirección de Mathew Stirling del instituto Smithsonian. Philip Drucker y Waldo Wedel de 1942 a 1943, continuaron con las investigaciones del sitio arqueológico ante las hipótesis de haberse encontrado la cultura madre de Mesoamérica, un lugar que

⁷ El Juchimán es el emblema de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), una de las anécdotas cuenta que fueron unos americanos de las compañías petroleras quienes al hacer el hallazgo se preguntan, ¿who is this man? , otra versión y reconocida por nuestra universidad es la de un grupo de alumnos que realizaron una analogía entre un muñeco de nieve llamado *watchman* y al pronunciar el nombre se generó la palabra Juchimán.

mantenía muchas incógnitas, como el traslado de las rocas (Tejedo, Gaxiola, Camacho, & Ramírez, 1988, pág. 13).

Y habrá que recalcar aquí que de los textos consultados en ninguno se hace mención de cómo se iba dando el trabajo en paralelo de la construcción de la planta de gas y el de la investigación de las piezas arqueológicas. Carlos Pellicer Cámara regresa a Tabasco en 1947 para conocer el recién fundado museo de Tabasco, éste viene a ser una suerte de colección particular o gabinete de curiosidades que se mostraban para entretenimiento de los Tabasqueños. Haber ejercido cargos en la función pública y de ser reconocido como intelectual de México, le da oportunidad de emprender el proyecto de conformar un verdadero museo de antropología e historia para el estado de Tabasco, en su discurso de inauguración del museo menciona

No teniendo yo mérito para ello pues no soy ni arqueólogo ni museógrafo sino apenas un aficionado a la belleza en todas sus manifestaciones. En septiembre de 1947, el gobernador Francisco J. Santamaría (1947-1952) decretó la fundación de un museo en Villahermosa, meses después lo visité: era un pequeño caos de curiosos y pintorescos pero tocados tangencialmente por una docena de piezas arqueológicas, unas de la cultura de La Venta. (Prats, 1990, pág. 277).

Es por este discurso que tenemos conocimiento sobre que está sucediendo en La Venta Huimanguillo y la búsqueda de salvaguardar las piezas ahí encontradas, en el mismo discurso relata cual fue la primera pieza monumental que fue trasladada del sitio a la ciudad de Villahermosa. Pellicer que se mostraba preocupado por la falta de conocimiento sobre las culturas prehispánicas, no dejaría que el pasado que atesoraba el territorio que metaforizó, se esfumara en las exhalaciones de vapores.

En su guía de los museos de Tabasco, hace notar la poca investigación que existe sobre el pasado de México, grupos prehispánicos y sitios arqueológicos, un pasado que le intriga y busca recuperar a través de las manifestaciones artísticas que llegan en forma de códices, esculturas, arte perdido que rescata. (Quero, 1997, pág. 35).

La inauguración *del museo de Tabasco* fue el 19 de noviembre de 1952, este fue el inicio de la labor de rescate de las piezas arqueológicas de La Venta, su empresa no

quedaría en el rescate del monumento 3, la cual daba la bienvenida en el recién inaugurado, *museo de Tabasco*, “fui a La Venta y el contratista experto habilísimo, don Leopoldo Ortega, movió de su sitio donde hacía tres mil años había sido colocada, la prodigiosa escultura que preside sonriente la historia plástica de nuestro museo” (Prats, 1990, pág. 278) .En el periodo que comprende la inauguración del museo de Tabasco y el traslado de los otros monumentos al ya casi terminado Parque Museo-Poema de La Venta, se siguen llevando a cabo investigaciones para tratar de discernir el origen y edad de los olmecas, queda registro de la realizada en 1955 bajo dirección de Drucker en colaboración con Robert Heizer y Robert Squier de la universidad de California en Berkley, de estas investigaciones se obtiene mayor información de lo que hoy se conoce como complejo A, así como el descubrimiento de diversas estelas y monumentos (Arqueología Mexicana, 2016)

El documento más importante para discernir al *Parque Museo-Poema de La Venta* como el espacio diseñado por un poeta y hermeneuta es la carta escrita a Alfonso Reyes, en ella se deja ver la génesis del paisaje e imaginario tabasqueño construido por Pellicer Cámara, meses después de escribirla, el 4 de marzo de 1958, se inaugura el Parque Museo-Poema de La Venta, que con piezas arqueológicas de La Venta Huimanguillo, convierte a Villahermosa en cabecera de uno de los recintos arqueológicos de mayor importancia en el país, a la inauguración asistió el presidente Adolfo Ruiz Cortines (Gordon, 1997, pág. 70), la presencia de éste da cuenta de la importancia del museo y de su gestor, fue Pellicer la clave imprescindible para el rescate de las piezas arqueológicas y creación del recinto donde se resguardarían. En la entrevista realizada por Carlos Becerra a Carlos Pellicer en 1967, éste relata el inicio del proyecto del rescate de las piezas arqueológicas.

El gran centro ceremonial de La Venta, en el norte de Tabasco resultó ser un tesoro de petróleo. Petróleos Mexicanos decidió perforar en la misma zona arqueológica. Yo pedí permiso al presidente, al instituto de Antropología, al ministro de educación, etcétera, para hacer el traslado. Claro, las autoridades se me quedaron viendo, pensando: “este pobre señor que hace versos qué tiene que ver con esto”. Sin embargo no sé qué comunicación extraña permitió que estas autoridades me dejaran hacer este trabajo, este traslado del Centro

ceremonial a la orilla de Villahermosa -diríamos de Villafea, porque el paisaje Tabasqueño es maravilloso, pero la ciudad es fea con entusiasmo. (Quero, 1997, pág. 80)

Pellicer motivado por el bien común y conservación de la memoria, fue el auténtico autor de que en Tabasco existan dos museos de características únicas, en tiempos donde la economía basada en la explotación de hidrocarburos era único motivo de interés para los gobernantes y en el caso del Museo-Poema La Venta, perpetuó el contexto natural que de a poco dentro de la ciudad iba perdiéndose. No es una situación desconocida que la arquitectura del golfo, caso específico el de Tabasco se viera trastocada por el cambio de paradigma de vida que se dio en el periodo del boom petrolero, de manera acelerada la aculturación modificó los procesos constructivos que de la región habían estado inamovibles a lo largo de varios siglos, adaptados para responder a contextos naturales específicos, este cambio de vida bajo el paradigma de progreso y modernización iniciado en los años 50 y del que hablaba Pellicer usando un calificativo implacable para la capital del estado: *Villafea* (Quero, 1997)

La obra *poietica (sic)* de Pellicer, es museo en su concepción primigenia de resguardar la memoria y el paso del tiempo a través de objetos tangibles, donde la multiplicidad del tiempo se da en un espacio de 7 hectáreas. Fueron compactados miles de años para hacer del jardín-museo-poema de La Venta, una heterocronía en donde la vegetación primigenia acompañaba a los monolitos de la cultura olmeca. El tiempo vegetal y cultural se hallan compactados en el recorrido, siendo acompañados por el tiempo humano, las huellas del poeta haciendo presencia para ubicar la corporeidad de quien se adentra a la selva, por un momento se es Pellicer, sobre sus pasos calzamos nuestros pies⁸ (Proceso, 1994).

Las modificaciones que se han realizado han sido con el fin de modernizarlo, hasta el punto de cambiar el sentido narrativo de los caminos, donde nunca se comprendió que en sus decisiones iba construyendo metáforas e imágenes. Estas transformaciones salvo una de ellas fueron con el fin de resguardar las piezas arqueológicas. Sin duda el poeta

⁸ Como parte del diseño de los recorridos dentro del *parque museo-poema de La Venta*, el poeta Carlos Pellicer Cámara plasmó las huellas de sus pies en losetas de barro, estas se ubican a lo largo de los recorridos en un origen de grava y tierra, actualmente las losetas de barro se embebieron en el camino de concreto.

no sabía las leyes de protección a monumentos que 20 años después se decretarían (Ochoa, 1985), el ostracismo de mantener las piezas a la intemperie no ha sido de su creador si no del Gobierno del estado de Tabasco al no entender el verdadero sentido del poema espacializado de Pellicer. Esa dicotomía que aún impera en nuestro país, patrimonio-progreso, antinomia sin sentido que se insiste perpetuar, en lugar de buscar los análogos de estos dos tópicos o el punto medio, para crear un palimpsesto entre pasado y presente, ¿quién moderniza una iglesia barroca o un poema de Neruda?, hay objetos que deben permanecer intactos para mostrar su esencia y la huella del paso del tiempo, para revelar el pensamiento del creador, las intervenciones al patrimonio deben realizarse bajo la noción de *fronesis* y *proportion*, con un conocimiento profundo de aquello que se piensa modificar o adecuar para un nuevo contexto temporal- social, y en el caso del *parque museo-poema de La Venta*, sería el manejo de las piezas arqueológicas, antes que los recorridos.

Pellicer en carta a Alfonso Reyes describe que es aquello del proyecto que tan afanosamente está trabajando, un poema con los tres reinos y mucho hombre (Quero, 1997), así sus congéneres voltearían a ver y lograrían entender que son indisolubles de aquello que los rodea y significa, que el hombre para tener un corazón noble, un ser ético, debe vivir rodeado de poesía, in xóchitl in cuícatl, flor y canto como nombraban a la poesía en náhuatl. Flor y canto que como analiza Fernando Martín Juez, conforman la idea de cultura y natura (Martín Juez, 2006). Pellicer reunió en un mismo espacio la esencia de un territorio, aquello que da identidad y sentido a un grupo.

De los diversos artículos leídos la mayoría aseguran tres cosas, que Pellicer buscaba recrear el espacio en el que creía habían vivido los olmecas, el contexto donde se encontraron las piezas y finalmente la localización de las piezas. Las tres afirmaciones son muy distintas aunque en superficie parecieran decir lo mismo.

- Recrear el contexto en el que se creían vivían los olmecas (Ochoa, 1985), esto reduce a una escenografía el trabajo de Pellicer. Los estudios arqueológicos eran primarios, aun vendrían muchos descubrimientos y reestructuración de hipótesis sobre las modificaciones que habrían realizado los olmecas al contexto que habitaron.

- Recrear el entorno en el que se encontraron las piezas (Quero, 1997) , es decir la vegetación circundante y la idea de mantenerlas a la intemperie. De nuevo se caería en la idea de pensar el trabajo de Pellicer solo como escenografía.

- Recrear la localización de las piezas (Quero, 1997, pág. 80) y a partir de esto se realizó el recorrido del Museo Poema. Se construyó el paisaje Tabasqueño- Pellicereano, ya que la fotografía aérea de los años 40, indica poca vegetación en el predio, lo cual hace suponer que hubo un trabajo de selección de plantas y reforestación, previo al traslado y durante el tiempo que Pellicer estuvo a cargo del Museo. Para el año en que inicia el trabajo de diseño del parque museo-poema, el poema *cuatro cantos a mi tierra* tiene ya nueve años de haber sido escrito, en este existen imágenes de un tabasco de agua y selva que ha ido permeando a generaciones hasta la contemporaneidad, y del cual es reflejo el *Parque Museo-Poema de La Venta*.

Lo que queda muy claro en la descripción que realiza de su trabajo, es que está construyendo un poema, el hace referencia a su poesía de manera espacializada y hace hincapié en la experiencia estética y los recorridos que llevarán a este fin, nombra de manera certera el trabajo que realiza, Parque Museo-Poema de La Venta, tres tópicos que encierran en sus concepciones elementos para la construcción de paisaje. Retomemos las conceptualizaciones realizadas sobre la construcción del significado paisaje desde la genealogía de la palabra paisaje (Maderuelo, 2006), quien en su libro, paisaje génesis de un concepto destaca que, la construcción de paisaje es un acto cultural, construido desde la contemplación estética, la imaginación, la poetización de las sensaciones empíricas así como la sacralización del espacio. Esta sacralización la veremos también en el concepto que realiza de paisaje Marc Besee al incluir el proceso fenomenológico del estar y andar, en su artículo las cinco puertas del paisaje (Besse, 2008). Habría que realizar la anotación de que Pellicer está haciendo un poema, de manera literal y poética, así lo considera y se lo hace saber por medio de una carta a Alfonso Reyes.

Pero hombre: Figúrate un poema de siete hectáreas. Con versos milenarios y encuadernados en misterio, naturalmente a orillas de un lago con algunos

errores llamados cocodrilos. La *semattimana* aventura soltaré allí mismo catorce venados que le darán rápida puntuación a tan magnifico texto (Quero, 1997).

La analogía realizada entre espacio y narrativa, objeto arquitectónico y texto muestran la capacidad de entender que este mundo es metaforizable e interpretable, el museo que él propone es el lugar de la experiencia estética que lleva a la comprensión ética del contexto natural de un territorio, es decir de Tabasco. Él no diseña este espacio como lo habría hecho un arquitecto y como posteriormente lo realizo Iker Larrauri, en la modificación de la localización de las piezas (hitos en el andar), pero sobre todo la mutación de los recorridos que distorsionaron la permeabilidad del visitante en su construcción de memoria y experiencia. Pellicer comprendía el caos de la selva y como ésta, debía ser aprehendida.

Aquí entraríamos en debate sobre las modificaciones que se le han realizado a éste, ¿quién actualizaría, remodelaría o pondría en vanguardia a cuatro cantos a mi tierra?, nadie se atrevería hacer esto, se conservan las imágenes generadas por la lectura, el museo poema no fue ajeno a este fenómeno que hasta el día de hoy no ha podido detenerse. El univocismo con el que se vive en las decisiones de construir ciudad y qué hacer con el patrimonio siguen obedeciendo al de tabula rasa, pues así se ha entendido el progreso, como la destrucción de pasado. Las modificaciones que se le han realizado a la obra de Pellicer obedecen al olvido de que antes que museo, es un jardín y un poema.

En la siguiente imagen (No.2) observamos la distribución que plantea como original de las piezas y de los recorridos (así como las trasformaciones que se han dado del mismo), caminos sinuosos de tierra que esconden quiebres, salientes, piezas ubicadas al remate de un camino para contemplarlas, transformando al visitante en un ser vulnerable a la vegetación y pasado monolítico, lo convierte en un viajero. No era la primera vez que Pellicer buscaba la permeabilidad del habitante en sus recintos, en 1957 cuando el secretario de hacienda visitaba el Museo Tabasco y ante la falta de aire acondicionado en la salas, este tuvo que irse despojando de su ropas, a lo que Pellicer le comentó, este museo solo se puede visitar vestido de maya.



Figura 2. Plano base del libro de Javier Quero, 40 años del Parque poema Museo de la Venta. Plano de las Modificaciones realizada al parque poema museo de la Venta, realización propia.

La experiencia estética conforma la vida del poeta, le vuelve permeable a sus contextos, el poeta es un hermeneuta que interpreta y crea desde la metáfora y metonimia, es decir desde la analogía. Las selvas de Pellicer son más selvas que las que vivimos en fotografía o en la memoria de otros, las selvas del poeta confirman y conforman nuestros imaginarios de lo que es Tabasco. Pellicer no realiza una descripción, él metaforiza y construye imágenes de aquello que lo rodea y mira a la distancia, es ésta la que le permite en el juego de la memoria, intensificar la experiencia sensorial de los elementos naturales del territorio tabasqueño. Un espacio transgresor a su temporalidad, en un tiempo donde la noción de orden y progreso imperaban, la vida como máquina y perfecta sincronía conformaban el rostro de las ciudades y de quienes las habitaban, el caos de la selva retumbo al centro de una ciudad que crecía al ritmo del paradigma del boom petrolero.

El recorrido original de La Venta sugiere un viaje entre momentos de andar y el estar, el ritmo que acompaña los pasos del ciudadano aventurero, le cuenta a Alfonso Reyes, los hare permanecer ahí y serán obligados a mirar (Quero, 1997), él sabía que construía

el imaginario, memoria y paisaje identidad del Tabasqueño, mirando ellos también podrían metaforizar, para por los poros recibir todo el verde selva.

El andar como construcción de paisaje y territorio es diseñado en el museo La Venta, por caminos rugosos, accidentados, propios de las brechas que se abren en el selva, las piedras bajo la suela de los zapatos y lo blando de la tierra húmeda de lluvia, van introduciendo a un mundo lejano de la urbanización, los olores penetrantes del jobo y ceiba anuncian que se está más lejos del asfalto de lo que la medida en metros nos dice. Pero esto cambió en las modificaciones y adecuaciones al poema, porque después de la muerte de Pellicer, reescribir alguna de sus obras fue permitido. El paisaje como una pasión sensorial se fue anulando, la cinestesia obligada se reguló bajo pisos de concreto sin sorpresas, habrá que recordar al anécdota de Pellicer al exclamar -¡quién limpia la selva!- (Priego Martinez, 2015, pág. 89), quien no entiende el caos no podrá entender el orden vegetal.

A partir de 1991 fecha en la que se modificó la ubicación de piezas y se hicieron nuevos caminos que si bien volvieron a mostrar los caminos de tierra que en una anterior remodelación habían sido cubiertos de grava (1970) y que en la actualidad vuelven a ser de concreto (2018), se convirtieron en una narrativa lineal. Lo que quedó del proyecto original de Pellicer fue la vegetación que reforestó y propuso para su selva. Al poema de Pellicer lo reescribieron, esto sería un delito si se hiciera con cualquiera de sus poemas escritos. Y es un arquitecto que con su visión sin poesía propone este andar de caminos lineales, se cambió poesía por prosa, se introdujo vegetación ajena al sistema de la selva-acahual. Las remodelaciones y reestructuraciones al Parque Poema-Museo La Venta no se han detenido en la insistencia de hacerlo un museo y de no comprender que es éste lugar, del nombre propuesto por Pellicer en la carta a Alfonso Reyes se le ha mutilado el termino poema y de La Venta, aislando aún más el sitio arqueológico en el municipio de Huimanguillo. Soluciones pertinentes y prudentes como crear un museo de la cultura Olmeca donde las piezas originales sean protegidas adecuadamente y hacer uso de réplicas para así dejar de modificar la obra de Pellicer en la búsqueda de modernización y conservación de las piezas que a la intemperie sufren daños y por las que se ha hecho lo mínimo. (Fuente, 1997).

Las transformación del espacio es visible en los mapas realizados por Madaglena Juárez y Cony Reyes para el libro, Cuarenta años del Parque Museo-Poema de La Venta. En la imagen No.4 observamos un parque museo de La Venta ya con modificaciones, como la sala introductoria, la pileta para los cocodrilos, pero sin alterar en esencia los recorridos. En la imagen No.5, los caminos se ven claramente modificados en el afán racionalista del orden, siendo el diseño de Pellicer congruente con postulados que en la contemporaneidad dan pauta en el diseño de jardines y construcción de paisaje.

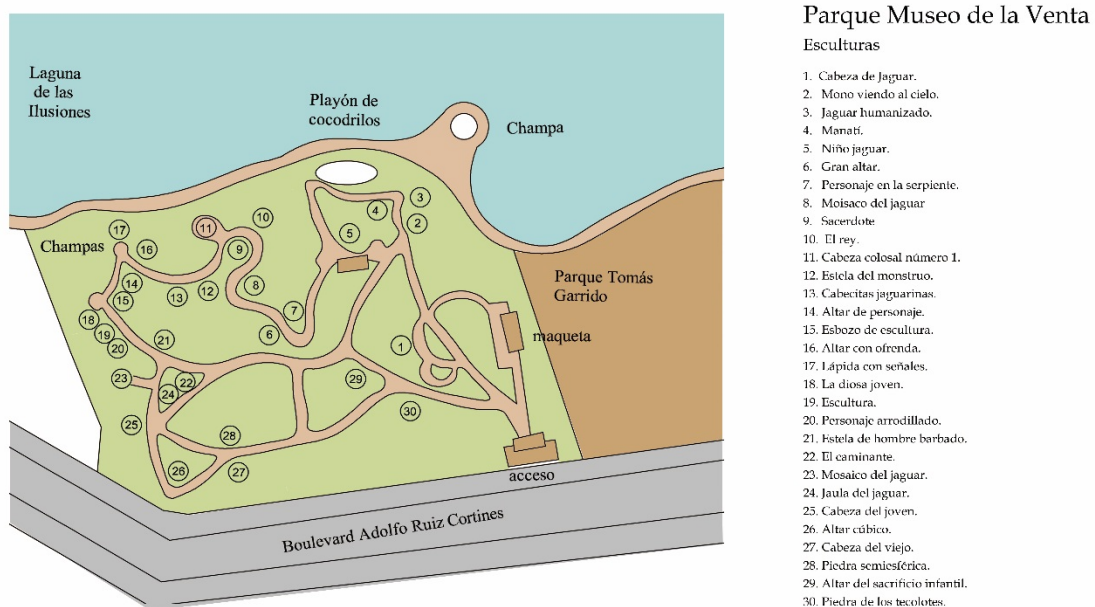
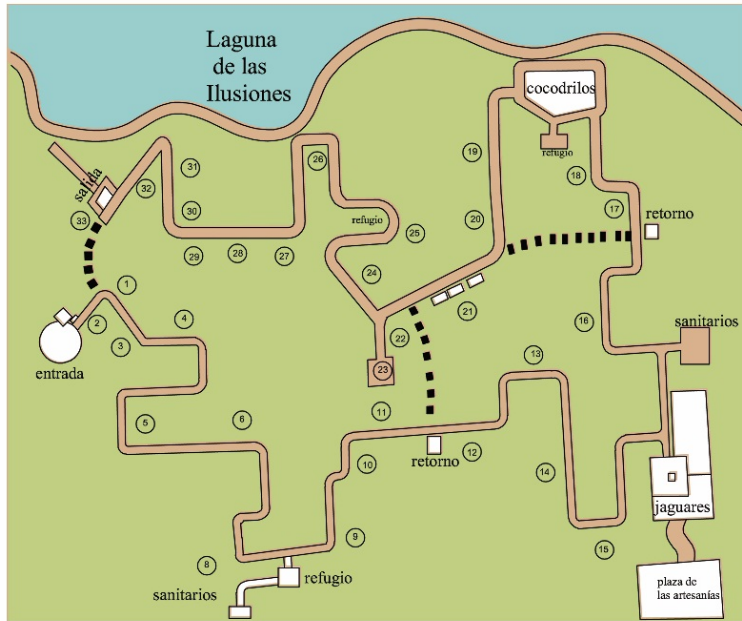


Figura 3. Distribución de piezas y caminos del Parque poema museo de la venta años 80's. Plano redibujado a partir del plano mostrado en el libro 40 años del Parque poema Museo de la Venta de Javier Quero.



Parque Museo de La Venta

1. Bloque de piedra con relieve de figura humana de pie y glifos. Conocida como "El Caminante".
2. Bloque grande que parece un banco.
3. Figura humana hincado que sostiene en las manos un recipiente rectangular. Conocida como "La abuela".
4. Estela con dos figuras en el centro, rodeadas por seis figuras menores. Conocida como la estela del "Hombre barbado".
5. Mosaico. Conocido como "Máscara de jaguar".
6. Funtito de coqueimas basálticas.
7. Columnas de basalto.
8. Cabeza colosal. Conocida como "Cabeza del joven".
9. Cabeza colosal. Conocida como "Cabeza del viejo".
10. Piedra grande y circular.
11. Altar con figura de aspecto humano.
12. Altar con figura humana que emerge de un nicho sosteniendo a un niño y dos parejas de adultos y niños en cada una de las caras laterales. Conocida como "La maternidad".
13. Figura conocida como "El sacerdote".
14. Altar rectangular con cara fantástico al frente.
15. Altar con gran rostro humano en un nicho y otras figuras humanas y animales muy destruidas.
16. Figura humano-felina con una losa horizontal en la parte superior. Conocida como "El jaguar".
17. Figura que representa un cetáceo. Conocido como "El manatí".
18. Figura con la cabeza hacia atrás y una espiga en lugar de cuerpo. Conocido como: "Mismo mirando al cielo".
19. Figura sedente.
20. Cabeza humana apoyada en dos brazos pequeños.
21. Doce fragmentos de esculturas.
22. Cabeza de pequeño fánatso.
23. Altar con una figura humana que emerge de un nicho bajo una máscara de jaguar. En una de las caras laterales se conserva otra figura humana.
24. Mosaico labrado en serpentina.
25. Estela. Estela del rey.
26. Cabeza colosal.
27. Figura humana que coge un animal fantástico.
28. Cabeza de rasgos humanos-felinos.
29. Labero de escultura.
30. Altar en cuatro figuras. Una al frente en un nicho. Otra de pie en el lado izquierdo y dos más sentadas en el cara lateral.
31. Altar con figura humana sosteniendo a un niño.
32. Lápida grande con algunas fincas incisas.
33. Estela de figura humana de pie dentro de un nicho.

Figura 4. Distribución de piezas y caminos del Parque poema museo de la venta años 90's. Plano redibujado a partir del plano mostrado en el libro 40 años del Parque poema Museo de la Venta de Javier Quero.

Al igual que Pellicer, Gilles Clement habla de un tercer paisaje al hacer referencia de la vegetación endémica y que por procesos estacionales se regula su crecimiento, esta vegetación, en donde el disfrute estético se da a partir de la contemplación de ésta como acontecimiento biológico y signo de un territorio, tal como sucede en la selva, en 1970 un grupo de amigos se acercó a Pellicer y se quejó por la “falta de mantenimiento” del parque museo debido a la espesura de la selva El poeta contestó: —*¡Ay, señores, si supieran cuánto me cuesta mantenerlo así!*, Ciertamente, “porque la lucha encarnizada por conservar el escenario natural del parque museo La Venta fue permanente y no menos fatigosa”, cuenta quien conoció al poeta en 1950 (Proceso, 1994). A pesar de que los paradigmas sobre museografía y diseño de paisaje han evolucionado y encontrarían lecciones en el diseño de Pellicer único para su tiempo, sigue siendo incomprendido pues las modificaciones no se han detenido.

III. CONCLUSIONES

Pellicer como poeta, va en pos de la construcción de metáforas e imágenes, el Parque Museo-Poema de La Venta, es la espacialización de sus poemas. En cada quiebre de camino se conforma una vista, una imagen para perpetuar en la memoria. Desde la “poeisis” perpetuó un territorio, al crear un espacio desde el uso de la metáfora como elemento de diseño, conforma imágenes poéticas espaciales desde elementos contextuales, por eso decimos las selvas de Pellicer son las selvas de nuestros imaginarios. Los dogmatismos de tipologías quedan atrás cuando se hace uso de la interpretación contextual, desde la poesía lo cultural y natural construyen memoria e identidad.

Pellicer tuvo la vocación y capacidad de hacer un proyecto monumental, gestionó los apoyos institucionales, humanos y monetarios para llevar a cabo el rescate de los monumentos del sitio La Venta, el patrimonio cultural-natural de un territorio ante esa fea Villahermosa que se deja avasallar frente a la modernidad, cambiando su faz y modos de vida.

La respuesta del poeta a la modernización del trópico, parafraseando a Tudela (1989), fue construir un poema, paisaje, jardín, museo. Una obra de construcción de paisaje que trasciende su tiempo al transgredir lo estipulado y proponer desde la interpretación ética y poética de un texto llamado Tabasco. Ahí la heterocronía y heterotopía reinan para instituir el ser Tabasqueño.

IV. REFERENCIAS

- Arqueología Mexicana, r. (2016). <https://arqueologiamexicana.mx/>. Recuperado el 01 de agosto de 2018, de <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-complejo-la-venta-tabasco>
- Assad, C. M. (2006). **Breve historia de Tabasco** (segunda ed.). México, México: FCE, COLMEX, FHA.
- Berque, A. (2002). **El pensamiento paisajero** (primera ed.). Madrid: Biblioteca nueva.
- Besse, M. (2008). **Las cinco puertas del paisaje**. En J. Maderuelo, Paisaje y pensamiento. Madrid: ABBADA editores.

- Fuente, B. d. (1997). **La destrucción de las esculturas Olmecas**. En J. C. Quero, Cuarenta años del Parque Museo-Poema de la Venta (págs. 90-93). Morelia, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Gobierno de la Republica de México. (03 de agosto de 2018). SIC México Sistema de información cultural. Recuperado el 01 de julio de 2018, de http://sic.gob.mx/ficha.php?table=museo&table_id=127
- Gobierno del estado de Tabasco. (1988). **Tabasco a través de sus gobernantes 1953-58 (Vol. 8)**. Villahermosa, Tabasco, México: Instituto de cultura de Tabasco.
- Gordon, S. (1997). **Carlos Pellicer. Breve biografía literaria**. México, México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Ediciones del equilibrista.
- Maderuelo, J. (2006). **Paisaje. Génesis de un concepto**. Madrid: ABBADA editores.
- Martín Juez, F. (2006). **Contribuciones para una antropología del diseño** (primera ed.). Ciudad de México: gedisa.
- Ochoa, L. M. (1985). **Guía arqueológica del parque museo de la Venta** (primera ed.). Villahermosa: Gobierno del Estado de Tabasco.
- Ortiz, M. O. (2010). **Historia de la explotación petrolera en Tabasco 1900-1960**. Villahermosa, Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Petróleos Mexicanos. Recuperado el 2017
- Palacios, A. L. (1990). **Carlos Pellicer- Alfonso Reyes: correspondencia**. En S. Gordon, Jornadas Pellicerianas (págs. 201-223). Villahermosa, Tabasco, México: ICT, Gobierno del Estado de Tabasco.
- Prats, J. J. (1990). **Oradores de Tabasco (Vol. 5)**. Villahermosa, Tabasco, México: Gobierno del estado de Tabasco.
- Priego Martinez, J. (2015). **Anecdotario Tabasqueño** (primera ed.). Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Proceso, R. (1994). <https://www.proceso.com.mx/>. Recuperado el 01 de julio de 2018, de <https://www.proceso.com.mx/165222/la-remodelacion-del-parque-museo-de-la-venta-provoco-el-cese-de-su-director-para-el-arquitecto-iker-larrauri-no-se-atenta-contr-la-idea-original-de-carlos-pellicer>
- Quero, J. C. (1997). **Cuarenta años del Parque Museo-Poema de la Venta**. Morelia, Michoacán: Universidad Michoacana de san Nicolás Hidalgo.
- Ruiz Abreu, Á. (1985). **Tabasco, una cultura del agua**. Villahermosa: Gobierno del estado de Tabasco.

Tejedo, I. F., Gaxiola, M., Camacho, J. L., & Ramírez, E. (1988). **Zonas arqueológicas de Tabasco**. México, Tabasco: instituto nacional de antropología e historia; Gobierno del estado de Tabasco.

Tudela, F. (1989). **La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco. Proyecto integrado del Golfo** (primera ed.). Ciudad de México: Colegio de México

EL EMPRENDIMIENTO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Dra. María del Carmen Sandoval Caraveo¹
Dr. Abraham Gerardo Pérez Sandoval²
M.S.I. Alva del Rocío Pulido Téllez¹

I. RESUMEN

El objetivo de la investigación fue identificar el nivel de emprendimiento en los estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para determinar sus capacidades emprendedoras en la creación de negocios. La metodología tiene un enfoque cuantitativo, es descriptiva y correlacional con diseño no experimental transversal. Al instrumento de recolección de datos se le calculó la confiabilidad con el coeficiente Alpha de Cronbach que reportó 0.885 de confianza. Se analizaron las dimensiones de la capacidad de emprendedora con los factores personal, recursos y social. Los resultados reportaron mayor nivel de emprendimiento en el factor recursos, seguido del factor social y personal. El análisis de frecuencias señaló que un cuarto de la población no presenta capacidades para el emprendimiento. La correlación de Pearson indicó que a mayor edad de los estudiantes aumenta su interés por el emprendimiento.

II. INTRODUCCIÓN

El concepto emprendedor ha sido considerado en sentido positivo, ya que refleja el valor, liderazgo, decisión e innovación de una persona para crear una empresa sin importar los obstáculos que se presenten en el trayecto hacia el éxito. La capacidad emprendedora se relaciona con concebir un negocio o una empresa lucrativa (Tarapuez y Botero, 2007)

¹Profesora Investigadora. División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la UJAT. Sandovalcaraveo29@hotmail.com

² Profesor Investigador. División Académica de Ciencias Económico Administrativas de la UJAT.

esta capacidad ejerce como dispositivo que permite identificar y detonar nuevos conocimientos creando oportunidades de negocios (Sánchez, García y Mendoza, 2015).

La literatura económica acepta que la capacidad de emprender es un talento que abarca muchas dimensiones y la actividad emprendedora es un grupo de iniciativas que impulsan el cambio innovador (García, Martínez y Fernández, 2007).

Los autores García, Garza, Sáenz y Sepúlveda (2005) definen al emprendedor como una persona que da la bienvenida al cambio, que prospera en el desorden aparente de la economía como un generador de oportunidad para crear valor. Para Cuervo, Ribeiro y Roig (2007) la capacidad emprendedora engloba la creación, toma de riesgos, renovación o innovación dentro o fuera de una organización existente.

El emprendimiento es una actitud que lleva hacia la creación de nuevas oportunidades de negocios, se ha considerado como una posible solución al desempleo que enfrentan los estudiantes al terminar su carrera profesional. Por ello se hace necesario realizar estudios que permitan dar un diagnóstico de las capacidades emprendedoras de los alumnos para determinar sus áreas de fortalezas y oportunidades dirigidas a fomentar y desarrollar el espíritu emprendedor. En este trabajo se presentan los resultados de una investigación realizada para identificar las capacidades emprendedoras de los estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

III. OBJETIVOS Y METAS

- Identificar el nivel de emprendimiento en estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para determinar sus capacidades emprendedoras en la creación de negocios.
- Determinar las dimensiones de las capacidades de emprendimiento en las que existe mayor nivel de emprendimiento.
- Identificar la existencia de correlaciones entre las capacidades de emprendimiento con la edad, ciclo escolar y promedio de las calificaciones de los estudiantes.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es descriptiva y correlacional, con diseño no experimental transeccional y un enfoque cuantitativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010; Salkind, 1999). Con este método se determinó el nivel de emprendimiento en los estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica, los datos se recolectaron en un periodo de tiempo determinado y los resultados se calcularon con estadística descriptiva y el análisis de correlación de Pearson.

Participantes

Participaron 81 estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica de los cuales 77 eran hombres y 4 mujeres; 76 eran solteros y 5 casados; la media en las calificaciones fue de 8.17; la edad tuvo una media de 22 años; en cuanto a la escolaridad, 2 cursaban el cuarto; 11 el quinto; 6 el sexto; 21 el séptimo; 9 el octavo; 16 el noveno; 7 el décimo; 5 el onceavo y 4 el doceavo ciclo escolar.

Instrumento de investigación

Para fines de esta investigación se realizó una adaptación propia del cuestionario de Cabana-Villca et al. (2013) que consistió en ajustar los ítems al contexto, presentarlos en una escala tipo Likert y calcular la confiabilidad a través del Coeficiente Alpha de Cronbach (Tabla 1).

Tabla 1. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Número de elementos
.885	22

El cuestionario tiene dos partes; en la primera se solicitaron datos como la edad, el género, el estado civil, el promedio de las calificaciones y el ciclo escolar que estudiaba el alumno en el momento de la recolección de los datos. La segunda parte contiene 22 ítems en una escala tipo Likert con cinco opciones de respuesta: 0= totalmente en desacuerdo, 1= en desacuerdo, 2= indeciso, 3= de acuerdo y 4= totalmente de acuerdo. Las dimensiones analizadas de la variable capacidad emprendedora fueron: factor personal, factor recursos y factor social.

Dimensiones de la variable capacidad emprendedora

- Factor personal. Son las capacidades que posee el alumno para crear oportunidades de negocios.
- Factor recursos. Es la opinión que tiene el estudiante sobre los apoyos que recibe de la institución, de los profesores y del gobierno para fomentar el emprendimiento.
- Factor social. Es la importancia que el estudiante le otorga a la comunicación y a la opinión que tengan sus compañeros acerca de la oportunidad de emprender.

Procedimiento de recolección y análisis de los datos

Se aplicó el instrumento de investigación en los salones de clases, en los pasillos y en la cafetería de la institución. Se utilizó lápiz y papel, en el caso de existir dudas de algún ítem se respondieron en el lugar de aplicación. Los datos se analizaron con el software estadístico SPSS.

V. RESULTADOS

Se analizaron las capacidades emprendedoras de los estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica para identificar sus atributos de emprendimiento en la creación de negocios. Los puntajes obtenidos en la escala fueron calculados a través de la distribución de frecuencias en la que se observa una distribución normal con un valor mínimo registrado de 40 y un valor máximo de 85, una curtosis de -0.311 una media de 64.38 y una desviación estándar de 10.26 sobre una escala general de 22 a 110 puntos que corresponde al número de preguntas del cuestionario por las cinco opciones de respuesta. Se identificaron los cuartiles de la distribución y se obtuvieron las categorías presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Capacidades emprendedoras de los estudiantes de Ingeniería Mecánica, rango de valores (escala 22-110).

Capacidades emprendedoras	Percentil	Rango	%
Los estudiantes no presentan capacidad emprendedora.	25	Valores \leq 40	25.8
Los estudiantes presentan poca capacidad emprendedora.	50	41 - 57	26.8
Los estudiantes presentan capacidad emprendedora.	75	58 - 64	25.6
Los estudiantes presentan alta capacidad emprendedora.	100	Valores \geq 65	21.8

Nota: Elaboración propia con base en los resultados del cuestionario.

De acuerdo a la distribución y la escala de la prueba (22–110), más de un cuarto de la población no presenta capacidades de emprendimiento.

La tabla 3 muestra los resultados de la estadística descriptiva por dimensión.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de las capacidades emprendedoras de estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica por dimensión.

	Personal	Recursos	Social
Media	2.86	2.99	2.94
Mediana	2.90	3.00	3.00
Moda	2.90	3.25	3.00
D.E.	.495	.540	.656
Mínimo	1.10	1.75	1.00
Máximo	3.90	4.00	4.00

Nota: elaboración propia con base en los resultados del cuestionario.

Es posible observar en la tabla 3 que en el factor personal la categoría que más se repitió fue 2.90 (moda). Cincuenta por ciento de los estudiantes está por encima del valor 2.90 y el restante 50% se sitúa por debajo de este valor (mediana). En promedio, los estudiantes se ubican en 2.86. Estos resultados señalan que los estudiantes respondieron estar de acuerdo en poseer actitudes y habilidades hacia el emprendimiento.

En el factor recursos la categoría que más se repitió fue 3.25 (moda). Cincuenta por ciento de los estudiantes está por encima del valor 3.00 (mediana) y el restante 50% se sitúa por debajo de este valor. En promedio, los estudiantes se ubican en 2.99. Estos resultados indican una percepción favorable acerca de los apoyos que recibe de la institución y gobierno.

En el factor social la categoría que más se repitió fue 3.00 (moda). Cincuenta por ciento de los estudiantes está por encima del valor 3.00 (mediana) y el restante 50% se sitúa por debajo de este valor. En promedio, los estudiantes se ubican en 2.94. Estos resultados señalan que los estudiantes tienden a considerar importante la comunicación y relación con compañeros universitarios para emprender un negocio.

Por otra parte, para cumplir con el tercer objetivo, a través de la correlación de Pearson se identificó la existencia de correlaciones entre las capacidades de emprendimiento con las variables sociodemográficas, encontrándose una correlación positiva entre la edad y los factores personal y recursos, lo que señala que a mayor edad de los estudiantes incrementa su interés por el emprendimiento en estos factores (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación de los factores de capacidades de emprendimiento con el promedio, la edad y el ciclo escolar.

Factores	Personal	Recursos	Social	Promedio	Edad	Ciclo escolar
Personal	1	.712**	.522**	0.034	.360**	0.102
Recursos		1	.495**	0.015	.234*	0.119
Social			1	0.129	0.161	-0.089
Promedio				1	-0.201	-.322**
Edad					1	.453**
Ciclo escolar						1

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

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

Nota: Elaboración propia con base en los resultados del cuestionario.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron resultados preliminares que corresponden a la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica, los cuales forman parte de una investigación que abarca a todos los programas educativos de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Los hallazgos señalan que el 74.2% de los estudiantes poseen capacidades de emprendimiento, sin embargo más del 25% de la población presenta áreas de oportunidad para fomentar el espíritu emprendedor. Se encontró que el menor nivel de emprendimiento está en el factor personal, sin embargo, el resultado mostró que los estudiantes aceptaron tener habilidades y actitudes para el emprendimiento. El análisis de correlación de Pearson señaló que a mayor edad existe más interés hacia el emprendimiento en los factores de recursos y social. Se espera que estos resultados sean de utilidad para el diseño de estrategias que sean dirigidas hacia el fomento del emprendimiento en los sujetos de estudio.

VII. REFERENCIAS

- Cabana-Villca, R., Cortes-Castillo, I., Plaza-Pasten, D., Castillo-Vergara, M., y Alvarez-Marin, A. (2013). Análisis de las capacidades emprendedoras potenciales y efectivas en alumnos de Centros de Educación Superior. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8(1), 65-75.
- Cuervo, A., Ribeiro, D., y Roig, S. (2007). *Entrepreneurship: conceptos, teoría y perspectiva*. Bancaja.
- García, E., Garza, R., Sáenz, L., y Sepúlveda, L. (2005). *Formación de emprendedores*. Continental. México.
- García, C., Martínez, A. y Fernández, R. (2007). Relación entre factores personales y propensión a emprender. In *Empresa global y mercados locales: XXI Congreso Anual AEDEM*, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, 6, 7 y 8 de junio de 2007. Escuela Superior de Gestión Comercial y Marketing, ESIC.
- Hernández R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a.ed.). México: McGrawHill.
- Salkind, N. (1999). *Métodos de Investigación*. México: Prentice Hall.
- Sánchez, Y., García, F., y Mendoza, J. (2015). La capacidad de innovación y su relación con el emprendimiento en las regiones de México. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 243-252.

Sánchez, Y., García, F., y Mendoza, J. (2015). La capacidad de innovación y su relación con el emprendimiento en las regiones de México. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 243-252.

Tarapuez, E., y Botero, J. (2007). Algunos aportes de los neoclásicos a la teoría del emprendedor. *Cuadernos de Administración*, 20 (34).

SIMULACIÓN DE LAS REACCIONES DE ESTERIFICACIÓN/TRANSESTERIFICACIÓN PARA DETERMINAR LA CONVERSIÓN DE ACEITE A BIODIÉSEL

Dra. Mayra Agustina Pantoja Castro
Dr. Francisco López Villarreal¹
I.Q. Luis Fernando García Montaña
Dra. Ebelia del Ángel Meraz
Dr. Horacio González Rodríguez

I. RESUMEN

En los últimos años el biodiésel ha ganado un impulso creciente como aditivo en el diésel para vehículos o como producto intermedio en la elaboración de algunos plastificantes. Debido a lo anterior, en este trabajo se llevó a cabo la simulación y el análisis de la conversión de aceite de soya a biodiésel empleando un reactor catalítico y considerando reacciones irreversibles no simultáneas de esterificación y transesterificación. Para la simulación se empleó una mezcla modelo de aceite de soya (20% en peso de ácido oleico y 80% en peso de trioleína) con una relación molar metanol/ácido oleico 15:1, considerando SBA-15-SO₃H como catalizador para la reacción de esterificación a 373 K y una relación molar metanol/trioleína 30:1, 3% en peso de ZnAl-Zr como catalizador para la reacción de transesterificación a 473 K. La geometría del reactor fue desarrollada en Comsol Multiphysics® con una relación L/D=3.34, un dominio en 3D, una malla tetraédrica, un estudio estacionario y dinámico. Los resultados de la simulación usando dinámica de fluidos computacional (CFD) muestran la hidrodinámica del reactor que incluye la distribución de los perfiles de conversión para diferentes condiciones de velocidad inicial y la distribución de la concentración del biodiésel respecto al tiempo de reacción.

¹ iq-pacolopez@hotmail.com

Palabras clave: Biocombustible, CFD, modelado, rendimiento

II. INTRODUCCIÓN

El biodiésel que consiste principalmente de metil ésteres de ácidos grasos es considerado un biocombustible con reducidas emisiones de gases contaminantes en comparación con el diésel que proviene del petróleo (Babajide, et al; 2012, Konwar et al; 2014).

Este biocombustible es generalmente sintetizado a partir de un proceso secuencial que implica reacciones de esterificación y transesterificación empleando aceites vegetales, aceites reciclados y grasas animales con un alcohol de bajo peso molecular regularmente metanol debido a su bajo costo y en presencia de catalizadores homogéneos de naturaleza ácida y básica (Helwani et al; 2009, Demirbas; 2009). Sin embargo, el uso de este tipo de catalizadores presenta la desventaja de ser solubles en el alcohol, difíciles de recuperar y reutilizar (Shu et al; 2010).

Debido a lo anterior, se han sintetizado catalizadores heterogéneos de naturaleza ácida y básica, ya que a pesar de necesitar de condiciones elevadas de temperatura y presión durante el proceso de reacción, estos catalizadores presentan la ventaja de que son fáciles de remover de la mezcla de reacción empleando una simple filtración aunado a que presentan propiedades ácidas y básicas relevantes para las reacciones de esterificación y transesterificación (Zabeti et al; 2009, Cabrera et al; 2017).

III. OBJETIVOS Y METAS

En este trabajo se llevó a cabo la simulación y el análisis de la conversión de una mezcla modelo de aceite de soya (composición 20% en peso de ácido oleico y 80% en peso de trioleína) a biodiésel empleando un reactor catalítico y considerando los catalizadores heterogéneos SBA15-SO₃H y ZnAl-Zr para la reacción de esterificación a 373 K y la reacción de transesterificación a 473 K, respectivamente. Una de las metas fue analizar este proceso usando dinámica de fluidos computacional conocida por sus siglas en inglés como CFD.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

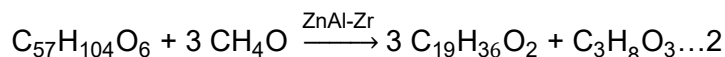
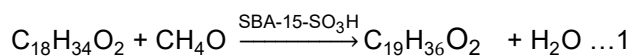
En este trabajo la metodología fue dividida en las siguientes secciones:

a) Selección de la dimensión de espacio, interfaz física y tipo de estudio

El modelo CFD construido en Comsol Multiphysics®, fue desarrollado en este trabajo en tercera dimensión (3D), empleando la interfaz física de flujo reactivo en medios porosos para el transporte de especies diluidas, inicialmente para un estudio estacionario y posteriormente, para un estudio dinámico.

b) Simplificación de las reacciones químicas

Debido al exceso de metanol empleado, fue posible simplificar el mecanismo de la reacción de esterificación y transesterificación, a reacciones irreversibles como se muestran en las ecuaciones 1 y 2, respectivamente.



Dónde: $C_{18}H_{34}O_2$, $C_{57}H_{104}O_6$ y CH_4O representan al ácido oleico, trioleína y metanol, respectivamente. Mientras que, $C_{19}H_{36}O_2$, H_2O y $C_3H_8O_3$ representan al biodiésel, agua y glicerina, respectivamente. Por otro lado, la simbología SB15-15-SO₃H y ZnAl-Zr denotan a los catalizadores empleados en cada etapa de reacción.

c) Ecuaciones gobernantes

Las ecuaciones de Navier-Stokes describen el flujo de fluido en las regiones de flujo libre, mientras que, en la región porosa se aplican las ecuaciones de Brinkman. Por lo tanto, el transporte de masa para las especies químicas se puede modelar con la ecuación de convección-difusión:

$$u \cdot \nabla C_i = \nabla \cdot (D_i C_i) + R_i \dots 3$$

En la ecuación 3, C_i denota a la concentración (mol/m^3), D_i a la difusividad (m^2/s) y R_i a la velocidad de reacción ($\text{mol}/\text{m}^3 \text{ s}$). Debido a que la reacción tiene lugar solo en el medio poroso, el término de reacción es cero en las regiones de flujo libre. Las reacciones simuladas siguen una cinética de primer orden independiente de la concentración de metanol, la tasa de reacción está dado por:

$$R_i = \pm k C_A \dots 4$$

En la ecuación 4, k denota a la constante cinética acorde a la temperatura de reacción (s^{-1}) y C_A es la concentración del aceite (mol/m^3).

d) Geometría del reactor

El reactor consiste de una estructura tubular que tiene en su interior un lecho catalítico poroso. La unidad tiene acoplado un sistema de inyección cuyo eje principal es perpendicular al eje del reactor como se muestra en la Figura 1, por la entrada principal entra un flujo de metanol y por el sistema de inyección, entra un flujo de aceite en condiciones normales de temperatura y presión. Para la construcción de la geometría del reactor se empleó una relación L/D aproximada de 2.5.

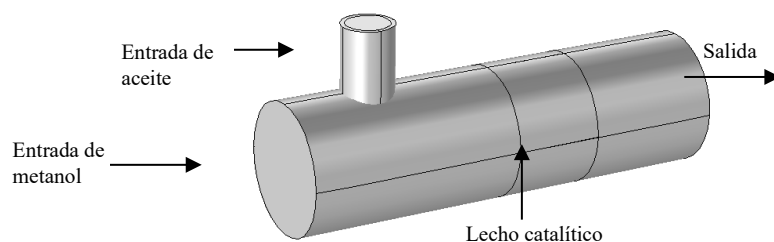


Figura 1. Geometría del reactor catalítico implementada en Comsol Multiphysics®

e) Condiciones de operación simuladas

En la Tabla 1 se muestran las condiciones de operación más importantes simuladas en este trabajo para la reacción de esterificación y transesterificación.

Tabla 1. Algunas condiciones de operación simuladas para las etapas de reacción bajo estudio

Condiciones	Esterificación	Transesterificación
Densidad (kg/m ³)	880	845
Viscosidad (Pa s)	0.0437	0.0283
% catalizador	5	3
Temperatura (K)	373	473
Presión (kPa)	800	7,000

f) Condiciones límites

Con la finalidad de estudiar el efecto que tiene la velocidad inicial de los precursores sobre la distribución de los perfiles de conversión, en este trabajo se propuso trabajar con velocidades iniciales de aceite de 0.01 a 0.09 m/s, mientras se mantenía constante la velocidad inicial del metanol en 0.01 m/s y de forma viceversa, se mantuvo constante la velocidad inicial del aceite en 0.01 m/s, mientras la velocidad inicial del metanol cambiaba en un rango de 0.01 a 0.09 m/s.

g) Mallado y tiempo computacional

Para discretizar el dominio de la geometría del reactor se empleó una malla tetraédrica, el tipo de malla se encuentra relacionado al número de puntos (ecuaciones a analizar), de tal forma que entre más denso se tenga un mallado, más tiempo le tomará al equipo de cómputo procesar la información acorde a su capacidad de memoria. En este trabajo el tiempo computacional requerido para obtener las soluciones fue de 15 minutos y 2 horas por cada corrida para un estudio estacionario y dinámico, respectivamente empleando un procesador AMD A10-7300 Radeon R6 de 1.9 GHz.

V. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de la hidrodinámica del reactor catalítico que simula la reacción de esterificación y transesterificación para un estudio estacionario y dinámico.

En este estudio, a la geometría del reactor se le realizó un corte transversal, lo anterior fue con la finalidad de minimizar el tiempo de resolución del modelo desarrollado y apreciar mejor la hidrodinámica del reactor catalítico que muestra la distribución de los perfiles de conversión para diferentes condiciones de velocidad del aceite y el metanol (se mantiene constante una velocidad, mientras se varía la otra) y la distribución de los perfiles de concentración de biodiésel para diferentes tiempos de reacción.

Distribución de los perfiles de conversión para la reacción de esterificación

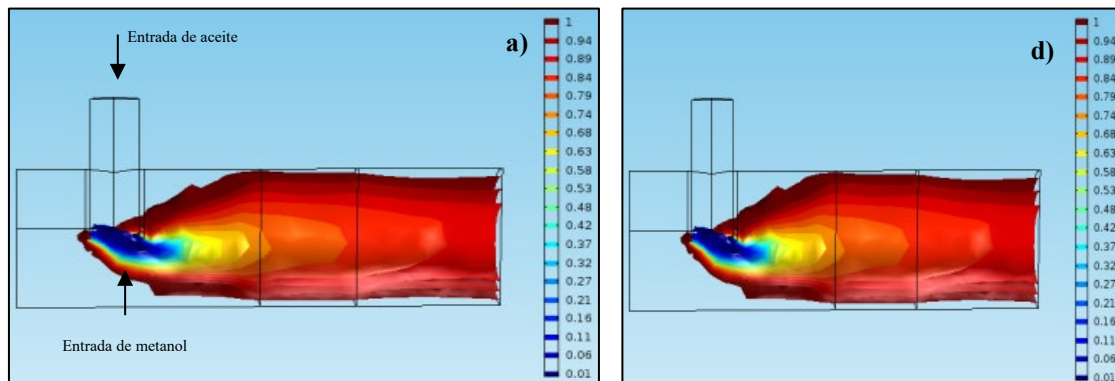
Los resultados de la simulación muestran que a medida que aumenta la velocidad inicial del aceite, la conversión decae principalmente en la parte inferior del reactor

obteniéndose de esta manera distribuciones no homogéneas a la salida de la unidad como se muestra en las Figuras 2a, 2b y 2c.

Las distribuciones de la conversión se ven desfavorecidas para velocidades mayores de 0.01 m/s debido a que el proceso de difusión-reacción no se lleva de manera eficiente por la posibilidad de un menor contacto físico entre el aceite y el metanol. Para una velocidad inicial de aceite de 0.01 m/s se obtienen conversiones que oscilan entre el 84 y 94%, a medida que la velocidad aumenta la conversión se reduce hasta en un 63%.

Por otro lado, a medida que aumenta la velocidad inicial del metanol la conversión se ve favorecida obteniéndose de esta manera distribuciones homogéneas a la salida de la unidad como se muestra en las Figuras 2d, 2e y 2f.

Este comportamiento se debe por el exceso de metanol simulado en este trabajo, sin embargo, se observa que a medida que aumenta la velocidad inicial del metanol los perfiles de conversión se distribuyen preferentemente en la parte superior del reactor generado de esta forma un espacio vacío en la parte inferior del reactor. Para evitar esta distribución posiblemente se tendría que incluir algunos deflectores en la parte superior e inferior del reactor para favorecer el proceso de difusión-reacción (Babajide et. al., 2012).



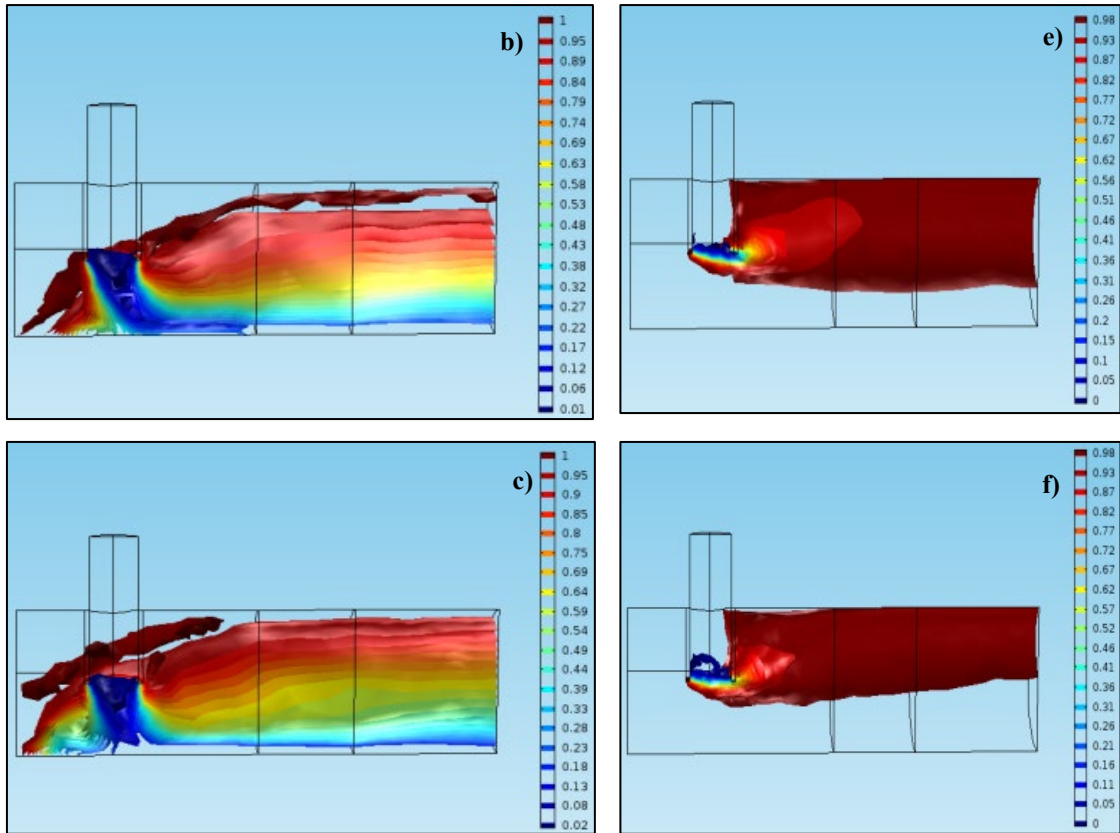


Figura 2. Distribución de los perfiles de conversión para una velocidad inicial de aceite de a) 0.01, b) 0.05, c) 0.09 m/s manteniendo constante la velocidad inicial de metanol en 0.01 m/s y una velocidad inicial de metanol de d) 0.01, e) 0.05, f) 0.09 m/s manteniendo constante la velocidad inicial de aceite en 0.01 m/s.

Distribución de los perfiles de conversión para la reacción de transesterificación

De manera similar como sucede en el caso anterior, a medida que aumenta la velocidad inicial del aceite, se observa que la conversión decae principalmente en la parte inferior del reactor obteniéndose distribuciones no homogéneas a la salida de la unidad como se muestra en las Figuras 3a, 3b y 3c. Para una velocidad inicial de aceite de 0.01 m/s se obtiene una conversión que oscila entre el 86 y 97%, a medida que aumenta la velocidad la conversión decae en un 68%.

a)

d)

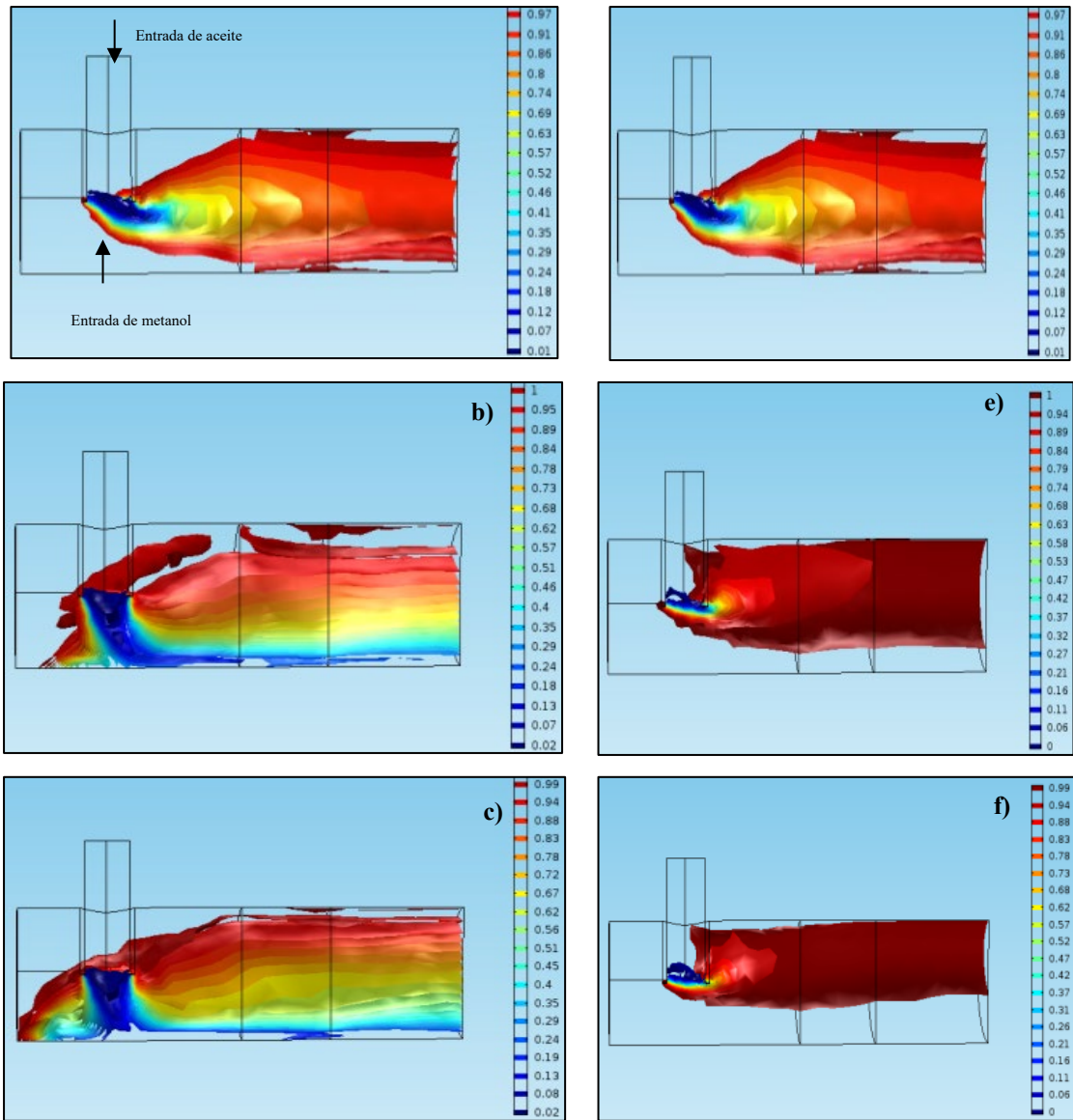


Figura 3. Distribución de los perfiles de conversión para una velocidad inicial de aceite de a) 0.01, b) 0.05, c) 0.09 m/s manteniendo constante la velocidad inicial de metanol en 0.01 m/s y una velocidad inicial de metanol de d) 0.01, e) 0.05, f) 0.09 m/s manteniendo constante la velocidad inicial de aceite en 0.01 m/s.

Aunado a lo anterior, para evitar las distribuciones no homogéneas a la salida de la unidad podría rediseñarse el reactor de tal manera que el sistema de inyección se encontrara más alejado del lecho catalítico, de esta manera habría una mayor distancia entre ellos, la cual se aprovecharía para favorecer el proceso de mezclado.

Otra alternativa que podría implementarse para evitar las distribuciones no homogéneas a la salida de la unidad es llevar a cabo un proceso de mezclado antes de

que los precursores entren al reactor catalítico, mientras que conforme aumenta la velocidad inicial del metanol la distribución de los perfiles de conversión se ve favorecidos tal como se muestra en la Figuras 3d, 3e y 3f.

Distribución de los perfiles de concentración del biodiésel respecto al tiempo de reacción

De acuerdo a los resultados obtenidos, se aprecia que la concentración del biodiésel aumenta conforme transcurre el tiempo de reacción y esta concentración se empieza a formar a partir de la zona que corresponde al lecho catalítico debido a que es en este lugar en donde se lleva a cabo la reacción química como se muestra en la Figura 4.

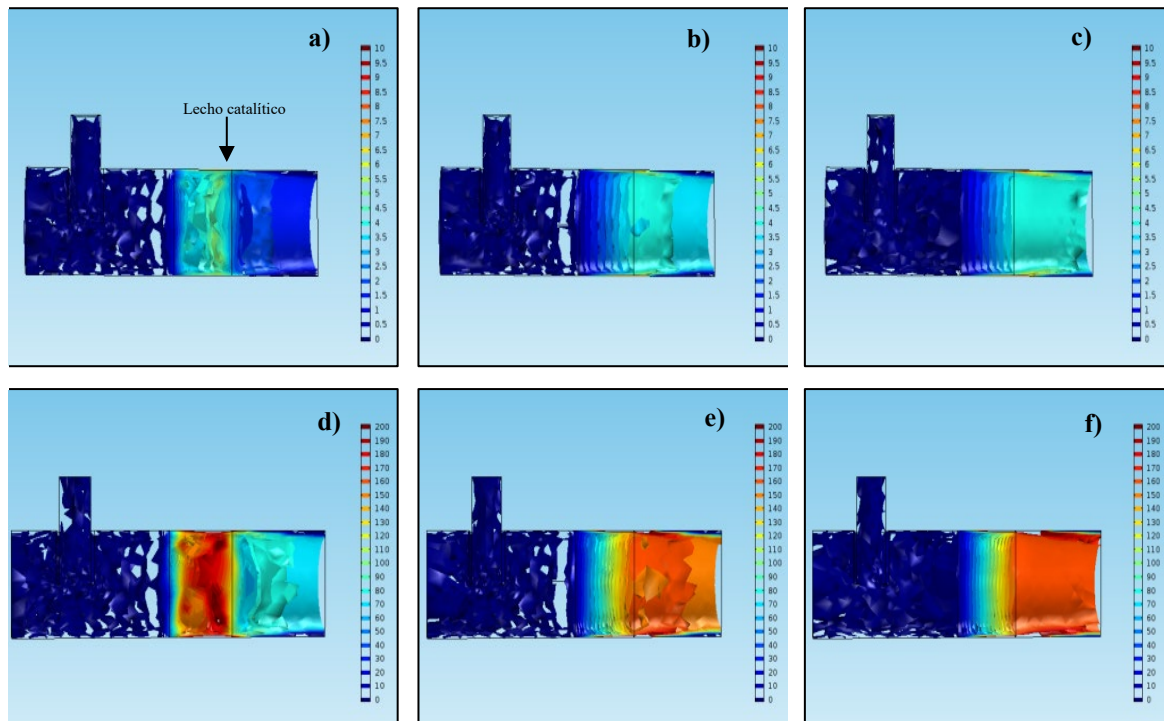


Figura 4. Distribución de los perfiles de concentración del biodiésel (mol/m^3) para un tiempo de reacción de a) 30, b) 54 y c) 90 s para la reacción de esterificación a 373 K y de a) 30, b) 54 y c) 90 s para la reacción de transesterificación

VI. DISCUSIÓN

A partir de los estudios realizados se ha determinado que las distribuciones de las concentraciones del biodiésel formado para ambas etapas de reacción (esterificación y

transesterificación), son homogéneas a la salida del reactor para un tiempo de 90 s probablemente por la porosidad y la permeabilidad simulada del lecho catalítico. Para este tiempo de reacción, se obtiene una concentración de biodiésel de 4.5 y 150 mol/m³ para la reacción de esterificación y transesterificación, respectivamente. Aunado a lo anterior, la concentración de biodiésel formada es mayor en la reacción de transesterificación que en la reacción de esterificación, esto es de esperarse puesto que así lo indican las estequiometrias de ambas reacciones.

Además de acuerdo con la ecuación de Antoine las presiones de vapor para el metanol a una temperatura de 373 y 473 K son de aproximadamente 348 y 3,955 kPa. Por lo tanto, se requiere presiones mayores para mantener el metanol en fase líquida, es así como se propuso trabajar con presiones cercanas a 800 y 7,000 kPa para la reacción de esterificación y transesterificación ya que para estas nuevas presiones, la temperatura de ebullición del metanol es de 402 y 506 K, es decir mayores que la temperatura de operación del reactor, asegurando de esta forma, que durante la reacción el metanol se mantenga en fase líquida.

VII. CONCLUSIONES

En este trabajo se empleó el simulador Comsol Multiphysics® que parte de la dinámica de fluidos computacional (CFD), para simular la hidrodinámica de un reactor catalítico para el proceso de producción de biodiésel a partir de una mezcla modelo de aceite de soya en presencia de los catalizadores heterogéneos SBA15-SO₃H y ZnAl-Zr para la reacción de esterificación y transesterificación.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que a medida que aumenta la velocidad inicial del aceite (manteniendo constante la velocidad inicial del metanol) la conversión decae considerablemente en la parte inferior del reactor provocando de esta manera distribuciones no homogéneas a la salida de la unidad. Mientras que, a medida que aumenta la velocidad inicial del metanol (manteniendo constante la velocidad inicial del aceite) la conversión se ve favorecida obteniéndose distribuciones homogéneas a la salida de la unidad. Este comportamiento se encontró que es similar para ambas reacciones simuladas.

En este trabajo se utilizó el software *Comsol Multiphysics*® para simular la hidrodinámica de un reactor catalítico con sistema de inyección que permite analizar la distribución de los perfiles de conversión de aceite a biodiesel a diferentes condiciones de temperatura, velocidad y tiempo de reacción. El proceso de producción de biodiesel fue modelado considerando dos etapas secuenciales de esterificación y transesterificación empleando como precursores una mezcla modelo de aceite de soya y metanol así como los catalizadores heterogéneos SBA-15-SO₃H y ZnAl-Zr, respectivamente para cada etapa de reacción. El modelo CFD fue simulado considerando las mismas condiciones de temperatura, relaciones molares alcohol/aceite y porcentajes de catalizador llevadas a cabo de forma experimental en dos trabajos que se reportan en la literatura y se hacen mención de ellas en las referencias. A partir de este trabajo se pueden concluir que:

- La conversión de aceite a biodiesel se ve afectado por factores tales como la temperatura, velocidad inicial de los precursores, cinética de reacción, relaciones molares alcohol/aceite y porcentajes de catalizador.
- La conversión de aceite a biodiesel aumenta a medida que aumenta la temperatura de reacción debido a que la catálisis simulada en este trabajo se ve favorecida a temperaturas elevadas.
- La conversión de aceite a biodiesel disminuye al aumentar la velocidad de los precursores, a velocidades mayores de 0.01 m/s la conversión se ve desfavorecida debido a que el proceso difusión-reacción no se lleva a cabo de forma eficiente.
- La distribución de los perfiles de la conversión no son homogéneos a la salida del reactor, la conversión es mayor en las partes laterales superior e inferior y menor en el centro del reactor. Para evitar esta distribución, es relevante llevar a cabo un proceso de mezclado antes de que ocurra el proceso de reacción.
- Es así como el modelo desarrollado en este trabajo aporta información útil sobre la hidrodinámica del reactor catalítico que simula la reacción de esterificación y transesterificación para su posterior optimización, demostrando además la viabilidad de usar simulación numérica para modelar un flujo reactivo que conduce al desarrollo de una herramienta de evaluación a través de la cual se pueden

realizar análisis paramétricos con la finalidad de encontrar las condiciones de operación que favorezcan la conversión de aceite a biodiesel .

VIII. REFERENCIAS

- Babajide, O; Musyoka, N; Petrik, L; y Ameer, F. (2012). Novel zeolite Na-X synthesized from fly ash as a heterogeneous catalyst in biodiésel production. *Catalysis Today*, 190, 54-60.
- Cabrera, D.A; Tzompantzi, F; Gutiérrez, A; Rico, J.L; y González, H. (2017). ZnAl-Zr hydrotalcite-like compounds activated at low temperature as solid base catalyst for the transesterification of vegetable oils. *Energy Procedia*, 142, 582–589.
- Demirbas, A. (2009). Biorefineries: Current activities and future developments. *Energy Conversion Management*, 50, 2782-2801.
- Helwani Z; Othman, M.R; Aziz, N; Fernando W.J; y Kim, J. (2009). Technologies for production of biodiesel focusing on green catalytic techniques: A review. *Fuel Processing Technology*, 90, 1502-1514.
- Konwar, L.J; Das, R; Thakur, A.J; Salminen, E; Mäki-Arvela, P; Kumar, N; Mikkola, J.P; y Deka, D. (2014). Biodiesel production from acid oils using sulfonated carbon catalyst derived from oil-cake waste. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 388–389, 167–176.
- Shu, Q; Gao, J; Nawaz, Z; Liao, Y; Wang, D; y Wang, J. (2010). Synthesis of biodiesel from waste vegetable oil with large amounts of free fatty acids using a carbon-based solid acid catalyst. *Applied Energy*, 87, 2589–2596.
- Zabeti, M; Daud, W.M.; y Aroua, M.K. (2009). Optimization of the activity of CaO/Al₂O₃ catalyst for biodiesel production using response surface methodology. *Applied Catalyst A: General*, 366, 154-159.

SÍNTESIS POR SOL GEL DE ÓXIDO DE ZINC CON DIFERENTES RELACIONES MOLARES DEL DIAGRAMA TERNARIO DE PRECURSORES (AcZn-2-PrOH-MEA)

Est IQ Jesús Emanuel de la Cruz López¹
M.C. Antonia del Rocío López Guevez¹
Ing. Saúl García López¹
Dra. Hemicenda Pérez Vidal²
Dra. Laura Lorena Díaz Flores¹

I. RESUMEN

En este trabajo se reporta la caracterización química, estructural y morfológica del polvo de soluciones precursoras de óxido de zinc (ZnO) con diferentes concentraciones, por el método sol-gel, tratadas térmicamente a 400°C. Se utilizó acetato de zinc dihidratado, 2-propanol y monoetanolamina como material precursor, solvente y estabilizador respectivamente. Los resultados de la caracterización estructural evidencian la formación del ZnO, ya que por espectroscopia de IR el modo de estiramiento del ZnO aparece en el rango de 426-437 cm⁻¹. La difracción de rayos X (DRX) confirma la estructura hexagonal wurtzita del ZnO. Las imágenes por microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) revelan nanorods y aglomeración de partículas.

II. INTRODUCCIÓN

El ZnO se describe como un material inorgánico funcional, estratégico, prometedor y versátil con una amplia gama de aplicaciones [Sirelkhatim, et al., 2015]. Es un semiconductor de tipo *n* económico que tiene un intervalo de banda directo de 3,34 eV y una gran banda de enlace de excitones de 60 meV a temperatura ambiente, cristaliza en la estructura hexagonal wurtzita [Sanjeev y Kekuda, 2015] y [Iwan, et al, 2016].

¹ Profesora Investigadora. División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la UJAT. *
arocio130682@gmail.com

² Profesora Investigadora. División Académica de Ciencias Básicas de la UJAT.

Existen muchas técnicas para sintetizar ZnO con diferentes morfologías y diferentes tamaños de partículas. El proceso Sol-gel está particularmente bien adaptado para producir películas de ZnO de una manera simple, de bajo costo y altamente controlada [Znaidi, 2010].

Las ventajas importantes del procesamiento sol-gel, con el propósito de la deposición de película delgada convencional, son el control de la composición química, el recocido a baja temperatura y la homogeneidad de la solución sol.

Estas ventajas hacen que el procesamiento de sol-gel sea un método muy atractivo y comercialmente favorable para la preparación de película delgada de ZnO [Habibi y Sardashti, 2008].

En este trabajo, se reportan los resultados preliminares de la caracterización química, estructural y morfológica del polvo de las soluciones precursoras de ZnO con diferentes concentraciones por el método sol-gel.

III. OBJETIVOS Y METAS

Caracterizar química, estructural y morfológicamente el polvo de las soluciones precursoras de ZnO para posteriormente obtener películas delgadas sobre sustratos de vidrio mediante recubrimiento por rotación.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Las soluciones precursoras de ZnO fueron preparadas por el método sol-gel. El sistema químico fue: acetato de Zinc dihidratado (AcZn), 2-propanol (2-PrOH) y monoteanolamina (MEA). Todos los reactivos fueron de grado analítico de la marca J.T. Baker. En la Figura 1, se muestran las condiciones del procedimiento experimental, y el tratamiento previo a la caracterización del polvo de las soluciones precursoras de ZnO.

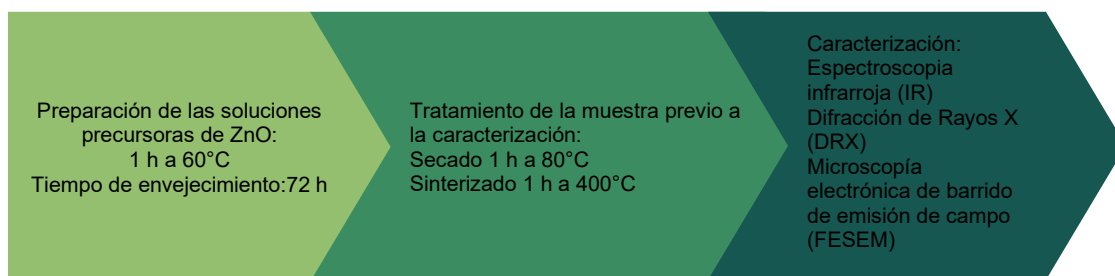


Figura 1. Esquema del procedimiento experimental del polvo de las soluciones precursoras de ZnO.

Las soluciones precursoras de ZnO, se prepararon utilizando diferentes relaciones molares (Tabla 1), en base a un diagrama ternario y en un sistema cerrado y a reflujo se disolvió con agitación constante AcZn en 2-PrOH. Posteriormente se agregó monoetanolamina de manera lenta para mezclarse por completo y el sistema se sometió a calentamiento durante una hora a 60°C para obtener una solución homogénea. Una vez terminada la preparación de la solución se dejó reposar por 72 horas.

La caracterización espectroscópica por IR se realizó utilizando un espectrofotómetro marca Shimadzu IR Affinity-1 con una resolución de 2.0 y el número de escaneos de 40. Se mezcló 5% del polvo de cada una de las soluciones precursoras con 95% de bromuro de potasio (KBr) para la preparación de la pastilla de análisis.

Para la caracterización estructural se utilizó un difractómetro marca Rigaku modelo Smart Lab X- Ray, se empleó un anodo de cobre (Cu), siendo la radiación correspondiente a la transición CuK α con una longitud de onda de 1.541 Å de 20 a 70 ° en la escala de 2 Θ , en un paso de 0.02 ° y con un tiempo de conteo de 4 s.

El análisis de la morfología del polvo de las soluciones precursoras de ZnO se realizó por microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM), en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM- 7100F.

Tabla 1. Relaciones molares usadas en la preparación de soluciones precursoras de ZnO.

Solución precursora	Composición molar		
	% 2-PrOH	% MEA	% AcZn
1	50	40	10
2	60	30	10
3	70	10	20
4	70	20	10
5	80	10	10

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2, se muestran los espectros en modo transmitancia, en infrarrojo (IR) del polvo de las soluciones precursoras de ZnO, tratadas térmicamente a 400°C. Las bandas entre (1420-1519) cm^{-1} , representan la asimetría y simetría del modo de estiramiento del enlace C=O del monoacetato de zinc respectivamente. La banda centrada alrededor de (3456-3498) cm^{-1} corresponde al grupo OH. El modo de vibración del ZnO está alrededor de 430 cm^{-1} , lo cual indica que la transformación de monoacetato de zinc a óxido de zinc es completa.

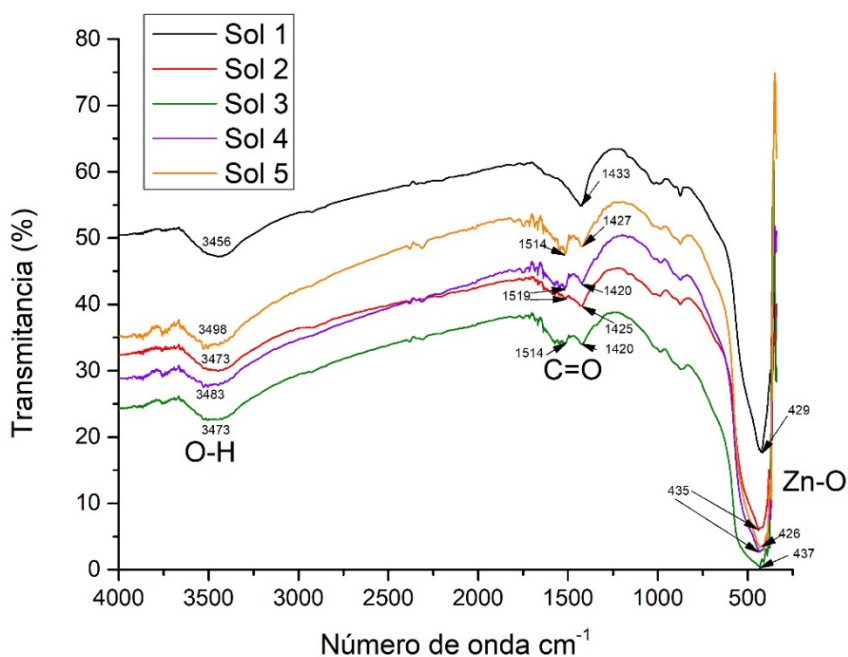
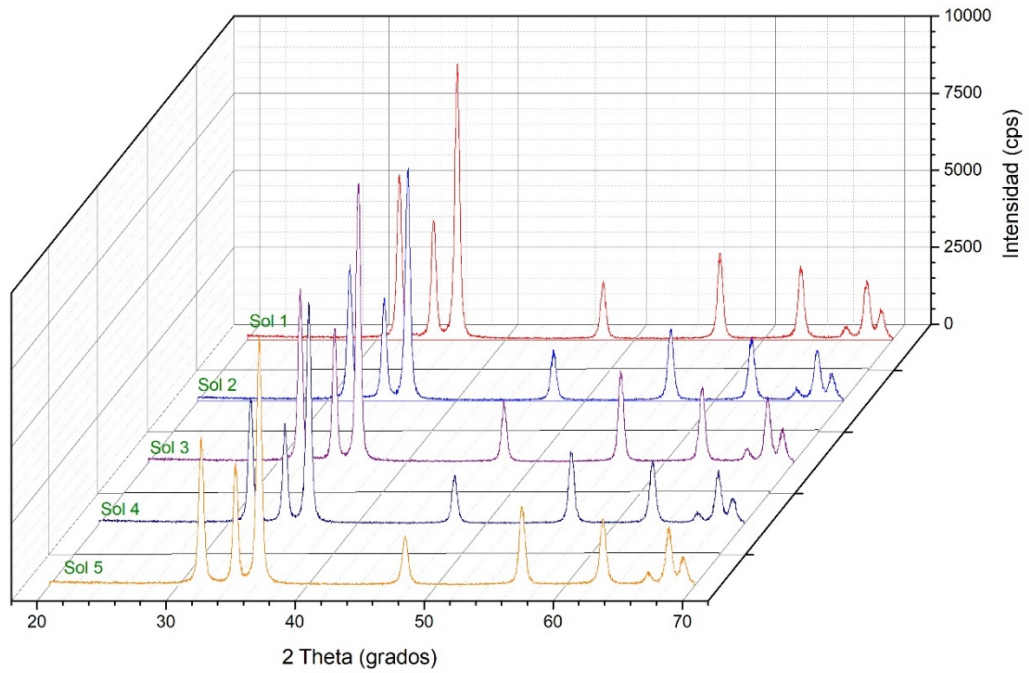
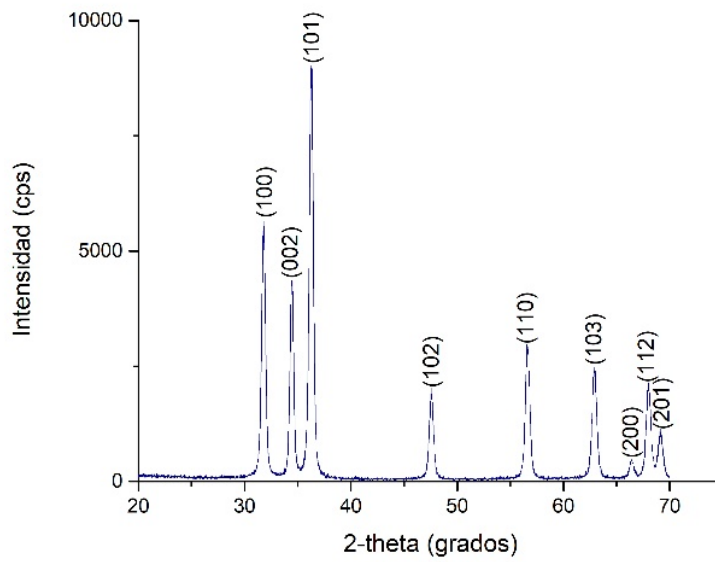


Figura 2. Comparación cualitativa de los espectros de IR de las soluciones precursoras de ZnO.

En la determinación de la fase cristalina por DRX a través del PDF 01-071-6424 se comprueba la fase cristalina wurtzita. En la Figura 3a) se muestra una comparación de los difractogramas de las soluciones precursoras de ZnO, donde se observa que no hubo transformación de fase comparada con 3b). Se observan 9 planos indizados (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112) y (201). Entre estos picos, los picos que pertenecen a hkl (100), (002) y (101) son más intensos en comparación con otros. Las señales características en 2θ son 31.80° , 34.44° , 36.26° , 47.52° , 56.53° , 62.97° , 66.35° , 67.99° y 69.13° .



a)



b)

Figura 3. a) Difractogramas del polvo de las soluciones precursoras de ZnO tratadas térmicamente a 400°C.
b) Difractograma del polvo de las soluciones precursora 3 de ZnO.

En las micrografías de FESEM, en la Figura 4 a-e, de manera general se observa la nanoestructura del polvo de ZnO. Se observan los nanorods y la aglomeración de partículas. Podemos ver que las partículas se unidas formando aglomerados densos. Se formaron partículas con un tamaño en el rango de nanómetros. Se ha encontrado que el tamaño de partícula promedio de las nanopartículas de óxido de zinc es de 113 nm.

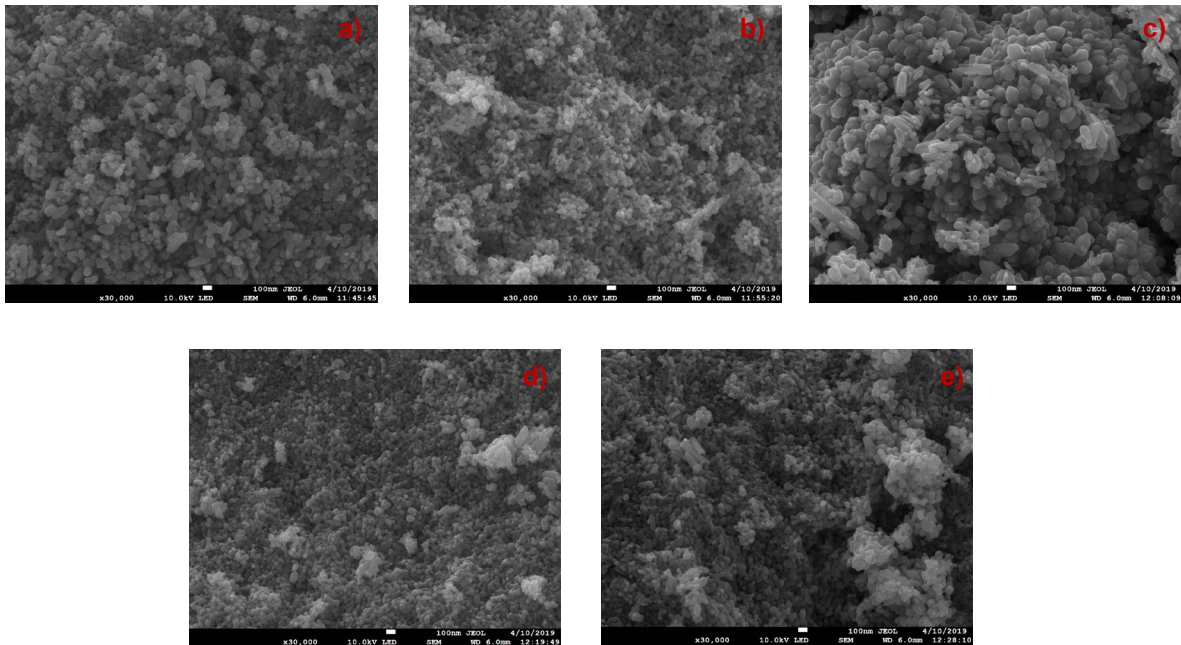


Figura 4. Imágenes SEM (a-e) del polvo de las soluciones precursoras (1-5) respectivamente de ZnO tratadas térmicamente a 400°C.

VI. CONCLUSIONES

Las soluciones precursoras de ZnO se prepararon por el método sol-gel con diferentes relaciones molares. El espectro IR indica la obtención del ZnO, con DRX se verifica que la fase cristalina presente corresponde a la hexagonal wurtzita del ZnO y la morfología de estas nanopartículas varía debido a las relaciones molares de los materiales iniciales.

VII. REFERENCIAS

- Habibi, M., & Khaledi, M. (2008). Structure and morphology of nanostructured zinc oxide thin films Prepared by dip-vs. spin-coating methods. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 5(4), 603—609. Doi: 10.1007/BF03246140
- Iwan, S., Fauzia, V., Umar, A., & Sun, X. (2016). Room temperature photoluminescence properties of ZnO nanorods grown by hydrothermal reaction. *AIP Conference Proceedings*, 1729, 1–6. Doi: 10.1063/1.4946934
- Sanjeev, S., & Kekuda, D. (2015). Effect of Annealing Temperature on the Structural and Optical Properties of Zinc Oxide (ZnO) Thin Films Prepared by Spin Coating Process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 73, 012149. Doi: 10.1088/1757-899X/73/1/012149
- Sirelkhathim, A., Mahmud, S., Seeni, A., Kaus, N., Ann, L., Bakhori, S., Hasan, H., & Mohamad, D. (2015). Review on zinc oxide nanoparticles: Antibacterial activity and toxicity mechanism. *Nano-Micro Letters*, 7(3), 219–242. Doi: 10.1007/s40820-015-0040-x
- Znaidi, L. (2010). Sol-gel-deposited ZnO thin films: A review. *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology*, 174(1–3), 18–30. Doi: 10.1016/j.mseb.2010.07.001

SISTEMA DE CUBIERTA MULTICAPA PARA MITIGAR EL SOBRECALENTAMIENTO EN LOSAS EN CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO

M.I.P.A. Cornelio Rodríguez Xóchilt¹
Dr. Gaspar López Ocaña²

RESUMEN

El proyecto describe el comportamiento de variables de confort (temperatura y humedad relativa sobre losa e interior) de dos módulos experimentales arquitectónicos en Cunduacán, Tabasco. Módulo 1 construido en base a un sistema de Referencia y módulo 2 con un sistema de cubierta multicapa (mortero, fibra vegetal y poliestireno), cumpliendo los criterios de diseño de la norma NMX-020-ENER-2011. Edificados ambos con paredes de block hueco, acabados con mortero cemento arena y piso de concreto con un volumen de 2.00x2.00x2.50 m³. Monitoreándose las variables, por tres meses, cada media hora. La temperatura es una variable para la representación de edificación idílica en un contexto específico. La temperatura interior del módulo 2 presentó 24.64±2.82°C y el módulo 1 29.74±4.23°C; la temperatura sobre la losa del módulo 2 fue de 27.04±3.00-°C y del módulo 1 de 28.63±3.75°C, las temperaturas máximas reportadas en 30.5 °C en rango de tres horas (15:00 a 18:00 horas). En el módulo 2 no se redujo la humedad relativa se presenta en 73.59±13.50-%, y en el módulo 1 fue de 72.09±13.66-%. El costo del sistema de cubierta multicapa por m² es de \$198.47. Siendo viable su implementación en construcciones de ciudades con climas cálidos-húmedos como Tabasco.

¹ División Académica de Ingeniería y Arquitectura. x_cornelio@hotmail.com

² División académica de Ciencias Biológicas ocanagl77@hotmail.com

PALABRAS CLAVE

Temperatura, Humedad Relativa, Confort, Sistema Multicapa.

INTRODUCCIÓN

La crisis energética es una situación que a todos nos concierne, nuestro planeta en aras de la modernidad se encuentra inmerso en un problema de abastecimiento energético, debido a diversas causas como el uso desmedido de energéticos no renovables y el calentamiento global, entre otros. El hombre para realizar sus actividades de manera confortable no ha sido capaz de liberarse del uso excesivo de los energéticos y mantener un confort en sus espacios arquitectónicos, incrementándose la demanda energética y los costos por mantener un ambiente de confort en áreas laborales o habitacionales. Esta conducta parece irracional, negándose a buscar y emplear otras alternativas que nos permitan proseguir con nuestras actuales actividades sin que decaigan la evolución y avance, pero bajo la premisa de adecuar nuestras necesidades a los recursos que poseemos en forma y cantidad y evitar la dilapidación energética (Martínez y Velasco, 2006).

Unos de los sectores que mayor gasto energético posee, son las construcciones públicas y privadas que no contemplan la variable sustentable al considerar la materia prima y el diseño en pro de un ambiente agradable con una adecuada selección de materiales y las fuentes emisoras de calor y de CO₂ además de otros componentes como el clorofluorocarbono provenientes de los equipos de aire acondicionado, que se quedan atrapados en la atmósfera, causantes del calentamiento global que producen los cambios climáticos. Para reducir emisiones, es necesario maximizar la eficiencia energética de la envolvente de un edificio, la cual se compone por techo, muros exteriores y ventanas que funcionan como una barrera térmica y tienen un papel determinante en la cantidad de energía necesaria para mantener un ambiente confortable en el interior de la edificación. En base a lo anterior, se diseñó y construyó una cubierta multicapa con materiales aislantes que disminuyen los efectos del calor y humedad, otorgando un ambiente interior que se ubique dentro de la zona de bienestar térmico (Givoni, 1969).

OBJETIVOS Y METAS

Diseñar y evaluar una cubierta de un sistema multicapa para disminuir ganancias de calor al interior de la edificación y alcanzar niveles de confort térmico en un prototipo experimental.

Diseñar y construir un prototipo del sistema de cubierta multicapa utilizando mortero, fibra vegetal y poliestireno, que cumpla con criterios de diseño y construcción de la norma NMX-020-ENER-2011.

Instalar y evaluar el prototipo experimental de cubierta sobre una losa del sistema CONVINTEC, monitoreando parámetros de temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento.

Determinar y comparar en base a las condiciones térmicas evaluadas el acercamiento a la zona de confort establecido en la norma NOM-020-ENER-2011.

Analizar la carga del peso estructural del sistema de cubierta sobre la losa COVINTEC.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se desarrolló en los meses que presentan mayores temperaturas (Julio, Agosto y Septiembre). Cunduacán, Tabasco, presenta abundantes lluvias en verano, con una temperatura media anual de 26.2°C, una máxima media mensual en mayo de 30.5°C, y la mínima media mensual en diciembre y enero de 22.5°C. Las mayores velocidades del viento se concentran en los meses de noviembre y diciembre con velocidades que alcanzan los 30 km/h. presentándose en el mes de junio los menores con velocidades de 18 km/h. En base a estos datos se procedió a orientar los modelos con su fachada hacia el norte, para reducir los flujos caloríficos y ayudar en su eficiencia al sistema propuesto, minimizando la ganancia térmica, debido al ángulo de incidencia solar en las regiones tropicales y favoreciendo la ventilación natural dentro del módulo.

Las dimensiones de ambos módulos fueron las siguientes: 2.00 m. (N) en su fachada principal, 2.00 m. (S) en su fachada posterior, 2.00 m. (E y O) en sus fachadas laterales y 2.55 m de altura. Tamaño que tomamos como mínimo para suponer los resultados iguales a un módulo de escala 1:1. La unidad experimental se desarrolló en base a los criterios de Panero y Zelnick (1996), que satisface los requerimientos mínimos de un espacio arquitectónico (figura 1 y figura 2).

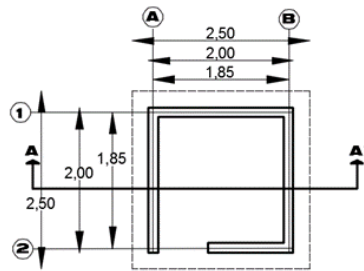


Figura 1. Planta Arquitectónica de los módulos.

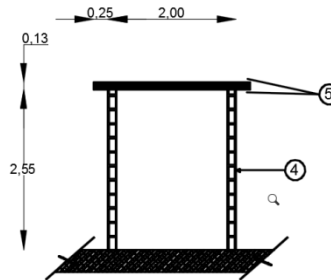


Figura 2. Corte transversal de los módulos.

Las especificaciones técnicas de construcción para la elaboración de los módulos fueron las siguientes: Los muros en los modelos fabricados de block hueco de 10x20x40 cm. Asentados con mortero cemento-arena proporción 1:4, el acabado final de los muros fue a base de mortero cemento arena proporción 1:4. En el muro de la fachada principal de ambos elementos se propuso una abertura de 0.90 x 2.32 m de altura para captar corrientes de aire y lograr que se de en el interior de los módulos el fenómeno de convección y obtener pérdidas de calor de manera natural, el piso es un firme de 10 cm. de espesor hecho a base de concreto de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ (Figura 3). En ambos módulos se propusieron aleros del mismo material para sombrearlos y evitar una ganancia excesiva de calor por radiación solar (García, 2005).



Figura 3. Módulos terminados.

Las losas de ambos módulos se fabricaron con una estructura tridimensional de alambre de acero al bajo carbono cal.14, con alma de poliestireno expandido de 2" de espesor, a la superficie externa superior de la estructura se le colocó una cama de compresión de 5 cm. de espesor forjada en concreto de $f'c= 200 \text{ kg/cm}^2$ a base de cemento, grava de 3/4", arena y agua, en la siguiente proporción: 1 bulto de cemento, 5 botes de arena, 6 botes de grava de 3/4", 2 botes de agua (capacidad de los botes 19 lts.), obteniéndose una losa que soportará una carga estructural de 788 kg/m^2 . A la superficie interior se le aplicó un mortero $f'c= 100 \text{ kg/cm}^2$, de 2.5 cm de espesor en la siguiente proporción: 1 saco de cemento, 4 botes de arena, 1 3/4" botes de agua, lo que la convierte en una losa con propiedades estructurales y cualidades térmicas, al módulo 1 se determinó el sistema de Referencia basado en el Manual de COVINTEC (2011), y Manual Técnico de Construcción (2008). Al módulo 2 se le asignó el sistema multicapa propuesto, con la finalidad de realizar la observación y comparación que se busca entre los dos módulos. Que está compuesto por los materiales indicados en la figura 4 y 5.

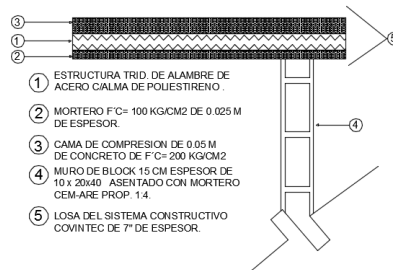


Figura 4. Losa del sistema de referencia (Módulo 1).

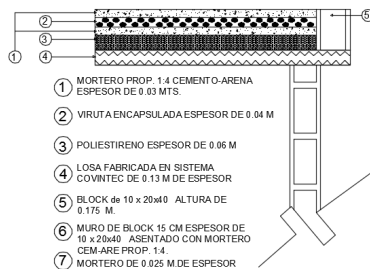


Figura 5. Losa del sistema multicapa (Módulo 2).

Los equipos empleados para el monitoreo de datos fueron dos Microestaciones Hobo, dotadas de cuatro canales para la salida de los dos sensores que tomaron la temperatura ambiental interior y exterior los cuales poseen una memoria de 512 kb, tienen una alta precisión; rango de medición de -20°C a 50°C , tiempo de muestreo cada hora,

precisión de la hora ± 1 minuto por mes a 25°C ; rango de temperatura de operación de -20°C a 50°C ; y su dimensión es de 8.90 cm x 11.4 cm, sensor del Pirómetro de silicio inteligente, con un rango de medida de 0 a 1280 w/m^2 para tomar el valor de la radiación y por último sensor y Veleta para la velocidad del viento, modelo Smart - S-CAM-M003

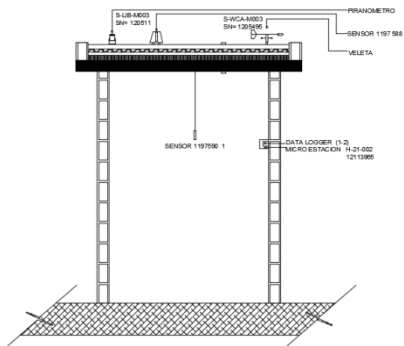


Figura 6. Colocación de los instrumentos de medición sobre la losa y el interior de los módulos.

El análisis de costo del prototipo y sus similares, se realizó en base al reglamento de la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con la Misma, teniendo como fundamentos los siguientes artículos: Art. 154 del Reglamento donde se define al precio unitario como el importe del pago total que debe cubrirse por unidad de concepto terminado, ejecutado conforme al proyecto, especificaciones de construcción y normas de calidad. El precio unitario presentado se integró únicamente con los costos directos correspondientes al concepto de trabajo.

Artículo 156.- El análisis, cálculo e integración de los precios unitarios para el trabajo determinado, guardó congruencia con los procedimientos constructivos o la metodología de ejecución de los trabajos, con los programas de trabajo, de utilización de personal y de equipo de construcción; considerándose los costos vigentes de los materiales a través de cotizaciones, recursos humanos y demás insumos necesarios en el momento y en la zona donde se llevaron a cabo los trabajos, todo ello de conformidad con las especificaciones generales y particulares de construcción y normas de calidad determinados por el proyecto. Artículo 157.- Los precios unitarios de los conceptos de trabajo fueron expresados en moneda nacional. Las unidades de medida de los conceptos de trabajo correspondieron al Sistema General de Unidades de Medidas de uso nacional. El cálculo del costo directo del concepto de trabajo fue fundamentado en

los artículos 159 al 178, donde se establece la metodología para la integración de los materiales, mano de obra, equipo y herramienta involucrados en la fabricación de los trabajos directamente.

El análisis de las condiciones de eficiencia térmica de confort se calculó en función a lo establecido en la norma NMX-020-ENER-2011

Análisis estadístico de los datos. En primera instancia los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, verificando el comportamiento horario de las variables temperatura interior y exterior, humedad relativa interior-exterior, velocidad de ráfagas y velocidad del viento. Posteriormente se realizó un análisis comparativo descriptivo en Excel 2013. Una vez que los datos cumplieron con postulados de normalidad y homosedasticidad se realizó un ANOVA para las variables Temperatura (interior y exterior) y Humedad relativa (interior y exterior). Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Temperatura entre un nivel de Tratamiento, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realizó una Prueba de Múltiples Rangos. Los datos fueron corridos en el Software Statgraphics.

Finalmente el costo por m² de las losas fueron comparados con dos sistemas comerciales mediante cotización en línea, denominando Techo 1 a un sistema Foamular a base de aislante de poliestireno extruido y Techo 2 a un sistema de panel compuesto por dos hojas de acero galvanizado y prepintado, en diferentes acabados y colores unidos por un núcleo de espuma rígida de poliuretano. Este producto es complementado con un tapajuntas que ensambla como clip a presión sobre las crestas laterales para cubrir la unión longitudinal hembra macho y los accesorios de fijación.

RESULTADOS

Temperatura interna de los módulos. Comparando el comportamiento de las temperaturas internas de los módulos el análisis de varianza de una vía indica que existen diferencias significativas ($F < 0.05$) entre los valores medios de la temperatura de los diferentes tratamientos (MOD-1 y MOD-2) con un 95% de confiabilidad. El módulo que presentó una menor temperatura fue el MOD-2 con 24.64 ± 2.82 , seguidos módulo 1 MOD-

1 con un promedio de 29.74 ± 4.23 . El contraste de medias Tukey mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

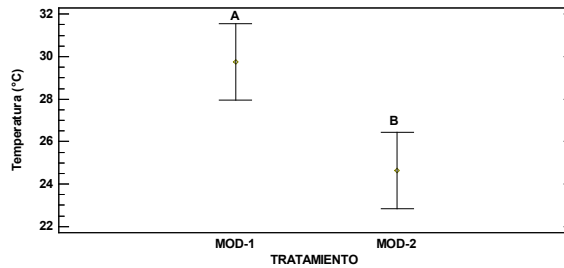


Figura 7.- Comparación de las medias de la temperatura interna con un 95% de LSD de Fisher. Las letras indican los tratamientos.

Temperatura externa de los módulos. Comparando el comportamiento de las temperaturas externas de los módulos el análisis de varianza de una vía indica que no existen diferencias significativas ($F < 0.05$) entre los valores medios de la temperatura de los diferentes tratamientos (MOD-1 y MOD-2) con un 95% de confiabilidad. El módulo que presentó una menor temperatura fue el MOD-2 con 27.04 ± 3.0 , seguidos módulo 1 MOD-1 con un promedio de 28.63 ± 3.75 . El contraste de medias Tukey no mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

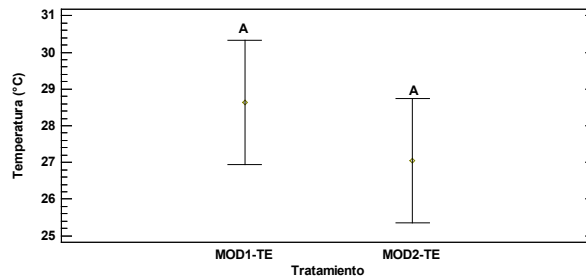


Figura 8.- Comparación de las medias de la temperatura externa con un 95% de LSD de Fisher. Las letras indican los tratamientos.

Humedad Relativa interna de los módulos. Comparando el comportamiento de humedad relativa interna de los módulos el análisis de varianza de una vía indica que no existen diferencias significativas ($F < 0.05$) entre los valores medios de la humedad relativa de los diferentes tratamientos (MOD-1 y MOD-2) con un 95% de confiabilidad. El módulo que presentó una menor humedad relativa fue el MOD-1 con $70.60 \pm 14.47\%$, seguidos módulo 1 MOD-2 con un promedio de 73.58 ± 13.0 . El contraste de medias Tukey no mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

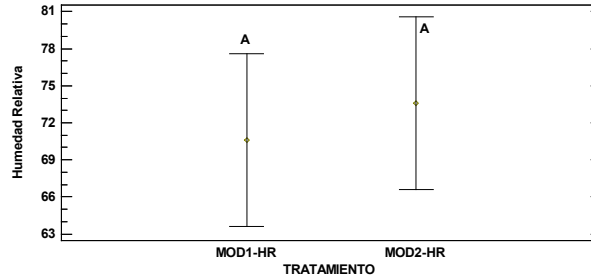


Figura 9.- Comparación de las medias de la humedad relativa interna con un 95% de LSD de Fisher. Las letras indican los tratamientos.

Humedad Relativa externa de los módulos. Comparando el comportamiento de la humedad relativa externa de los módulos el análisis de varianza de una vía indica que no existen diferencias significativas ($F < 0.05$) entre los valores medios de la humedad relativa de los diferentes tratamientos (MOD-1 y MOD-2) con un 95% de confiabilidad. El módulo que presentó una menor humedad relativa fue el MOD-1 con 77.66 ± 13.02 %, y el MOD-2 con un promedio de 83.10 ± 11.8 . El contraste de medias Tukey no mostro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

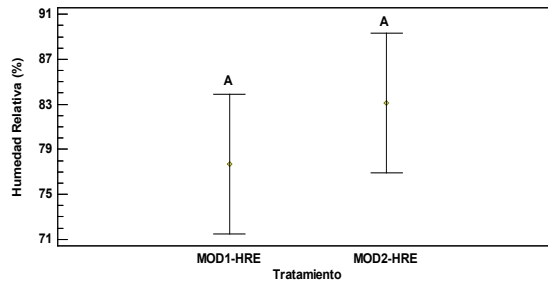


Figura 10.- Comparación de las medias de la humedad relativa externa con un 95% de LSD de Fisher. Las letras indican los tratamientos.

DISCUSIÓN

El módulo del sistema de cubierta multicapa (mortero, fibra vegetal y poliestireno), cumple con criterios de diseño y construcción de la norma NMX-020-ENER-2011, en el cual se establece la conductividad térmica de los materiales, la cual en el caso de nuestro sistema fue de 0.1666 y mayor a 0.2881 en el sistema de referencia, y en el caso de esta norma se establece que la conductividad no debe ser mayor a 0.2685.

Al evaluar el módulo experimental multicapa, se monitorearon parámetros de confort como temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento. La temperatura es el principal parámetro de confort, para el cual Fuentes (2017), establece

que para el caso de Tabasco el rango debe estar entre el 23.6 y 28.6 °C, estos valores de temperatura son importantes para el cuerpo humano, pues este debe mantener un rango de 36.5 a 37.5 °C, partiendo de ahí el diagrama bioclimático para edificios de Givoni Baruch reproducido por Jiménez (1984), establece que el rango de comodidad térmica es de 22° a 28° C.

Para el caso del sistema multicapa de este trabajo, la temperatura interna (dentro del módulo) se presentó en 24.64 ± 2.82 °C, en cuanto al sistema de referencia se presentó 29.74 ± 4.23 °C, y la temperatura sobre la losa fue de 27.04 ± 3.00 °C, en cuanto al sistema de referencia se presentó 28.63 ± 3.75 °C, las temperaturas máximas se reportan en 30.5 °C en rango de tres horas (15:00 a 18:00 horas). Dichos resultados sobre la superficie de la losa son inferiores a los reportados por Veccia y Castañeda (2006), en el cual analizaron el efecto de la temperatura sobre la superficie de techo de cerámica, en el cual la temperatura fue superior a 30°C por más de 8 horas, el techo de fibrocemento presentó temperaturas superiores a 30°C por más 11 a 17 horas. La radiación solar (R), en toda la fase experimental se comportó con un valor promedio de 0.6 W/m².

Para el caso de la humedad (H), del sistema multicapa propuesto por ser un módulo cerrado no presentó mejoría en este parámetro, pues la humedad relativa se presenta en 73.59 ± 13.50 %, mientras en el sistema de referencia 72.09 ± 13.66 %.

CONCLUSIONES

El módulo de losa de cubierta multicapa (mortero, fibra vegetal y poliestireno) cumplió con criterios de diseño y construcción de la norma NMX-020-ENER-2011.

El módulo experimental de cubierta es más eficiente en la disminución de temperatura interior 24.64 ± 2.81 °C que la losa del sistema de referencia, (29.74 ± 4.22 °C), sin embargo, no existe una disminución en la humedad relativa interior (70-73%).

Se cumple con lo establecido en la norma NOM-020-ENER-2011 referente a la conductividad térmica, la cual establece para techos en tabasco una conductividad de 0.526 W/m²K, y el valor obtenido en el sistema fue de 0.166 W/m²K.

Al analizar la carga del peso estructural del sistema de cubierta sobre la losa del sistema de referencia, el módulo solo ocupa el 22.34% por m², del total de lo que soporta el panel "W".

Al Analizar el costo de implementación del sistema de cubierta multicapa en relación a otros sistemas comerciales, se obtuvo que el costo por m² es de \$198.47, mientras que para el Techo 1 fue de \$372.33 y finalmente el Techo 2 fue de \$803.69.

Por lo que se concluye que es muy viable el sistema multicapa propuesto para su implementación en las construcciones de ciudades con climas tan calurosos como el nuestro. En base a lo anterior se puede aseverar que de los dos sistemas analizados, el módulo multicapa es el que reporta temperaturas más bajas, siendo éste el que se acerca más a la zona de confort, aunque habría que realizar correcciones a los módulos experimentales en virtud de que el comportamiento de la humedad no fue el esperado presentándose elevados porcentajes, por lo que se sugiere un mejor diseño en el aspecto de las aberturas del módulo para provocar una adecuada ventilación y así disipar el alto porcentaje de la humedad.

REFERENCIA

1. Fuentes, F. V. A. (2017). "Arquitectura Bioclimática", Ed. Universidad Autónoma Metropolitana.
2. García Ch. J. R., J. J. Ambriz y H. Romero. (2005). "Determinación del umbral de las condiciones de confort higrotérmico y su relación con el movimiento de aire".
3. García R. J. L. (2008). "Manual Técnico de Construcción, 4ta. Edición, Cementos Apasco, S.A. de C.V
4. Givoni, B. (1969). Man, Climate and Architecture. Applied Sciences Publishers.
5. Givoni, B. (1998). Climate considerations in building and urban design. John Wiley and Sons, Inc.
6. Hobo micro Station User's Guide, Assembly and operation, Part No. H21-002, Doc No. 7645-E, <http://www.onsetcomp.com>, <https://www.colmex.mx/assets/pdfs/21-> consultado 13/10/2015
7. Manual Técnico de COVINTEC, Pág. 3-6, 8,9 14, 25-37, <http://www.panelcovintec.com>, consultado 07/01/2015.
8. Martínez, R. y Velasco G. (2006), Eficiencias energéticas en Edificios, España.
9. Multitecho Ternium.
10. NOM-020-ENER-2011, Eficiencia Energética En Edificaciones.-Envolvente De Edificios Para Uso Habitacional www.dof.gob.mx/, última consulta 24/05/2013.
11. Panero, J. Z. Martin. (1996). "Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores, Estándares Antropométricos" Publicación Nueva York, U.S.A.

12. Reg_LOPSRM_68.pdf?1493134372 (reglamento de la Ley de Obras Públicas y servicios Relacionadas con la misma), pág. 195-105, consultado 21/03/2017.
13. Vecchia, F. C. Nolasco, G., (2006). Reacción ante el calor de cuatro sistemas de cubiertas Ingeniería, vol. 10, núm. 1, Universidad Autónoma de Yucatán México, Revista Redalic.
14. <http://mx.ternium.com/productos/ternium-multypanel-mx/>
15. <http://www.acerored.com/foamular.aspx>

ANÁLISIS DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN UNIAxIAL EN PROBETA DE MATERIAL BIRREFRIGENTE, ANALIZANDO SUS RESULTADOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE FOTOELASTICIDAD LINEAL

M. en C. Brayan Leonardo Pérez Escobar¹
Dr. Juan Alfonso Beltrán Fernández²
M. en C. Carlos Eduardo Legorreta Correa³
Ing. Gonzalo García Castilla³
Ing. Armando Herrera Aguilera³

I. RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los resultados de pruebas experimentales utilizando el método de Fotoelásticidad Lineal efectuados a una grúa auxiliar para el traslado de pacientes con problemas de obesidad y movilidad dentro de los hospitales. Las pruebas consistieron en simular el efecto al cargar a una persona de hasta 200 kg (1962 N) de peso. Sin considerar la parte dinámica de la misma. Para tal caso se utilizaron pesas de 15 y 20 kg, las cuales se fueron colocando de manera gradual simulando diferentes tipos de pesos hasta alcanzar la carga máxima de 200 kg. En cada estado de carga se registraron las deformaciones en los puntos críticos.

II. INTRODUCCIÓN

La necesidad de facilitar el manejo de pacientes con las limitaciones que provocan tanto la paraplejia, así como también la obesidad han llevado a los ingenieros mecánicos a trabajar en el campo de la biomecánica; para desarrollar, crear, diseñar, innovar, etc. Diferentes tipos de mecanismos que faciliten en gran manera

¹Profesor Investigador. División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la UJAT.
tristan_91_07@hotmail.com

² Profesor Investigador de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN
jbeltran@ipn.mx

³ Accesos sin Límites S.A. de C. V.

el traslado de pacientes con las limitaciones antes dichas, y aunado a esto un sobrepeso u obesidad en gran medida de las personas con este padecimiento sicomotor.

La calidad de vida del paciente parapléjico es compleja, interactuando la severidad de la lesión, nivel de independencia, recursos disponibles, aceptación de la lesión y actividades para promoción de la salud. Con el antecedente de lesión medular el paciente se encuentra en riesgo de desarrollar condiciones secundarias que disminuyen su calidad de vida [1].

Se admite que anualmente en una población de un millón de habitantes, se producen 50 nuevos casos de lesión vertebral traumática. De ellos, 72% son individuos menores de 40 años. Los informes más precisos indican una tasa anual de 30 a 35 por millón de personas, o sea cerca de 10,000 nuevas lesiones traumáticas por año [2].

La lesión de la médula espinal con más frecuencia es traumática. La parálisis de las extremidades superiores e inferiores, llamada cuadriplejía, constituye 54% de los casos y la paraplejía constituye el 46% restante. El problema se observa más frecuentemente en varones en un 82% de los casos [3]. La causa de lesión vertebral traumática reportada en el HTOLV es en primer lugar las caídas (50.5%), accidentes automovilísticos (34.5%) y en tercer lugar agresiones (15%). 58% de los pacientes presentaron lesión medular parcial o completa, siendo la sección medular completa la lesión más frecuente en un 35% [4].

Para tal efecto de facilitar el movimiento de los pacientes, el siguiente diseño de grúa fue evaluado bajo las condiciones antes expuestas.

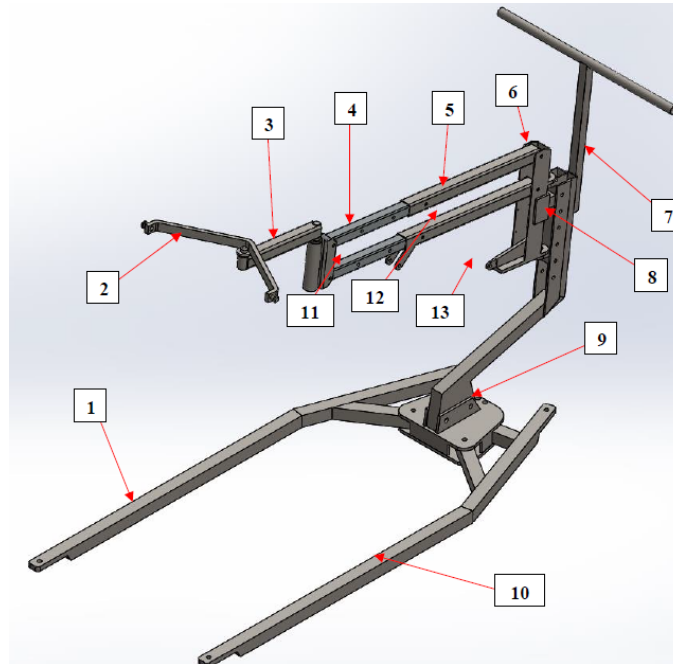


Figura 1. Partes de la grúa auxiliar a evaluar

III. OBJETIVO GENERAL

Determinar el valor del factor de intensidad de esfuerzos normales y cortantes sometida a una carga de 200 Kg.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Probeta (Parte de interés de la grúa)
2. Polariscopio
3. Balanza granulométrica
4. Vasos desechables
5. Abatelenguas
6. Tornillo de banco
7. Gasas
8. Tasas
9. Guantes
10. Resina fotoelástica PL-1 marca Vishay MicroMeasurements
11. Catalizador PL-1 marca Vishay MicroMeasurements

Para la preparación de la resina fotoelástica se siguió el procedimiento indicado por el proveedor Vishay MicroMeasurements, teniendo que:

$$A = 90 \text{ in}^2$$

$$t = 0.5 \text{ mm} = 0.02 \text{ in}$$

$$W \text{ vaso} = 4.27 \text{ g}$$

$$W = 18.5 \times A \times t = 18.5 \times 90 \text{ in}^2 \times 0.02 \text{ in} = 33.3 \text{ g}$$

$$PL - 1 = \frac{W \times 100}{120} + W \text{ vaso} = \frac{33.3 \text{ g} \times 100}{120} + 4.27 \text{ g} = 32.02 \text{ g}$$

$$PLH - 1 = \frac{W \times 20}{120} + W \text{ vaso} = \frac{33.3 \text{ g} \times 20}{120} + 4.27 \text{ g} = 9.82 \text{ g}$$

En donde:

A = Área de la hoja de resina fotoelástica.

t = Espesor deseado en la sábana (hoja) de resina fotoelástica.

W = Peso total de la mezcla.

PL-1 = Cantidad de resina requerida para la mezcla.

PLH-1 = Cantidad del catalizador requerido para la mezcla.

W vaso = Peso del vaso utilizado para preparar la mezcla.



Figura 2. Hoja de resina obtenida para ser usada en el área de interés de la grúa

IV.I. Identificación de los colores y franjas en la resina fotoelástica

Durante la realización de la prueba de los 200 kg a la grúa, en ciertas zonas del recubrimiento no experimentó cambio de color alguno, es decir el color ámbar de la resina se mantuvo. Esto debido al comportamiento interno del material, el cual tiende a distribuir de manera uniforme el esfuerzo generado a lo largo del eje longitudinal de la pieza de interés. Así como también, la rigidez propia del material, la magnitud de la carga aplicada, el grosor de la hoja de resina aplicada, el pegamento entre otros.

Para analizar cada una de las imágenes tomadas y mostradas a continuación se usaron como referencia las siguientes tablas para determinar el orden de franja de los colores que se identifican:

Tabla 1. Tablas de referencia para cálculos de los esfuerzos

ORDEN DE FRANJA 1	
NEGRO	0
GRIS	0.28
BLANCO	0.45
AMARILLO PALIDO	0.6
NARANJA	0.8
ROJO	0.9
PURPURA	1

ORDEN DE FRANJA 2	
AZUL	1.08
AZUL VERDE	1.22
VERDE AMARILLO	1.39
NARANJA	1.63
ROSADO ROJO	1.82
PURPURA	2

ORDEN DE FRANJA 3		ORDEN DE FRANJA 4	
VERDE	2.35	VERDE	3.1
VERDE AMARILLO	2.5	ROSADO	3.65
ROJO	2.65	ROSADO VERDE	4
ROJO VERDE	3	VERDE	4.15

IV.II. Partes identificadas de la grúa:

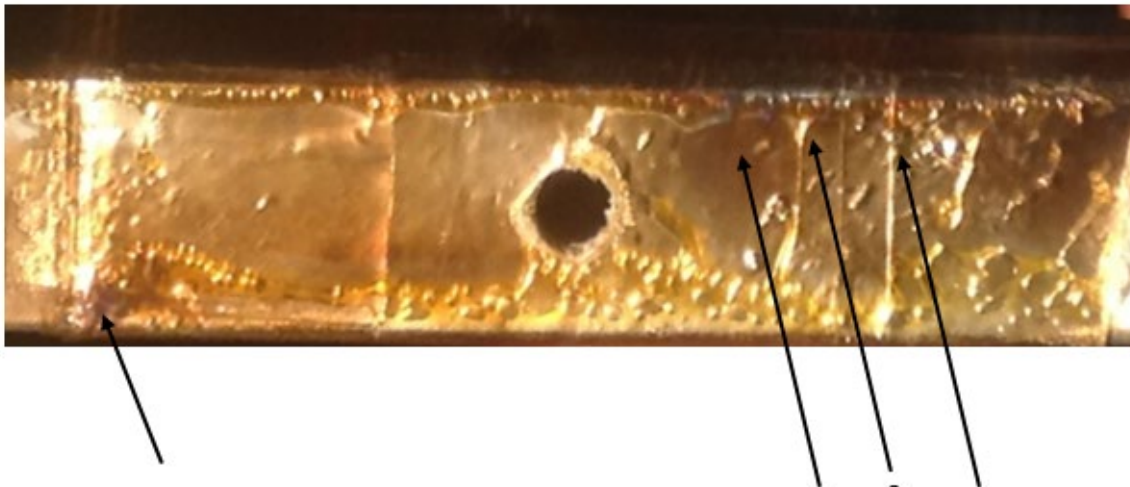


Figura 3. Brazo Telescópico Superior

1	Purpura	1
2	Azul	1.08
3	Blanco	0.45
4	Rojo	0.9

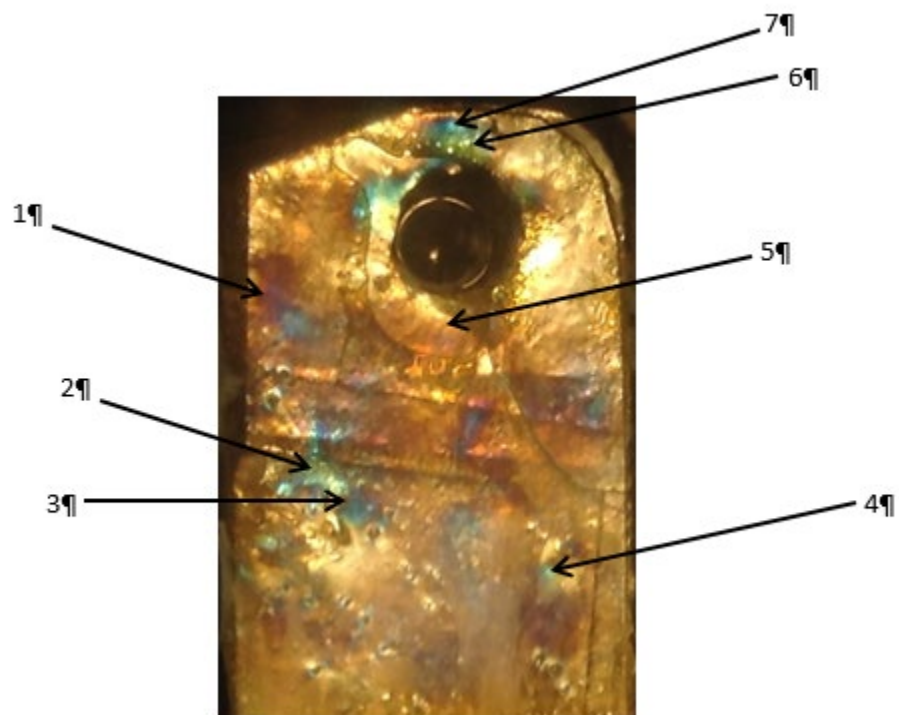


Figura 4. Base principal superior

1	Purpura	1
2	Amarillo Pálido	0.6
3	Azul	1.08
4	Blanco	0.45
5	Naranja	0.8
6	Verde Amarillo	1.39
7	Azul Verde	1.22

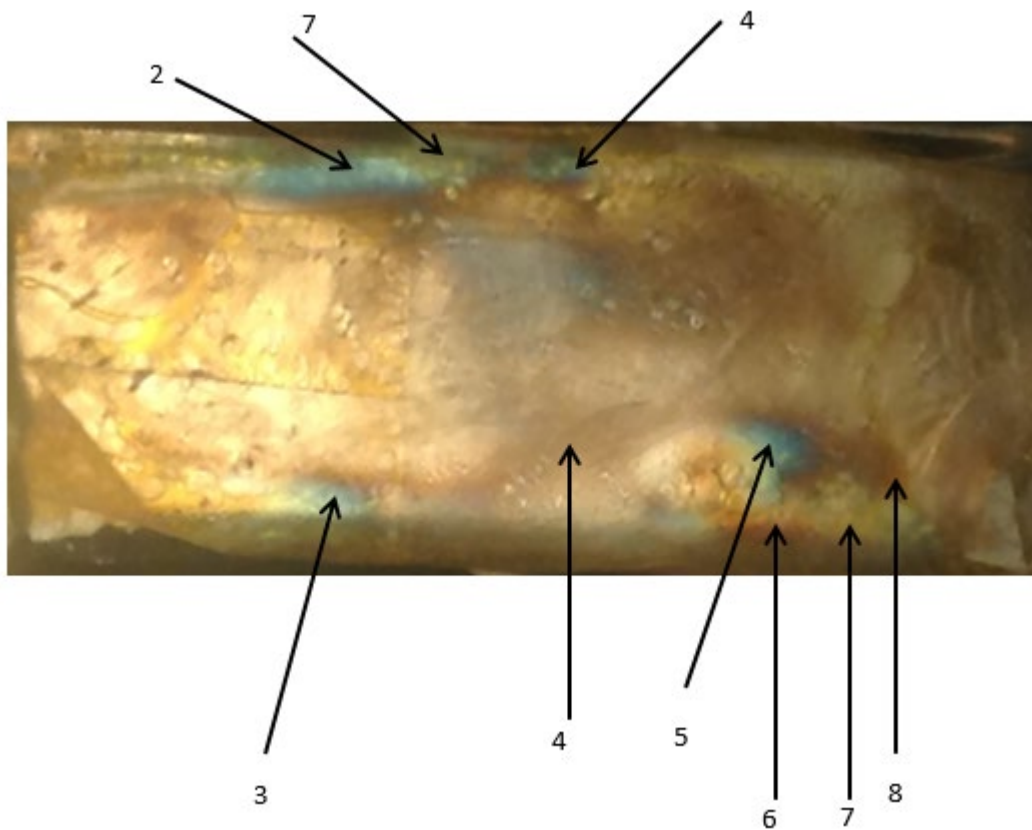


Figura 5 . Brazo paralelo superior

2	Azul	1.08
3	Blanco	0.45
4	Gris	0.28
5	Azul Verde	1.22
6	Naranja	0.8
7	Verde Amarillo	1.39
8	Rosado Verde	4














V. RESULTADOS

Cálculo para obtener el valor de la diferencia de los esfuerzos principales en las piezas evaluadas.

Para obtener el valor de la diferencia de los esfuerzos principales en las piezas evaluadas con la técnica de fotoelasticidad, se seguirá la siguiente metodología (Espinal Gutiérrez, Beltrán Fernández, & Hernández Gómez, 2011).

1. Se utiliza la tabla 2 para identificar el índice de franja (N) de acuerdo al color que aparece en la pieza recubierta con resina.

Tabla 2. Orden de franja (Vishay MicroMeasurements, 2017)

ISOCHROMATIC FRINGE CHARACTERISTICS				
COLOR	APPROXIMATE RELATIVE RETARDATION		FRINGE ORDER <i>N</i>	
	nm	in x 10 ⁻⁶		
 Black	0	0	0	
 Pale Yellow	345	14	0.60	
 Dull Red	520	20	0.90	
 Red/Blue Transition	575	22.7	1.00	
 Blue-Green	700	28	1.22	
 Yellow	800	32	1.39	
 Rose Red	1050	42	1.82	
 Red/Green Transition	1150	45.4	2.00	
 Green	1350	53	2.35	
 Yellow	1440	57	2.50	
 Red	1520	60	2.65	
 Red/Green Transition	1730	68	3.00	
 Green	1800	71	3.10	

2. Conocer la diferencia de deformaciones principales ($\varepsilon_1 - \varepsilon_2$) mediante la fórmula:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{N_n \lambda}{2kt}$$

En donde:

N_n = Orden de franja

λ = Longitud de onda

k = Coeficiente de recubrimiento

t = Espesor (depende del grosor de la hoja de resina fotoelástica)

3. Simplificando de obtiene:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = N_n f$$

En donde f = valor de franja

4. Se deduce que:

$$f = \frac{\lambda}{2kt}$$

5. De acuerdo al fabricante de la resina PL-1:

$$\lambda = 22.7 \times 10^{-6} \text{ in } \text{ó} \text{ } 0.577 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$t = 0.5 \text{ mm} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

6. Sustituyendo valores en la fórmula de f se tiene:

$$f = \frac{0.577 \times 10^{-6} \text{ m}}{2(0.10)(0.5 \times 10^{-3} \text{ m})} = 0.00577$$

7. Para obtener la diferencia de los esfuerzos principales ($\sigma_1 - \sigma_2$)

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{E}{1 + \nu} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$$

En donde :

E = Modulo de elasticidad

ν = Coeficiente de Poisson

La siguiente tabla muestra la tabulación de los resultados obtenidos con el procedimiento antes mencionado:

Tabla 3. Resultados de esfuerzos

No. de Pieza	N= Nm	$\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ (m)	$\sigma_1 - \sigma_2$ (Pa)	$\sigma_1 - \sigma_2$ max MPa
1	1	0,000577	9320769,231	16,9638
	1,22	0,00070394	11371338,46	
	1,82	0,00105014	16963800	
2	0,6	0,0003462	5592461,538	16,9638
	0,9	0,0005193	8388692,308	
	1	0,000577	9320769,231	
	1,22	0,0007034	11371338,46	
	1,82	0,00105014	16963800	
3	0,6	0,0003462	5592461,538	16,9638
	0,9	0,0005193	8388692,308	
	1	0,000577	9320769,231	
	1,22	0,00070394	11371338,46	
	1,82	0,00105014	16963800	
4	0,6	0,0003462	5592461,538	11,37133846
	0,9	0,0005193	8388692,308	
	1	0,000577	9320769,231	
	1,22	0,00070394	11371338,46	
5	1	0,000577	9320769,231	16,9638
	1,22	0,00070394	11371338,46	
	1,39	0,00080203	12955869,23	
	1,82	0,00105014	16963800	
6	0,9	0,0005193	8388692,308	12,95586923
	1	0,000577	9320769,231	
	1,39	0,00080203	12955869,23	

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a la teoría de fallas la grúa instrumentada en este trabajo cumple con los requisitos estructurales para soportar una carga de hasta 200 kg de forma estática sin ningún problema, ya que los resultados de la fotoelasticidad revelaron que los esfuerzos obtenidos están por debajo de los críticos y de cedencia.

VII. REFERENCIAS

- 1.- Yadira Bahena-Salgado, Bernal-Márquez JN. (Enero 2007). Calidad de vida de los pacientes con paraplejía secundaria a lesión vertebral traumática. *medigraphic Artemisa* en , 1, 3-7.
- 2.- Dufoo OM, Carranco TGA, García LO, López PJJ: Empleo del colchón de agua como medio preventivo para la formación de úlceras de presión en lesionados raquimedulares. *Rev Mex Ortop Traum* 1998; 12(6): 502-5.
- 3.- Rothman S, Apple DF: *Columna vertebral. Rehabilitación de las lesiones de la médula espinal.* Cuarta edición, México, Mc Graw-Hill, 2000: Vol. I-1177-97.
- 4.- Hurtado PA: Incidencia y etiología de las lesiones vertebrales traumáticas en el Servicio de Cirugía de Columna del Hospital de Traumatología y Ortopedia Lomas Verdes. Tesis de postgrado, 2003: 09.
- 5.- Zemper ED, Tate DG, Roller S, Forchheimer M: Assessment of a Holistic Wellness program for persons with spinal cord injury. *Am J Phys Med Rehab* 2003; 82: 957-68.
- 6.- Yap EC, Tow A, Menon EB, Chan KF, Kong KH: Pain during in-patient rehabilitation after traumatic spinal cord injury. *International Journal of Rehabilitation Research* 2003; 26(2): 137-40.
- 7.- Rudy TE, Lieber SJ: Psychosocial predictors of physical performance in disabled individuals with chronic pain. *Clinical Journal of Pain* 2003; 19(1): 18-30.

ARQUITECTURA MODERNA EN VILLAHERMOSA

UN CASO DE ESTUDIO: OFICINA DE NAFINSA EN CIUDAD INDUSTRIAL

M. Arq. Rubén Jacinto Mondragón¹

I. RESUMEN

Debido al crecimiento económico en las arcas del Gobierno Estatal generado a raíz de la extracción y explotación del petróleo en Tabasco, para mediados de los años sesenta y toda la década de los setenta, la ciudad de Villahermosa sufre una transformación urbano arquitectónica para modernizarla y así despojarle el estigma de “rancho”² en comparativa con otras ciudades del país que tenían un desarrollo urbano más acelerado y “moderno”.

Es por ello que en la ciudad se inicia una serie de proyectos empalmado con una ideología de modernidad, por lo tanto, el gobierno Estatal y diversas asociaciones privadas contratan diversos profesionistas de la Ciudad de México que den respuesta a las demandas de diseño que la sociedad “requería” en esos momentos.

Entre los años sesenta y setenta se fijan diversos proyectos cuya jerarquía y magnitud efectúan una drástica transformación del trazo urbano en la ciudad de Villahermosa, por mencionar algunos: Ciudad Deportiva, Ciudad Universitaria y Ciudad Industrial (Madrazo, 1961), de esta última se desprende la Oficina de Fideicomiso, objeto arquitectónico que nos permitirá reflexionar y analizar la

¹ arq.mondra@gmail.com

² Madrazo Becerra en su primer informe de Gobierno, manifestó la carencia de comunicaciones y el atraso urbano predominante en la ciudad de Villahermosa, a la que califico de enorme Rancho.

importancia e incursión de una arquitectura moderna en el Estado de Tabasco. De ésta edificación se desgajan signos, símbolos e ideologías que aportan nuevas maneras de entender la historia de la ciudad a partir de lo objetual-social y cultural (Velasco, 2002).

II. INTRODUCCIÓN.

En México, la arquitectura de mediados del siglo XX traía consigo el paradigma de la modernidad, ideología que buscaba un reconocimiento internacional, por tal motivo, las edificaciones que surgieron en entre la década de los sesenta y setenta, encajaban en lo que se denominó como movimiento moderno, siendo los proyectos del arquitecto Alberto J. Pani los que dieron el reconocimiento internacional a México (Quiroz, 2008). Sin embargo, es menester mencionar que, con José Villagrán García, el movimiento moderno fundamentó la base teórica e ideológica para los futuros arquitectos que se formaban en la Escuela de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México. Con el tiempo, estos profesionistas dejaron la huella de una arquitectura moderna a lo largo y ancho del país.

La ciudad de Villahermosa, no fue exenta al fenómeno de la modernidad. Siendo una causa importante la fuerte economía Estatal, derivada por la inversión nacional hacia la región para permitir la extracción y explotación del petróleo. Por tal motivo, una de las estrategias del gobierno de Mario Trujillo (1971/1976) se deriva hacia el impulso de la industrialización de Tabasco. El gobernador en turno incentiva al sector terciario, ya que para esos momentos estaba prácticamente olvidado, a través del proyecto de Fideicomiso de Ciudad Industria.

Como resultado de las decisiones políticas, Ciudad Industrial inició con una fuerte inversión por parte de los empresarios Tabasqueños y el gobierno del Estado. Localizado en la periferia Noroeste de la ciudad de Villahermosa su construcción requirió la compra de varios terrenos. De acuerdo a datos obtenidos en la oficina de catastro en el municipio del Centro, el futuro parque industrial inicia en 1973 con la adquisición de 74-79-50 Has por parte del Gobierno Estatal, extensión que se confirió a la fiduciaria NAFINSA para que ejecutará el proyecto,

por su parte el Gobierno Federal adquiere una superficie de 358-12-26.2 Has. El proyecto principal consistió en la construcción de bodegas, las que a posterior serían vendidas a inversionistas e industriales interesados en establecerse en la entidad, para lograr lo anterior se otorgan créditos a los que deseen invertir en la compra de una bodega en dicho lugar, lo que provocó una fuerte oleada de inversiones que rebasaron las expectativas del proyecto a futuro.

Además de espacios para la ubicación de empresas, se otorgaron algunos incentivos fiscales, créditos y facilidades. Esto ocasionó que en 1982 estuvieran instaladas en la ciudad de Villahermosa 65 empresas —sólo dos de ellas existían antes de 1977—, las cuales empleaban a 4455 trabajadores y habían invertido un total aproximado de 2756 millones de pesos. Además, estaban en proceso de apertura otras 15. Por otra parte, se tenía previsto que todos los predios se vendieran en un plazo de 15 años, pero se logró en sólo ocho, de tal suerte que se planeó hacer una ampliación (González, 1988: 272).



Figura 1. Vista satelital de Ciudad Industrial obtenida a través del software Google Earth en Noviembre de 2013, modificada para el caso de estudio.

Una de las primeras edificaciones y mayor relevancia arquitectónica dentro del complejo de ciudad industrial es la oficina del fideicomiso del Gobierno Estatal,

el Gobierno Federal y Nacional Financiera S. A. (NAFINSA)³, siendo fiduciaria su función radicaba en la administración del parque Industrial por 20 años.

La oficina se diseñada homologando la función de mirador-vigilancia y jerarquización de la administración, siendo la única construcción dentro del parque industrial que presenta dicha tipología. La edificación es de planta libre, seis pares de columnas bifurcadas a 45 grados sostienen un notable elemento principal de forma cilíndrica. La elevación corresponde a dos factores funcionales, el primero, evitar una posible inundación por el desbordamiento del río La Pigüa localizado a medio kilómetro de las oficinas, y el segundo, expresar de manera formal el cambio paradigmático de una arquitectura que se presenta como sencilla formalmente hablando, pero con una destreza constructiva que jerarquiza la ligereza de la construcción.

Es muy clara la referencia de la elevación con respecto a dos edificaciones en la ciudad y dentro de la misma escala de tiempo, la oficina de la cooperativa cacaotera (1964) y la oficina de la Oleaginosas del Sureste (1972). Siendo un gesto muy recurrente del movimiento moderno, la utilización de pilotes, tal como lo expresa Le Corbusier (1926) en su manifiesto de los cinco puntos para una nueva arquitectura. Cabe destacar que la arquitectura Moderna arribó a la entidad a destiempo, cuando en lo internacional existía un desencanto del movimiento moderno.

Construida en su totalidad de concreto y textura estriada, el vano predomina sobre el muro. El acceso se realiza a través de una escalera helicoidal que desemboca en un área vestibular de la cual convergen tres oficinas, teniendo un recorrido circular a través de cada una, por tal motivo, el eje compositivo es radial. Su techumbre emula de manera directa la Basílica de Guadalupe localizada en la Ciudad de México.

³ NAFINSA, como fiduciaria administraría Ciudad Industrial por 20 años, para el año de 1994 el contrato del Fideicomiso expira, quedando el gobierno del Estado como administrador del complejo, sin embargo, para el año 2017 el Gobierno de Arturo Núñez se reactivó el Fideicomiso para volver a impulsar la industria en ese sector (Tabasco Hoy.2017).

A su vez, el objeto arquitectónico como signo de una 'nueva arquitectura' expresa un símbolo que connota en la técnica constructiva y denota en su significante, es decir, en la ruptura definitiva de una tradición arquitectónica existente, algo que no sucede con las edificaciones anteriores. A partir la tekhné el edificio plantea un poder y reescritura estética. Esto remite al pensamiento de Foucault (2012) quien desde una perspectiva histórica de la arquitectura considera que la tecnología⁴, en el sentido extenso de la palabra, produce un panorama enriquecedor y una conceptualización rectora e interesante muy diferente al hecho de diseminar y analizar los diversos componentes de un objeto arquitectónico en lo cuantitativo, acción conocida como ciencias exactas, o a la sola exploración del hecho social o psicológico del objeto, lo cualitativo o ciencias inexactas. Por tal motivo, la tekhné de la oficina de Ciudad Industrial manifiesta el poderío de los empresarios a partir de la administración política, social y cultural del Estado.

La edificación cuya pureza formal salta a la vista, es la cúspide de la imposición de una arquitectura de estilo moderno en cuyas premisas se pretende infundir la posible construcción de un imaginario que al transcurrir el tiempo se va diluyendo y difuminando en distopía de la modernidad.

III. OBJETIVOS Y METAS

Revisar y analizar la relevancia de la oficina del Fideicomiso de Ciudad industrial como objeto visual, estableciendo con ello un devenir histórico que fortalezca la existencia de una arquitectura moderna en la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

IV. MATERIALES Y METODOS

Para la realización de la investigación se parte de dos vertientes en la búsqueda de la información, por un lado, la documental: libros, periódicos, revistas, etc., y por el otro la visita al objeto en cuestión, el ingreso al lugar es determinante para la realización de diversas tomas fotográficas y levantamiento arquitectónico, el

⁴ Desde una postura más amplia, la tecnología se ramifica no solamente en los procesos de los materiales sino en una secuencia donde lo gubernamental y político conciben una tekhné, siendo el sentido que Foucault expresa.

recorrido espacial permitirá la visualizando simbólica e histórica que tiene el objeto arquitectónico.

V. RESULTADOS

A mediano y corto plazo, los resultados de la investigación están en proceso, ya que esta oficina se yuxtapone en el constructo histórico-arquitectónico a la oficina de la cooperativa nacional cacaotera, ubicada en el malecón de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. y que su estado actual corresponde de igual manera al objeto de estudio en cuestión. Sin embargo, la revisión de esta oficina junto con otras arquitecturas del mismo periodo de estudio, enriquecerá la reflexión y visualización de la modernización a través de lo urbano-arquitectónico.

VI. DISCUSIÓN

Establecer una historia de la arquitectura moderna en Villahermosa, pareciese por demás desalentador, ya que, por las diversas decisiones que los gobernadores en su momento, provocó la demolición o transformación radical de diversos objetos con un estilo moderno muy marcado, provocando así la anulación del tópico de la moderno, sin embargo, aún en el siglo XXI se tienen ejemplos fehacientes y palpables del arribo de la modernidad en el Estado.

Por lo tanto, la oficina de la Fiduciaria NAFINSA, resulta importante como elemento edificable en el constructo de una historia vista desde la arquitectura. En la revisión bibliográfica los datos de la oficina son escasos, insipiente e insustancial. Pero la visita permitió el estudio en directo de una estética en la entidad como ajena al lugar, pero que, correspondía en mayor medida a las inundaciones que provocaba el desbordamiento del río Carrizal próximo a Ciudad Industrial.

VII. CONCLUSIÓN

Entendiendo la arquitectura como un crisol de la cultura, donde se expresan múltiples posibilidades desde lo primigenio hasta lo fastuoso, la oficina de ciudad industrial se erige como referente objetual en la cultura espacial imperante en esos momentos. La oficina como ente jerárquico admite combinaciones ínfimas en lo cognitivo, en ella se rigen las relaciones estéticas de un sector social que se

posicionaba como predominante, y a su vez de lo objetual-espacial emanan preceptos de belleza olvidado por las nuevas generaciones de arquitectos. Por lo tanto, nuestra sociedad y nuestra cultura nos ha heredado una línea estética, para recrean nuevas que sean permisibles y transmisibles a futuro.

Es necesario seguir estudiando este tipo de arquitectura y reflexionando el aparato cognitivo para establecer líneas de solución confiables que logren un rescate de la oficina de la Fiduciaria, para ello es necesario implantar nuevos significantes que aporten un entendimiento, conservación y valoración de nuestro pasado arquitectónico.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Madrazo Becerra, Carlos A. (1959). *Primer Informe de Gobierno del estado de Tabasco*. Gobierno del estado de Tabasco
- Foucault, Michel (2012). *El poder, una bestia magnifica*. México. Siglo XXI
- Madrazo Becerra, Carlos A. (1961). *Segundo Informe de Gobierno del estado de Tabasco*. Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco.
- Velasco León, Ernesto (2002). *Como acercarse a la arquitectura*. México. Limusa.
- Quiroz Rothe, Hector (2008). *Ciudades mexicanas del siglo XX*. México. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México.
- González Pedrero, Enrique (1988). *Primer informe de Gobierno*. Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco.

Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación
Wilfrido Miguel Contreras Sánchez

Director de Difusión, Divulgación Científica y Tecnológica
Pablo Marín Olán

Jefe del Departamento de Publicaciones no Periódicas
Francisco Cubas Jiménez