



**UADY**

**FACULTAD DE  
INGENIERÍA**

# **MEMORIAS**



# **XIII**

**SEMINARIO de  
INVESTIGACION**

2 y 3 de octubre de 2014

M. Phil. Alfredo Francisco Javier Dájer Abimerhi

***Rector***

Dr. José Humberto Loría Arcila

***Director***

Dr. Luis Enrique Fernández Baqueiro

***Jefe de la Unidad de Posgrado e Investigación***

Dr. José Ángel Méndez Gamboa

***Secretario Académico***

M. I. Jorge Alberto Vivas Pereira

***Secretario Administrativo***

Carlos Alberto Quintal Franco, Rubí Concepción López Sánchez,

Romel Gilberto Solís Carcaño, Eric Iván Moreno,

Jorge Alejandro Tapia González, Lauro Ariel Alonzo Salomón,

Roger Amilcar González Herrera, Alejandro Arturo Castillo Atoche

***Coordinadores de Cuerpos Académicos***

Julia Guadalupe Pacheco Ávila, Romel Gilberto Solís Carcaño,

Eric Iván Moreno, Milenis Acosta Díaz, Alejandro Arturo Castillo Atoche,

Luis Enrique Fernández Baqueiro

***Comité Asesor de Investigación***

## ÍNDICE

CUERPOS ACADÉMICOS.....	1
PROGRAMA XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN.....	5
RESÚMENES DE PONENCIAS.....	9
EFFECTO DEL TRATAMIENTO ÁCIDO AL CARBÓN ACTIVADO EN EL PROCESO FENTON HETEROGÉNEO A LIXIVIADOS .....	10
EFFECTO FOTOCATALÍTICO (UV-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) SOBRE LA DEGRADACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN AGUAS RESIDUALES PORCÍCOLAS .....	12
TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS CON CARBÓN ACTIVADO .....	14
CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS POZOS DE ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA MÉRIDA I .....	16
ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE FLUJO .....	18
AGREGADOS CALIZOS COMO AGENTES DE CURADO INTERNO .....	20
LA INTEGRACIÓN ORGANIZACIONAL Y DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS HABITACIONALES DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN.....	22
DISEÑO DE UNA GUÍA DE EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SUSTENTABILIDAD DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL.....	24
CAUSAS DE FALLAS CONSTRUCTIVAS PRESENTADAS EN PROYECTOS DE VIVIENDA.....	26
APLICACIÓN DE BIM PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS.....	28
EVALUACIÓN Y PROPUESTA ESTRUCTURAL PARA LA REHABILITACIÓN DEL TEMPLO DE DZIDZANTÚN .....	30
RESISTENCIA DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA SUJETOS A CARGAS FUERA DEL PLANO Y CARGAS AXIALES .....	32
RESISTENCIA DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA SUJETOS A CARGAS EN EL PLANO .....	34
EFFECTO DE LA RELACIÓN A/C EN LA CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN PROBETAS DE CONCRETO EXPUESTAS EN CHABIHAU Y DZILAM BRAVO .....	36
CONTACTOS CONDUCTORES TRANSPARENTES EN MULTICAPAS.....	38
INFLUENCIA DEL PROCESO DE ACTIVACIÓN EN CELDAS SOLARES DE CdTe.....	40
LA TEORÍA DEL FUNCIONAL DE LA DENSIDAD COMO PUNTO DE PARTIDA PARA EL ESTUDIO MULTIESCALA DE PROPIEDADES ELÁSTICAS EN NANOMATERIALES DE CARBONO.....	42
COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE FLUIDOS INTELIGENTES DE DIAMANTE- MAGNETITA BAJO EL EFFECTO DE UN CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME. .44	
ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN EN MEDIOS GRANULARES.....	46
CÁLCULO AB INITIO DE PROPIEDADES ELÁSTICAS DE h-BN.....	48
MIGRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL ACUÍFERO DE PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO .....	50
METALES PESADOS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE MÉRIDA, YUCATÁN	52

RESULTADOS PRELIMINARES DE PRUEBAS DE TRAZADO EN EL CAMPO EXPERIMENTAL HIDROGEOLOGICO DE LA FIUADY, MÉRIDA, YUCATÁN	54
CÁLCULO DEL MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD DE PEQUEÑOS FULLERENOS UTILIZANDO ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS .....	56
CONTROL DEL VOLTAJE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE INVERSORES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	58
ANÁLISIS FRECUENCIAL DE SEÑALES BIOMÉDICAS .....	60
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADO PARA EL MONITOREO INTELIGENTE DE RUIDO AMBIENTAL.....	62
ANÁLISIS DE IMÁGENES HIPERESPECTRALES DE PERCEPCIÓN REMOTA UTILIZANDO GPU <sub>s</sub> .....	64
ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y ELÉCTRICAS EN MATERIALES COMPUESTOS A BASE DE EMULSIONES ASFÁLTICAS CON ELASTÓMEROS Y PARTÍCULAS CONDUCTORAS.....	66
PUBLICACIONES .....	68
ARTÍCULOS.....	69
LIBROS Y CAPÍTULOS DE LIBROS .....	75
MEMORIAS EN CONGRESOS.....	77
REPORTES DE INVESTIGACIÓN.....	89
PATENTES .....	90
TESIS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA .....	91
OPCIÓN AMBIENTAL.....	92
OPCIÓN CONSTRUCCIÓN .....	94
OPCIÓN ESTRUCTURAS .....	95
OPCIÓN ENERGÍAS RENOVABLES .....	96

## CUERPOS ACADÉMICOS



<i>Cuerpo Académico:</i>	ESTRUCTURAS Y MATERIALES
<i>Grado:</i>	Consolidado
<i>Línea de generación y aplicación del conocimiento:</i>	Ingeniería de las estructuras y los materiales
<i>Año de registro:</i>	2002

MORENO ERIC IVÁN (*Coordinador*)  
FERNÁNDEZ BAQUEIRO LUIS ENRIQUE  
GAMBOA MARRUFO MAURICIO  
VARELA RIVERA JORGE LUIS

<i>Cuerpo Académico:</i>	HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA
<i>Grado:</i>	En consolidación
<i>Línea de generación y aplicación del conocimiento:</i>	Ingeniería hidráulica e hidrológica
<i>Año de registro:</i>	2002

GONZÁLEZ HERRERA ROGER AMILCAR (*Coordinador*)  
GRANIEL CASTRO EDUARDO HIDALGO  
OSORIO RODRÍGUEZ JOSÉ HUMBERTO  
SÁNCHEZ Y PINTO ISMAEL ABELARDO

<i>Cuerpo Académico:</i>	INGENIERIA AMBIENTAL
<i>Grado:</i>	Consolidado
<i>Línea de generación y aplicación del conocimiento:</i>	Ingeniería ambiental
<i>Año de registro:</i>	2002

QUINTAL FRANCO CARLOS ALBERTO (*Coordinador*)  
CABRERA SANSORES SANTOS ARMANDO  
CASTILLO BORGES ELBA RENÉ  
GIACOMAN VALLEJOS GERMÁN  
MÉNDEZ NOVELO ROGER IVÁN  
PACHECO ÁVILA JULIA GUADALUPE  
PONCE CABALLERO MARÍA DEL CARMEN  
ZETINA MOGUEL CARLOS ENRIQUE

<i>Cuerpo Académico:</i>	INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
<i>Grado:</i>	Consolidado
<i>Línea de generación y aplicación del conocimiento:</i>	Innovación de la construcción
<i>Año de registro:</i>	2002

SOLÍS CARCAÑO ROMEL GILBERTO (*Coordinador*)  
ÁLVAREZ ROMERO SERGIO OMAR  
BAEZA PEREYRA JULIO RODRIGO  
CORONA SUÁREZ GILBERTO ABENAMAR  
GONZÁLEZ FAJARDO JOSÉ ANTONIO DE JESÚS  
LORÍA ARCILA JOSÉ HUMBERTO  
ZARAGOZA GRIFÉ JESÚS NICOLÁS

<i>Cuerpo Académico:</i>	INGENIERÍA FÍSICA
<i>Grado:</i>	Consolidado
<i>Línea de generación y aplicación del conocimiento:</i>	Ingeniería Física
<i>Año de registro:</i>	2002

TAPIA GONZÁLEZ JORGE ALEJANDRO (*Coordinador*)  
ACOSTA CÉSAR RENÁN  
ACOSTA DÍAZ MILENIS  
CAB CAUICH CESAR ALBERTO  
MEDINA ESQUIVEL RUBÉN ARTURO  
MÉNDEZ GAMBOA JOSÉ ÁNGEL  
RIECH MÉNDEZ INÉS MARGARITA  
ZAMBRANO ARJONA MIGUEL ÁNGEL

<i>Cuerpo Académico:</i>	MECATRONICA
<i>Grado:</i>	En consolidación
<i>Línea de generación y aplicación del conocimiento:</i>	Control y Automatización de Sistemas
<i>Año de registro:</i>	2005

CASTILLO ATOCHE ALEJANDRO ARTURO (*Coordinador*)  
CRUZ JIMÉNEZ BRAULIO JOSÉ  
PALMA MARRUFO ORLANDO  
PEÓN ESCALANTE RICARDO JAVIER  
RICALDE CASTELLANOS LUIS JOSUÉ  
VILLANUEVA LÓPEZ CESAR AUGUSTO

## PROGRAMA

# XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN



**PROGRAMA**

**Jueves 2 de octubre**

**Aula Magna**

9:00 – 9:30	Inauguración	
9:30 – 10:40	Dr. Richard Klingner	CONFERENCIA "DISEÑO POR DESPLAZAMIENTOS DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA"
10:40 – 11:00		Receso

**Audiovisual 1**

11:00 – 11:20	Mauricio Gamboa Marrufo	EVALUACIÓN Y PROPUESTA ESTRUCTURAL PARA LA REHABILITACIÓN DEL TEMPLO DE DZIDZANTÚN
11:20 – 11:40	Jorge Varela Rivera	RESISTENCIA DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA SUJETOS A CARGAS FUERA DEL PLANO Y CARGAS AXIALES
11:40 – 12:00	Luis Fernández Baqueiro	RESISTENCIA DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA SUJETOS A CARGAS EN EL PLANO
12:00 – 12:20	Eric Moreno	EFFECTO DE LA RELACIÓN A/C EN LA CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN PROBETAS DE CONCRETO EXPUESTAS EN CHABIHAU Y DZILAM BRAVO
12:20 – 12:40	Marisela Chí Cob	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y ELÉCTRICAS EN MATERIALES COMPUESTOS A BASE DE EMULSIONES ASFÁLTICAS CON ELASTÓMEROS Y PARTÍCULAS CONDUCTORAS

**Audiovisual "Dr. Oscar M. González Cuevas"**

11:00 – 11:20	Elba Castillo Borges	EFFECTO DEL TRATAMIENTO ÁCIDO AL CARBÓN ACTIVADO EN EL PROCESO FENTON HETEROGÉNEO A LIXIVIADOS
11:20 – 11:40	Germán Giácoman Vallejos	EFFECTO FOTOCATALÍTICO (UV-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) SOBRE LA DEGRADACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN AGUAS RESIDUALES PORCÍCOLAS

11:40 – 12:00	Roger Méndez Novelo	TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS CON CARBÓN ACTIVADO
12:00 – 12:20	Julia Pacheco Ávila	CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS POZOS DE ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA MÉRIDA I
12:20 – 12:40		Receso
12:40 – 13:00	Roger González Herrera	MIGRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL ACUÍFERO DE PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO
13:00 – 13:20	Eduardo Graniel Castro	METALES PESADOS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE MÉRIDA, YUCATÁN
13:20 – 13:40	Ismael Sánchez y Pinto	RESULTADOS PRELIMINARES DE PRUEBAS DE TRAZADO EN EL CAMPO EXPERIMENTAL HIDROGEOLÓGICO DE LA FIUADY, MÉRIDA, YUCATÁN
13:40 – 14:00	Carlos Zetina Moguel	ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE FLUJO

## **Viernes 3 de octubre**

### **Audiovisual 1**

9:00 – 10:00	Dr. Arturo Ayón	CONFERENCIA “CAPTURA Y DISPERSIÓN DE FOTONES UTILIZANDO NANOTEXTURIZACIÓN, NANOPARTÍCULAS Y PUNTOS CUÁNTICOS”
10:00 – 10:20		Receso

### **Audiovisual 1**

10:20 – 10:40	Roberto Quintal Palomo	CÁLCULO DEL MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD DE PEQUEÑOS FULERENOS UTILIZANDO ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS
10:40 – 11:00	Luis Ricalde Castellanos	CONTROL DEL VOLTAJE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE INVERSORES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
11:00 – 11:20	Braulio Cruz Jiménez	ANÁLISIS FRECUENCIAL DE SEÑALES BIOMÉDICAS
11:20 – 11:40	Orlando Palma Marrufo	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADO PARA EL MONITOREO INTELIGENTE DE RUIDO AMBIENTAL
11:40 – 12:00	Alejandro Castillo Atoche	ANÁLISIS DE IMÁGENES HIPERESPECTRALES DE PERCEPCIÓN REMOTA UTILIZANDO GPUs
12:00 – 12:20		Receso
12:20 – 12:20	Milenis Acosta Díaz	CONTACTOS CONDUCTORES TRANSPARENTES EN MULTICAPAS
12:40 – 12:40	Inés Riech Méndez	INFLUENCIA DEL PROCESO DE ACTIVACIÓN EN CELDAS SOLARES DE CdTe
13:00 – 13:20	Alejandro Tapia	LA TEORÍA DEL FUNCIONAL DE LA DENSIDAD COMO

	González	PUNTO DE PARTIDA PARA EL ESTUDIO MULTIESCALA DE PROPIEDADES ELÁSTICAS EN NANOMATERIALES DE CARBONO
13:20 – 13:40	Rubén Medina Esquivel	COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE FLUIDOS INTELIGENTES DE DIAMANTE-MAGNETITA BAJO EL EFECTO DE UN CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME
13:40 – 14:00	Oswaldo Carvente Muñoz	ENTROPIA DE LA INFORMACIÓN EN MEDIOS GRANULARES
14:00 – 14:20	Cesar Cab Cauich	CÁLCULO AB INITIO DE PROPIEDADES ELÁSTICAS DE h-BN

**Audiovisual “Dr. Oscar M. González Cuevas”**

10:20 – 10:40	Rómel Solís Carcaño	AGREGADOS CALIZOS COMO AGENTES DE CURADO INTERNO
10:40 – 11:00	Gilberto Corona Suárez	LA INTEGRACIÓN ORGANIZACIONAL Y DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS HABITACIONALES DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN
11:00 – 11:20	José Loría Arcila	DISEÑO DE UNA GUÍA DE EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SUSTENTABILIDAD DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
11:20 – 11:40	Selene Audeves Pérez	CAUSAS DE FALLAS CONSTRUCTIVAS PRESENTADAS EN PROYECTOS VIVIENDAS
11:40 – 12:00	Sergio Álvarez Romero	APLICACIÓN DE BIM PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS

## RESÚMENES DE PONENCIAS



**EFFECTO DEL TRATAMIENTO ÁCIDO AL CARBÓN ACTIVADO EN EL PROCESO FENTON HETEROGÉNEO A LIXIVIADOS**

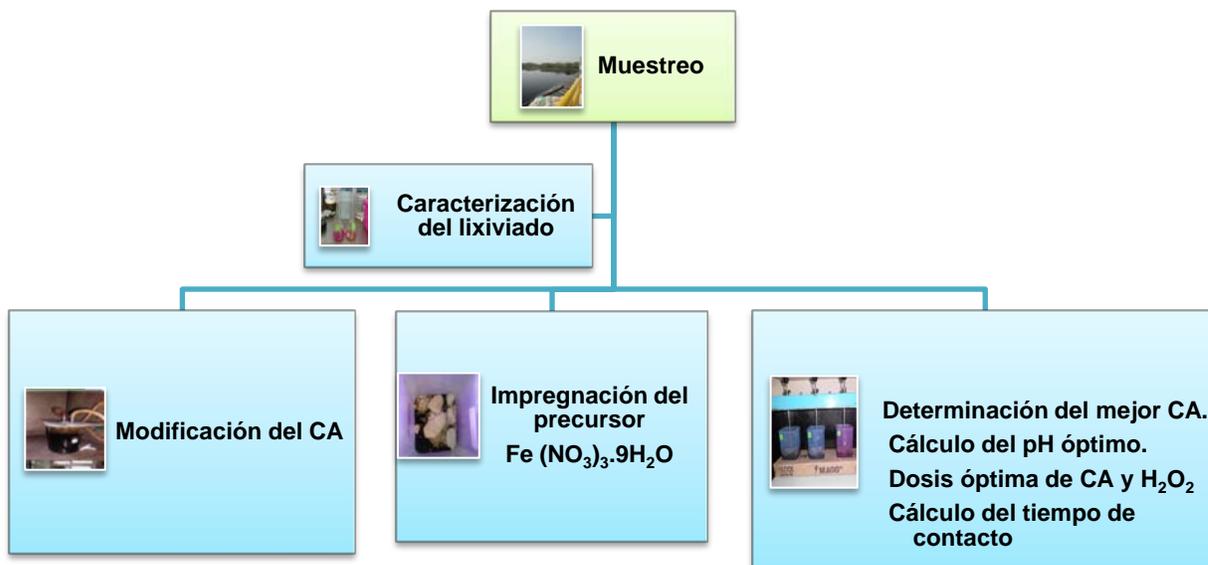
Elba René Castillo Borges, Roger Iván Méndez Novelo y Ambar Alexis Medina Martín

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. [cborges@uady.mx](mailto:cborges@uady.mx)

**RESUMEN**

**Introducción.** Uno de los problemas ambientales más serios generados por los rellenos sanitarios corresponde a sus residuos líquidos, conocidos como lixiviados. Para el tratamiento de lixiviados, se han probado con éxito los Procesos de Oxidación Avanzada (POA<sub>s</sub>) que involucran la generación *in situ* de radicales hidroxilos. El proceso Fenton homogéneo, ha sido ampliamente estudiado en cuanto al tratamiento de lixiviados, obteniendo eficiencias altas de remoción de DQO y color, sin embargo tiene ciertas desventajas por su alto consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y la necesidad de eliminar especies férricas coloidales en el efluente. Lo anterior obliga a buscar alternativas más económicas pero conservando la buena eficiencia, como es el caso del proceso Fenton Heterogéneo, el cual, con el empleo de catalizadores sólidos resuelve en gran medida las desventajas del proceso Fenton, por la recuperación de sales de hierro y el bajo consumo de éste. En el proceso Fenton heterogéneo, se procura que el área superficial del material de soporte (generalmente carbón activado: CA) esté libre de impurezas y modificar la química superficial para realizar los dos procesos deseados: la catálisis y la adsorción. En el presente trabajo se muestran los resultados de la modificación de los Carbones Activados con diferentes tratamientos ácidos en el proceso Fenton heterogéneo a lixiviados.

**Metodología.** En la Figura 1 se muestran las etapas de la metodología para determinar la eficiencia de remoción de contaminantes del lixiviado con carbón activado modificado.



**Figura 1. Etapas de la metodología**

**Resultados.** El mejor CA modificado fue el tratado con HCL. El pH óptimo fue de 3. La dosis óptima de carbón activado fue de 50 g/L. Con el proceso Fenton Heterogéneo en sistemas batch, se obtuvieron eficiencias de remoción de DQO y color del 85 % y 93 % respectivamente, en 120 minutos. Con el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Mérida mediante el proceso Fenton Heterogéneo, en un reactor tipo columna de adsorción (flujo continuo), se obtuvieron remociones de DQO de 99.84 % y color de 99.9 % utilizando el carbón modificado con HCl y con un tiempo de contacto de 2 h, teniendo la ventaja que la generación de lodo es mínimo comparado con el tratamiento Fenton Homogéneo.

## **EFFECTO FOTOCATALÍTICO (UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) SOBRE LA DEGRADACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN AGUAS RESIDUALES PORCÍCOLAS**

Germán Giácoman-Vallejos<sup>1</sup>, Damaris González-Chuc<sup>1</sup> y Emanuel Hernández-Núñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. giacomana@uady.mx

**Palabras clave:** Ácido Oleico, Luz UV, Peróxido, Oxidación avanzada

### **INTRODUCCIÓN**

Las granjas porcícolas en el Estado de Yucatán generan un gran volumen de aguas residuales con altas concentraciones de materia orgánica, nutrientes, microorganismos patógenos y sólidos suspendidos, los que a su vez arrastran materia grasa (Figura 1).

Los procesos de oxidación avanzada son considerados una tecnología de tratamiento de agua residual altamente competitiva para la eliminación de contaminantes orgánicos no tratables con técnicas convencionales debido a su alta estabilidad química y baja biodegradabilidad [1]. Este proceso implica la generación y uso de especies transitorias poderosas (radicales OH<sup>\*</sup>), estos radicales son altamente efectivos en la oxidación de compuestos orgánicos [2].

En este trabajo se presenta la evaluación del efecto fotocatalítico del proceso de oxidación avanzada (UV- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sobre la degradación de los ácidos grasos de cadena corta y larga (Ácido Heptanoico y Ácido Oleico) presentes en las aguas residuales porcícolas tratadas anaeróbicamente.



Figura 1: Crianza de Cerdos

### **METODOLOGIA**

El diseño experimental consistió en la variación de la dosis de peróxido de hidrógeno (0.01, 0.05 y 0.1 %) y los tiempos de exposición (15, 30, 45 y 60 min) de la radiación UV ( $\lambda = 254$  nm) con la finalidad de encontrar la dosis óptima del peróxido de hidrógeno respecto al tiempo de exposición.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Figura 2, se observa que a los 30 min la dosis de 0.05 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> presenta una alta degradación del ácido Heptanoico con un valor de 82.19 %, el 49.51% con una dosis 0.1% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y el 25.39% para la dosis de 0.001% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Para la dosis de 0.05% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en los tiempos de 45 y 60 minutos, la degradación disminuye ligeramente y se mantiene constante. A pesar que la degradación de 85.73% se alcanzó a los 45 min empleando una dosis de 0.1%, este valor no se toma como el óptimo, debido a que implica un mayor tiempo de exposición de UV y mayor concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Para el ácido Oleico, se observa en la Figura 3 que a los 30 min de exposición de la radiación UV, se obtiene el 82.17% de degradación, con una dosis de 0.01% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, con la dosis de 0.05% se alcanza el 81.95% y para dosis de 0.1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solo se logra el 65.13%. A un tiempo de exposición de 45 min con la dosis de 0.05% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se tiene un 94.52% de degradación, con 0.01% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> un 91.78% y el 83.34% con la dosis de 0.1% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Para los 60 min de exposición, los porcentajes de degradación disminuyeron con las dosis de 0.01% y 0.05%, y para 0.1% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> llega a 89.35%.

## CONCLUSIONES

Un tiempo de exposición de 30 minutos y una concentración de 0.05% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> permite lograr la mayor degradación de Ácido Heptanoico (un ácido graso de cadena corta de bajo peso molecular) con un valor de 82.19%. Para el ácido Oleico (ácido graso de cadena larga) se obtuvo la máxima degradación de 94.52% con un pH neutro a la dosis de 0.05% (de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en un tiempo de exposición de 45 minutos. El Índice de Biodegradabilidad (IB), a pH neutro alcanzó un valor de 0.52 a 0.55, con estos valores obtenidos el agua resultante es biodegradable. El proceso de oxidación avanzada (UV - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) resulta efectivo a pH neutro en la degradación de los ácidos grasos de cadena corta y larga, mejorando la biodegradabilidad en las aguas residuales porcícolas.

**RECONOCIMIENTOS:** A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Convocatoria de apoyo a la investigación 2013, proyecto: "Procesos de oxidación avanzada en aguas residuales porcícolas: Efecto del ozono, UV y agentes oxidantes sobre la transformación de la materia orgánica (marcadores: ácidos grasos de cadena larga) con clave SISTPROY: FING-2013-0004.

## REFERENCIAS:

- [1] Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J. (2011). Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review. *Science of the Total Environment*, 409, 4141–4166.
- [2] Doménech X., Jardim W., Litter M. (2001). Procesos Avanzados de Oxidación para la eliminación de contaminantes. Red CYTED VIII-G. Comisión Nacional de Energía Atómica. Unidad de Actividad Química, Argentina, 3-25.

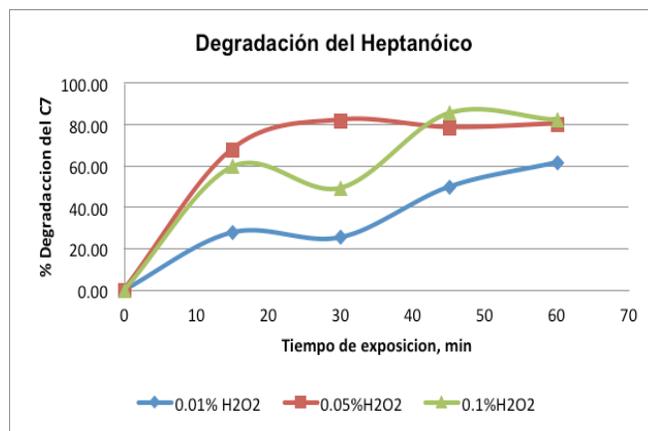


Figura 2: Degradación de ácido Heptanoico.

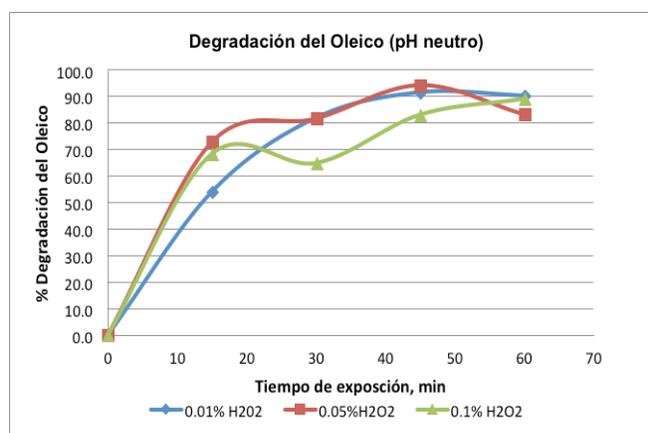


Figura 3: Degradación de ácido Oleico.



**UADY**  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA

"Luz, Ciencia y Verdad"

## **XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN**

**2 - 3 de octubre de 2014**  
**Mérida, Yucatán, México.**

### **TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS CON CARBÓN ACTIVADO**

Roger Iván Méndez Novelo<sup>1</sup>, Elba René Castillo Borges<sup>1</sup>, y Carlos Zetina Moguel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. mnovelo@uady.mx

#### **RESUMEN**

*Introducción.* Los lixiviados son el resultado de la percolación de líquidos a través de los desechos en proceso de estabilización (Méndez *et al.* 2009). Son líquidos que poseen elevadas cargas orgánicas biodegradables y recalcitrantes en concentraciones que varían en función de la edad del relleno sanitario. En general, los lixiviados jóvenes están más contaminados que los viejos; la DBO<sub>5</sub> puede alcanzar hasta 81000 mg/L para muestras jóvenes y 4200 mg/L para muestras viejas (Bashir *et al.* 2009). Los lixiviados estabilizados muestran los menores Índices de Biodegradabilidad (IB = DQO/DBO<sub>5</sub>) debajo de 0.1 (Kang *et al.* 2002; Rivas *et al.* 2005).

Para el tratamiento de lixiviados se han probado procesos biológicos, fisicoquímicos y combinaciones de ellos. Entre estos últimos, el proceso de adsorción ha mostrado prometedores resultados. Xing *et al.* (2008) probaron cuatro diferentes tipos de carbón activado: carbón activado granular (CAG) base madera, CAG base carbón, carbón activado en polvo (CAP) base madera y CAP base carbón para el tratamiento de lixiviado sintético de relleno sanitario. El CAP base carbón permitió la adsorción de una muy alta cantidad de materia orgánica (aproximadamente 54% en la remoción de COT).

Para el tratamiento de lixiviados, el carbón activado debe poseer propiedades tales como gran área superficial, ausencia de impurezas, diversos tamaños de poro, etc., debido a la gran diversidad de sustancias que posee. El objetivo del presente trabajo fue determinar el mejor carbón activado (polvo o granular) para el tratamiento de lixiviado viejo con el propósito de aumentar el IB.

*Metodología.* Se compararon dos tipos de carbones uno en polvo (CAP) y otro granular (CAG). Se probaron los dos carbones en sistema batch mezclando 50 ml de lixiviado con diferentes cantidades de CA (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 g), agitándolo durante una hora y posteriormente se determinaron la DQO y el color de los sobrenadantes. También se empacó una columna de 5.7 cm de diámetro y 58.8 cm de longitud con CAG. Se utilizó flujo ascendente y continuo para permitir un tiempo de contacto de 42.6 minutos. Se tomaron muestras del efluente de la columna en

diferentes tiempos para medir la concentración de DQO y color hasta llegar a la saturación del carbón activado (esto ocurre una vez que la concentración de DQO a la salida de la columna es igual a la concentración inicial). Con estos datos se elaboraron las curvas de ruptura para DQO y color, determinando la eficiencia de remoción del carbón en cada caso.

*Resultados y discusión.* El mejor carbón activado para la adsorción en batch fue el CAP, tanto para la remoción de DQO como de color, con los que se obtuvieron remociones de 89.29 de DQO y 98.23 de color. Las remociones para el ensayo en columna de adsorción fueron 86% para la DQO y de 91.7% para el color.

Con base en los resultados obtenidos en la columna de adsorción, ésta se colmató cuando se filtraron 42.6 L, valor con el que se calcularon los siguientes parámetros de diseño: kg DQO removida/kg de carbón 0.3824; litros de lixiviado/kg de carbón 62.25.

Los resultados del proceso de adsorción se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados del proceso de adsorción en columna

Parámetro	% Remoción	Parámetro	% Remoción
DQO total (mg/L)	89.74	SDT (mg/L)	71.87
DQO soluble (mg/L)	90.41	NT (mg/L)	81.95
DBO <sub>5</sub> total (mg/L)	30.34	N-NH <sub>3</sub> (mg/L)	80.47
DBO <sub>5</sub> soluble (mg/L)	22.08	CT (mg/L)	92.07
Color 455 nm (U Pt-Co)	92.44	Cl (mg/L)	28.69
ST (mg)	71.13	COT (mg/L)	93.88
SST (mg)	42.12		

El IB del lixiviado crudo fue de 0.084 mientras que el del lixiviado tratado fue de 0.42, lo que permitiría probar con éxito un tratamiento biológico para remover la carga orgánica remanente.

#### *Referencias*

- Bashir M., Isa M., Kutty S., Awang Z., Aziz H., Mohajeri S. y Farooqi I. (2009) Landfill leachate treatment by electrochemical oxidation. *Waste Management*, **29**, 2534-2541.
- Kang K.H, Sang S. y Park H. (2002) Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications. *Water Research*, **36**, pp. 4023-4032.
- Méndez R., Castillo E., Sauri M., Quintal C., Giacomán G. y Jiménez B. (2009) Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, **25** (3), 133-145.
- Rivas J. F., Beltrán F., Carvalho F., Gimeno O. y Frades J. (2005) Study of different integrated physical-chemical + adsorption processes for landfill leachate remediation.
- Xing W., Ngo H., Kim H., Guo W. y Hagare P. (2008) Physico-chemical processes for landfill leachate treatment: experiments and mathematical models. *Separation Science and Technology*, **43**, 347-361.



**UADY**

FACULTAD DE  
INGENIERÍA

"Luz, Ciencia y Verdad"

## **XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN 2 - 3 de octubre de 2014 Mérida, Yucatán, México.**

### **CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS POZOS DE ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA MÉRIDA I**

Julia G. Pacheco Avila<sup>1</sup>, Santos A. Cabrera Sansores<sup>1</sup>, José H. Osorio Rodríguez<sup>1</sup>,  
Santiago Capella Vizcaíno<sup>2</sup>, Elsa Noreña Barroso<sup>2</sup>, Flor E. Árcega Cabrera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. pavila@uady.mx

<sup>2</sup>Facultad de Química, UNAM. Unidad de Química, Sisal, Yucatán.

#### **RESUMEN**

El agua es indispensable para los ecosistemas y para la vida humana así como para el desarrollo económico. La actuación tan agresiva sobre el agua que ha habido durante décadas, como la industrialización, la densidad del hábitat y el uso creciente del agua que el progreso civilizador impone, convierten hoy el abastecimiento de agua en un problema permanente.

En el Estado de Yucatán la única fuente de abasto de agua es el agua subterránea, actualmente se estima que la explotación del acuífero para todos los usos no causa problema y que el principal riesgo sobre este recurso es el incremento en la contaminación del acuífero, altamente vulnerable, la cual puede tener dos orígenes: el antropogénico y el natural.

No obstante la importancia que tiene el agua subterránea para uso y consumo humano, no se conoce la calidad del agua con respecto a la mayoría de los parámetros señalados en la Normatividad, debido a la falta de recursos materiales y humanos. Es por esto, que este proyecto sumará esfuerzos de las instituciones involucradas para avanzar en el conocimiento de la calidad del agua actual, mediante la implementación de técnicas analíticas que permitirán las determinaciones de parámetros químicos especiales.

El objetivo de este trabajo fue definir la calidad química del agua subterránea en el campo de pozos Mérida I de la ciudad de Mérida (Figura 1). Para ello se realizaron 2 muestreos en los 25 pozos de abastecimiento y en los 5 pozos de observación, pertenecientes a la Mérida I. Los muestreos se llevaron a cabo durante los periodos de junio a noviembre de 2012 y durante el mes de marzo de 2013.

En cada sitio, se registró la ubicación del pozo y se recolectaron muestras de agua para la determinación de los parámetros químicos: dureza total y de calcio, alcalinidad, cloruros, sulfatos, nitratos, sodio, potasio, metales pesados y compuestos orgánicos volátiles, los cuales se llevaron a cabo siguiendo las técnicas descritas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. El control de

calidad para los iones mayores se realizó mediante el cálculo del balance de cargas y, para los metales pesados y compuestos orgánicos mediante estándares de referencia.

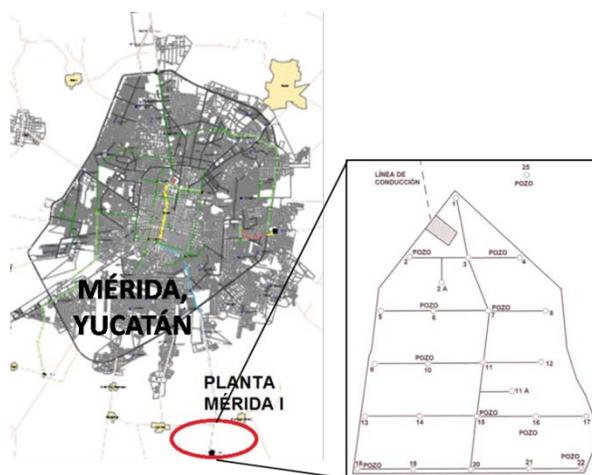


Figura 1. Localización del área de estudio

Los valores obtenidos de sulfatos, cloruros, dureza total, sodio y nitratos se compararon con la NOM-127-SSA1-1994 que establece los límites permisibles en el agua para consumo humano. Se realizaron análisis estadísticos y un análisis geoestadístico, para seleccionar el modelo teórico al que mejor se ajustaran los valores de los parámetros químicos; posteriormente, se realizó la interpolación de los puntos utilizando el método Kriging. En general, la calidad química del agua de los pozos de abastecimiento medida a través de los iones mayoritarios es buena ya que en pocas ocasiones se tuvieron concentraciones por arriba de lo establecido en la Norma Oficial Mexicana para aguas de consumo (NOM-127-SSA1, 1994). Con respecto a las determinaciones de compuestos orgánicos y metales pesados, se tuvo que con respecto a los compuestos orgánicos volátiles (COV's) en ningún caso se rebasó el límite establecido en la Norma Mexicana, lo cual se explica por su naturaleza hidrofóbica. Con respecto a los metales pesados, se determinaron las concentraciones de Cadmio, Cromo, Hierro, Zinc, Aluminio, Bario, Cobre, Manganeseo, Plomo, Arsénico, y Mercurio y los resultados mostraron que para algunos pozos, entre 3 y 5, las concentraciones de Plomo, Aluminio y Mercurio, estuvieron por arriba de los límites establecidos en dicha Norma.

Debido a que la Planta Mérida I se localiza en la Reserva Cuxtal, se sugiere no descuidar las medidas de control de uso de suelo en dicha Reserva, ya que si esto se logra, se tendrá una protección tanto para la Reserva Ecológica como para las fuentes de abastecimiento de agua.

**Reconocimientos:** Al Fondo Mixto CONACYT-COMEY-FOMIX GOBIERNO DEL ESTADO DE YUCATÁN, por el financiamiento del proyecto No. 131955.



## **XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN**

**2 - 3 de octubre de 2014**  
**Mérida, Yucatán, México.**

### **ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE FLUJO**

Carlos Zetina Moguel<sup>1</sup>, Ismael A. Sánchez y Pinto<sup>2</sup> Roger A. González Herrera<sup>1</sup>, Humberto Osorio Rodríguez<sup>1</sup>, Paola V. Chan Pech<sup>3</sup>, Freddy A. López Acosta<sup>3</sup> y Jessica M. Lezama Ramirez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Profesor Investigador del Cuerpo Académico de ingeniería Ambiental de la FIUADY.

<sup>2</sup> Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Hidráulica e Hidrología de la FIUADY.

<sup>3</sup> Estudiante de la Lic. en Ingeniería de la FIUADY.

### **INTRODUCCIÓN**

La red de flujo subterránea es la técnica más utilizada en estudios acerca del movimiento del agua subterránea, del transporte de contaminantes, interacción entre acuíferos y cuerpos de agua superficiales, etc. La construcción de una red de flujo se basa en la configuración de las cargas hidráulicas, las cuales se obtienen a través de la medición de la profundidad del nivel freático y de un estudio topográfico que permite conocer las elevaciones de los pozos (cota en un punto del brocal, por ejemplo). En acuíferos altamente transmisivos, tal como el acuífero de la planicie norte de la península de Yucatán, el gradiente hidráulico es pequeño y en él se han reportado valores de 3 a 10 mm/km. Estos valores pequeños en el gradiente hidráulico obligan a levantamientos topográficos de mucha precisión para establecer las cotas y en las mediciones del nivel freático. Por otra parte la medición de la profundidad del freático debe ser muy cuidadosa de tal manera que el error total de ambas mediciones sea menor a 3 mm por kilómetro. El objetivo de este trabajo fue la evaluación de la incertidumbre en las estimaciones de la carga hidráulica en pozos localizados en la Facultad de Ingeniería y en el campo experimental de pozos profundos utilizando equipos de nivelación electrónica y sonda eléctrica.

### **MÉTODO**

Dos campañas de nivelación topográfica fueron realizadas en 14 pozos (profundos y someros). El procedimiento fue diferente en cada campaña; en la primera no se evaluó el error durante el proceso de nivelación y en la segunda se evaluaba al nivelar cada punto y solo si el error en la lectura era menor o igual a 1 mm se continuaba con el proceso hasta finalizar. Se usó un nivel electrónico marca Leica para el estudio. El punto de referencia para el cálculo de la cota fue el banco de nivel del INEGI situado a la entrada de la Facultad de Ingeniería. La medición de la profundidad del nivel del agua a partir de la cota de cada pozo (11 pozos en el campo experimental de hidrología) se hizo, en tres fechas, en cada ocasión, con una sonda eléctrica graduada en metros y con una resolución de 1 mm. La profundidad

del nivel freático fue medido seis veces en forma independiente por cada uno de los operadores que midieron la profundidad del nivel freático para evaluar el error de observacional.

## RESULTADOS

Las diferencias en las mediciones de las cotas en el brocal de 3 pozos; 2 profundos y uno artesanal situados dentro de la Facultad de Ingeniería fue de entre 4.7 y 14.6 mm; en estas mediciones se usaron 27 puntos de nivelación. Como medida para controlar la variación en las mediciones se optó por establecer un criterio de diferencia máxima de 1 mm entre dos mediciones repetidas.

Las diferencias medidas para las cotas del brocal de los 8 pozos del campo experimental, realizadas con dos posiciones consecutivas del nivel electrónico, tuvo un promedio de 0.8 mm con un mínimo de 0.4 mm y un máximo de 1.3 mm.

Las mediciones independientes de la profundidad del nivel freático tomando como referencia la cota del brocal de los pozos fue en promedio de 1.55 mm con valores mínimos de 0 y máximos de 3 mm.

## DISCUSIÓN

Los Niveles electrónicos reportan desviaciones estándar de 0.7 a 1.5 mm por cada Km utilizando 2 corridas, sin embargo las mediciones realizadas durante este trabajo muestran una precisión en una sola corrida que hace imposible la detección de diferencias en la carga hidráulica tan solo a causa de la imprecisión de los levantamientos topográficos, que teóricamente, son del orden de 3 mm por kilómetro (0.03 mm por cada 10m). El camino para incrementar la precisión de los levantamientos en este trabajo consistió en la definición de una tolerancia de 1 mm para mediciones repetidas sobre cada cota del brocal de pozos: bajo estas condiciones las inferencias fundamentadas en los levantamientos de nivel tienen una mayor verosimilitud.

Si al problema de las mediciones de la cota se le suma la imprecisión debida a la medición de la profundidad del freático desde la cota del brocal de cada pozo que en el presente estudio va de 0 a 3 mm (con un promedio de 0.8 mm) y considerando profundidades del freático de 4.5931 m (promedio), entonces resulta difícil esperar que las mediciones de las cargas hidráulicas reflejen el sentido de los flujos subterráneos. En las mediciones de la profundidad del nivel freático la tecnología de la sonda eléctrica es una limitante ya que es difícil controlar el estiramiento de la cinta, sin embargo existen ya otras tecnologías que pueden incrementar la exactitud de las mediciones y su uso es lo más conveniente.

## CONCLUSIONES

Es necesario documentar las diferencias regionales de cargas hidráulicas en pozos situados en diferentes zonas de la planicie norte de Yucatán, esto con el fin de tener criterios de tolerancia aplicables a los levantamientos topográficos en la construcción de redes de flujo.

**Agradecimiento.** Este trabajo es parte de los resultados del proyecto FING-2013-0005 financiado por la Facultad de Ingeniería de la UADY.

**AGREGADOS CALIZOS COMO AGENTES DE CURADO INTERNO**

Rómel G. Solís-Carcaño<sup>1</sup>, Laura V. Terán-Marín<sup>2</sup> y Éric I. Moreno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. tulich@correo.uady.mx

<sup>2</sup>Estudiante de posgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán.

**RESUMEN**

El hecho de mantener al concreto en condiciones húmedas durante el mayor tiempo posible, después de su fabricación, es muy importante para la generación de productos sólidos de hidratación a partir de la reacción del cemento Portland con el agua. Lo anterior debe dar lugar a que la pasta de cemento endurecida tenga menor porosidad y permeabilidad, lo cual está directamente relacionado con una mayor resistencia del concreto ante cargas mecánicas, y con una mayor dificultad para la penetración de fluidos agresivos contenidos en el medio ambiente.

Desde finales del siglo XX, el curado interno del concreto ha sido un medio alternativo para proporcionar agua adicional a la que se requiere para mezclar los componentes sólidos de este material; con esto se busca que conforme se vaya agotando el agua de mezclado, el agua adicional sea una reserva que permita continuar el proceso de hidratación del cemento. Esta técnica de curado se ha utilizado, por lo general, adicionando al concreto una porción de agregados especiales, cuya característica principal es su gran capacidad para absorber agua; los agregados utilizados para realizar la función de agentes de curado interno pueden ser partículas pétreas livianas de origen natural, o bien elementos manufacturados artificialmente con estructura polimérica.

Para que el curado interno se produzca, el agua de reserva contenida en los agregados debe ser fácilmente evacuada, y así tener la posibilidad de combinarse químicamente con los compuestos del cemento. El flujo del agua de los agregados hacia la pasta inicia desde los poros más grandes de la matriz de cemento; y al vaciarse éstos, continúa con los poros de menor diámetro; cuando cierto diámetro de

poro límite es alcanzado, el agua no tiene la energía necesaria para ser cedida y finaliza el efecto del curado interno.

El estudio que se reporta en el presente escrito se llevó a cabo en Mérida, Yucatán, lugar en el que se utilizan agregados triturados de roca caliza para la fabricación del concreto. A diferencia de otros tipos de agregados —como los de rocas ígneas— los calizos presentan amplia variabilidad en sus características, debido a que provienen de sedimentos estratificados; los agregados típicos de la Península de Yucatán son, por lo general, altamente porosos y absorbentes.

Estudios anteriores, realizados en esta región y con ese tipo de materiales, mostraron que era posible que estos agregados estuvieran produciendo un curado interno en el concreto; lo anterior se apoyó en algunos experimentos en los que no se encontró diferencia significativa entre las medias de la resistencia a la compresión de probetas sometidas a curado estándar y a curado natural al medio ambiente; los resultados de estos experimentos también dieron lugar a especulaciones sobre el posible efecto de un curado natural en el concreto debido al clima húmedo.

El objetivo de la presente investigación fue conocer si los agregados calizos de la Península de Yucatán realizan la función de agentes de curado interno en el concreto. Para poner a prueba la hipótesis anterior, se aplicaron tres diferentes tratamientos de curado a probetas de concreto fabricadas en laboratorio: T1, curado por inmersión en agua; T2, curado natural al medio ambiente bajo sombra; y T3, curado en condiciones controladas de temperatura ( $22 \pm 0,5$  °C) y humedad relativa ( $60 \pm 5,0$  %).

Con el tratamiento T1 se buscó tener la condición óptima de humedad e hidratación en el concreto; con el tratamiento T2 se buscó limitar la humedad del concreto a la que pudiera obtener tanto del medio ambiente, como de la absorción de los agregados; y con el tratamiento T3 se buscó tener una condición de baja humedad ambiental, que forzara la liberación de la humedad de los agregados, es decir, el curado interno.

Los resultados mostraron que, para los concretos con agregados calizos que fueron estudiados, se alcanzó niveles de resistencia y porosidad similares, tanto en aquellos con curado estándar (T1), como aquéllos que fueron curados en ambientes natural (T2) y de baja humedad (T3); lo anterior se puede atribuir a un efecto de curado interno.

Por otro lado, la capa superficial de los concretos curados en ambientes natural (T2) y de baja humedad (T3) tuvieron un mayor nivel de permeabilidad, que aquéllos con curado estándar (T1); lo cual hace que los dos primeros, en términos de su durabilidad, sean considerados como concretos pobres, y hace evidente la importancia de los procesos de curado externo para que el concreto sea durable.

Finalmente, en el ambiente cálido subhúmedo, característico de la Península de Yucatán, no se observó el efecto de un posible curado natural en el concreto.

**LA INTEGRACIÓN ORGANIZACIONAL Y DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS HABITACIONALES DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN**

Gilberto A. Corona Suárez<sup>1</sup> y Pedro G. Salazar Sambrano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. csuarez@uady.mx

<sup>2</sup>Estudiante graduado de la opción Construcción del programa de Maestría en Ingeniería FIUADY.

**RESUMEN**

Debido a la significancia que tiene la integración de los procesos de diseño y construcción en el éxito de los proyectos de construcción, se creyó pertinente conocer de manera más precisa el grado de integración con el que se realizan estos procesos en México. Se realizó un estudio en Mérida, Yucatán, para determinar la integración organizacional y tecnológica que existe en las organizaciones dedicadas a la construcción. Se acotó el ámbito del estudio a las organizaciones dedicadas al desarrollo de proyectos habitacionales ya que, en el contexto estudiado, es común que una misma organización lleve a cabo varias de las etapas del proyecto, gracias a lo cual se podría observar una cierta integración de los procesos.

La integración organizacional se evaluó en términos de la colaboración que existe en dos diferentes dimensiones: la colaboración entre las diferentes funciones del proyecto (integración interfuncional), por ejemplo, entre las funciones de planear, diseñar, estimar, construir, supervisar, proveer, etc.; y la colaboración entre las disciplinas que intervienen (integración interdisciplinaria); por ejemplo, entre la arquitectura, la ingeniería estructural, la ingeniería eléctrica, la ingeniería mecánica, la estimación de costos, etc. Para poder medir el grado con el que una estructura organizacional facilita la integración de los procesos de diseño y construcción de un proyecto, se desarrolló un instrumento de evaluación que se apoya en un modelo organizacional ideal en el que las personas involucradas trabajan colaborativamente. Este modelo de organización ideal sirvió de referencia para comparar las organizaciones de un grupo de empresas dedicadas al diseño y construcción de proyectos habitacionales, y determinar sus grados de integración interfuncional e interdisciplinaria. El modelo organizacional ideal se formuló a partir del esquema de trabajo que propone el Esquema Integrado para el Desarrollo de un Proyecto (IPD,

por sus siglas en inglés), de acuerdo a como lo plantea el Instituto Americano de Arquitectos. El modelo organizacional formulado consiste en una matriz que describe cómo idealmente deben colaborar los participantes involucrados en la ejecución de las actividades de gestión que se llevan a cabo durante las diferentes etapas de un proyecto de edificación, especialmente las de diseño y construcción. La elaboración de esta matriz se apoyó en el plan de trabajo propuesto por el Instituto Real de Arquitectos Británicos, con el fin de identificar las etapas, actividades y participantes en un proyecto.

Por otro lado, la integración tecnológica se evaluó en términos de la capacidad que tienen las tecnologías de la información utilizadas por las organizaciones para facilitar la integración de los procesos de diseño y construcción realizados como parte del proyecto. Dicha capacidad se determinó con respecto a cuatro dimensiones: formato de almacenamiento de la información, medio de transferencia de datos e información, dimensiones de la información en modelos gráficos, y actualización oportuna de la información.

Veintiuna organizaciones participaron en este estudio, con las cuales se obtuvieron resultados que evidenciaron la baja integración organizacional con la que se realizan los proyectos habitacionales en Mérida. El índice de integración interdisciplinaria promedio reportado en las etapas de diseño de los proyectos fue 30.2%, mientras que en las etapas de construcción resultó 29.7%, con respecto a lo que sugiere el modelo de estructura organizacional ideal.

En cuanto a las tecnologías de la información empleadas en las empresas estudiadas, se concluyó que en promedio poseen una capacidad media para facilitar la integración de los procesos de gestión de los proyectos habitacionales, respecto a las cuatro dimensiones propuestas en esta investigación. Sin embargo, se observó que la tecnología empleada en una empresa puede presentar capacidades distintas en sus dimensiones. Por ejemplo, se encontró que el medio de transmisión de la información resultó ser la dimensión con mejor desempeño en las empresas estudiadas, pero por otro lado, el formato en que se registran los datos tiene limitaciones para integrar los procesos de un proyecto.

Se observó también una mayor capacidad de integración en las tecnologías empleadas en las etapas de diseño que en las etapas de construcción. Las etapas del diseño de un proyecto en las que se emplean tecnologías con una mayor capacidad integradora son: “desarrollo de propuestas de diseño” y “propuestas finalizadas”, que son las etapas donde se registra y procesa una mayor cantidad de información. Por otro lado, la tecnología empleada en las etapas de construcción de los proyectos presentó una baja capacidad de integración en comparación con la empleada en las etapas del diseño.

**DISEÑO DE UNA GUÍA DE EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SUSTENTABILIDAD DE  
UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

José Humberto Loría Arcila, Teresa Esther Ramírez Ortigón

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. [jose.loria@uady.mx](mailto:jose.loria@uady.mx),  
[teresa.ramirez@uady.mx](mailto:teresa.ramirez@uady.mx)

**RESUMEN**

La sustentabilidad es hoy un tema presente en nuestra vida diaria, por lo que es común oír que se promuevan o anuncien comercialmente viviendas o desarrollos urbanos sustentables. La vivienda ha sido siempre una necesidad básica para el ser humano, es el espacio en el cual se siente protegido del mundo exterior, es su lugar para convivir con la familia, descansar y estar seguro. Sobre estos dos temas primordiales trata este trabajo de investigación.

El objetivo general fue: Diseñar una guía que permita a los constructores, diseñadores y al usuario final, evaluar el nivel de sustentabilidad de una vivienda de interés social. El contexto considerado fue la ciudad de Mérida, México.

El término evaluar necesariamente implica el concepto de medición, por tanto en la elaboración de la guía se siguió el paradigma cuantitativo. Sin embargo, como el concepto de sustentabilidad sigue teniendo diferentes acepciones, interpretaciones y formas de seguirla o implementarla, tanto entre los académicos como entre los profesionales, también se consideró el paradigma cualitativo.

La valoración cuantitativa se determinó con base en el peso numérico de cada uno de los criterios seleccionados para el diseño de la guía. Criterios tales como prácticas locales, costumbres y aspectos culturales de Mérida, México, entre otros, requirieron de un discernimiento "cualitativo" sobre cuáles reflejaban mejor el parámetro a medir.

Durante el proceso se analizaron diversos documentos nacionales e internacionales, que contienen criterios de sustentabilidad generales y particulares. Se evaluó cuáles de estos criterios y/o prácticas podían ser aplicables en Mérida, considerando: clima,

localización, aplicabilidad, procesos constructivos, aspectos culturales y de costumbre de sus habitantes. Asimismo se integraron las prácticas de nuestros ancestros que han demostrado ser sustentables, tales como: techos altos, ventilación cruzada, ventanas amplias, vegetación alrededor de la casa, pisos de mosaico de pasta, recolección de agua lluvia; apoyando la selección en los diversos instrumentos analizados y en las opiniones de expertos recopiladas durante el desarrollo de la investigación.

Los criterios seleccionados se clasificaron en siete categorías:

- 1 Diseño arquitectónico bioclimático
- 2 Uso eficiente de la energía
- 3 Uso eficiente del agua
- 4 Uso de materiales que no dañen al ambiente
- 5 Conservación de la vegetación
- 6 Disposición de residuos sólidos
- 7 Sentido de pertenencia y costumbres regionales

Para establecer el peso de cada categoría se utilizó el método Delphi. Esta técnica de investigación se basa en un proceso de comunicación grupal a través de encuestas, en las que los participantes permanecen en el anonimato. Es un método efectivo pues permite, a un grupo de individuos, trabajar como un todo para resolver un problema complejo.

Una vez definido el peso en puntos para cada categoría, se establecieron los criterios y prácticas sustentables aplicables a cada una de ellas. Estos criterios y prácticas fueron establecidos en forma de preguntas y los puntos totales de cada categoría se distribuyeron de manera proporcional. La suma del total de las categorías (100 puntos) se utilizó para determinar el nivel de sustentabilidad con que contaba cada vivienda evaluada.

La administración de la guía se realizó en 34 viviendas localizadas en 9 desarrollos habitacionales. Los resultados encontrados en las viviendas fueron: 45.2 puntos como mínimo y 61.1 puntos como máximo, en una escala de 100, éstos se compararon con tres diferentes niveles mínimos de sustentabilidad a nivel nacional: a) Comisión Nacional de Vivienda - CONAVI, b) Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (GPEDUIS) y c) Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza. Solamente 3 viviendas (8.8%) cumplieron el mínimo de 60 puntos establecido por la CONAVI.

**CAUSAS DE FALLAS CONSTRUCTIVAS PRESENTADAS EN PROYECTOS DE VIVIENDA**

Selene A. Audeves-Pérez<sup>1</sup>, Rómel G. Solís-Carcaño<sup>1</sup>,  
Sergio O. Álvarez-Romero<sup>1</sup>, Abelardo Martínez-Álvarez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. [selene.audeves@correo.uady.mx](mailto:selene.audeves@correo.uady.mx)

**RESUMEN**

Actualmente se llevan a cabo acciones tales como el estudio de las necesidades de calidad de los clientes, revisión detallada del diseño de los proyectos, pruebas del producto, análisis de quejas, entre otras; las cuales son utilizadas para elevar la calidad de las viviendas. Sin embargo, dichas acciones no han sido del todo satisfactorias, ya que la mayoría de las empresas en el ramo de construcción masiva de viviendas, no le prestan la debida importancia a la mejora de las prácticas para incrementar la calidad de las mismas.

Lo anterior trae como consecuencia que las fallas de construcción continúen presentándose en una tasa creciente ocasionando lesiones y pérdidas financieras a las diferentes partes involucradas en la realización de los proyectos de construcción.

En un estudio se indica que existen demasiados recursos de información acerca de cuáles son los tipos de fallas de construcción, pero puntualizan que hay escasa información sobre técnicas de investigación que permitan obtener las causas que generan la aparición de dichas fallas.

Ante lo anterior, y partiendo de los resultados obtenidos en otro estudio acerca del tipo y frecuencia de ocurrencia de las fallas más comunes, se desarrolló la presente investigación, cuyo objetivo principal fue identificar las causas de fallas constructivas que se presentan en proyectos de viviendas en la ciudad de Mérida, Yucatán, México.

En base al objetivo del estudio se analizó un desarrollo de viviendas de tipo económico que estuviera en la etapa de construcción, en donde se realizaron observaciones directas a la forma en cómo se llevan a cabo las tareas involucradas durante la edificación de 15 viviendas; así como también, las interacciones que

existen entre el personal de campo y el de la empresa constructora. Para la realización de las observaciones se elaboró un Instrumento en base a un listado de fallas más comunes que se presentan en la construcción masiva de viviendas en la Ciudad de Mérida, Yucatán; así como, la información de los procedimientos que se llevan a cabo en obra para realizar la construcción de las viviendas, ambos recursos fueron tomados de estudios anteriores. Además, se definieron 5 categorías para clasificar el origen de las causas de las fallas: Diseño, especificaciones, mano de obra, supervisión y organización de la empresa.

Los resultados obtenidos mostraron que las mayoría de las causas de las fallas recae principalmente en la organización de la empresa (42%), esto debido a la falta de comunicación constante y pertinente entre la residencia de obra y personal obrero, lo cual no permite realizar asignaciones y directrices adecuadas de ejecución de las actividades a los distintos grupos especializados para lograr su programación, seguimiento y verificación en obra; el siguiente sitio referente a la cantidad de causas de fallas se le atribuye a la falta de supervisión de la residencia de obra (38%) a los puntos críticos de los procedimientos constructivos y trabajos terminados de acuerdo a especificaciones del proyecto, esto por parte de la residencia de obra.

En la categoría correspondiente a la organización de la empresa, se concentró el mayor número de causas de fallas, donde la más representativa resultó ser “pagar trabajos sin ser verificados” (36%), seguida de “las deficiencias en la logística del suministro de materiales” (15%); esta última corresponde a la puesta en obra de los distintos materiales, los cuales en ocasiones no cumplen con lo especificado en el proyecto, o bien, son entregados fuera de tiempo. Dichos problemas tienen su origen desde la oficina central en los departamentos de compras, costos y construcción.

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten establecer las siguientes conclusiones:

La mayoría de las causas de fallas constructivas presentadas en proyectos de vivienda recaen en las categorías de organización de la empresa y falta supervisión por parte de la residencia de obra.

Las causas de fallas constructivas más representativas que se presentan en los proyectos vivienda son:

- La falta de un método en donde se verifiquen los trabajos antes de ser pagados.
- La falta de entrega de planos y especificaciones del proyecto a personal obrero para la ejecución de los trabajos
- Los problemas en la logística del suministro de materiales, en la programación y en el seguimiento de actividades.

## **APLICACIÓN DE BIM PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS**

Sergio O. Alvarez<sup>1</sup>, Guillermo F. Salazar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. [aromero@uady.mx](mailto:aromero@uady.mx),

<sup>2</sup>Worcester Polytechnic Institute, USA. [salazar@wpi.edu](mailto:salazar@wpi.edu)

### **RESUMEN**

El presente documento describe la investigación sobre la aplicación de la tecnología de Modelado de Información de Construcción (BIM por sus siglas en inglés) para la operación y mantenimiento (OM) de edificios. El contexto de la investigación son los campus universitarios en los Estados Unidos de Norteamérica.

Mantener espacios de trabajo en las condiciones óptimas, impacta de manera positiva en la productividad de las actividades que se realizan en dichos espacios. La OM de edificios es frecuentemente la etapa más larga y costosa dentro del ciclo de vida del proyecto. Una de las claves para la adecuada OM de edificios radica en contar con la información adecuada para la toma de decisiones; el ¿qué?, ¿cómo? y ¿cuándo? son algunas de las preguntas que deben de contestarse con información para poder operar y mantener un edificio. La información necesaria para la OM de edificios tiene su origen desde las etapas tempranas del ciclo de vida del edificio, información que se genera desde el diseño esquemático es de utilidad durante toda la etapa de OM, esta información se va complementando en las subsecuentes etapas del proyecto hasta finalizar la construcción, que es cuando el paquete completo de información es transferida al dueño junto con el edificio.

Actualmente las etapas del proyecto tienen poca integración, especialmente entre el diseño y la construcción, lo que ocasiona que mucha de la información de la etapa anterior se pierda y un esfuerzo adicional se tenga que hacer para recuperarla. Al finalizar la construcción esta información es comúnmente entregada como un paquete de documentos impresos o en una versión digital de éstos. La información contenida en estos paquetes incluye las versiones finales de los planos del edificio que deben reflejar el estado del edificio como se construyó; especificaciones de los equipos instalados, con números de serie, marca, modelo etc.; manuales de OM de los sistemas que componen el edificio; reportes de las inspecciones y verificaciones hechas posterior a la instalación de los sistemas; reportes de arranque de los

sistemas del edificio; y garantías de los sistemas instalados en el edificio. Cuando los departamentos encargados de dar mantenimiento a estos edificios transfieren esta información a los sistemas que utilizarán para administrarla invierten una gran cantidad de recursos y puede llevar hasta seis meses para completar esta tarea. Este proceso es fundamental ya que esta información es utilizada para planear y controlar la operación y mantenimiento del edificio.

La emergente tecnología BIM basa su potencial en la representación tridimensional del edificio y la información no gráfica que puede integrarse a los elementos representados. BIM se presenta como la herramienta adecuada para promover y facilitar la integración de las etapas del proyecto, además de ofrecer una fuente de información centralizada que facilita la organización de información así como la verificación de su integridad.

La presente investigación se basó en la realización de casos de estudio para entender el proceso de OM de edificios; la información que utiliza; y proponer y verificar la aplicación de BIM para integrar la información que se genera durante las etapas de diseño y construcción y facilitar la entrega de esta información al final de la etapa de construcción. La propuesta contempla la creación de una versión del modelo BIM para su utilización durante la etapa de operación y mantenimiento.

La propuesta integra los resultados de los casos de estudio en un marco de referencia siguiendo los lineamientos de un Manual de Entrega de Información (IMD por sus siglas en inglés) y cumple con el estándar de las Clases Fundamentales de la Industria (IFC por sus siglas en inglés) para facilitar la independencia del software BIM que se utilice en las etapas de diseño y construcción y superar los problemas de interoperabilidad entre software, así como facilitar el soporte de futuras versiones del software.

El marco de referencia propone un flujo de trabajo que puede iniciar desde la etapa del diseño conceptual; identifica qué información se genera en cada etapa; propone cómo organizarla e integrarla al modelo BIM; especifica cómo hacer las transferencias de información entre etapas; define los formatos y estándares para la información; especifica el nivel de desarrollo de los modelos BIM durante el ciclo de vida; y propone cómo utilizar el modelo en la etapa de OM. Se enfoca en los dos principales procesos de la etapa de OM, que son la administración de espacios y la OM de los sistemas de los edificios.

La propuesta contempla también un flujo de trabajo para edificios existentes, que incluye un método detallado para la creación del modelo BIM utilizando la tecnología al alcance de acuerdo a las posibilidades de la organización.

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA ESTRUCTURAL PARA LA REHABILITACIÓN DEL  
TEMPLO DE DZIDZANTÚN**

Edgar Heriberto Uc Mejía<sup>1</sup>, Roberto de la Cruz Centeno Lara<sup>1</sup>,  
Mauricio Gamboa-Marrufo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. gmarrufo@uady.mx

**RESUMEN**

Las estructuras del patrimonio arquitectónico e histórico, por su propia naturaleza e historia, plantean desafíos específicos en el diagnóstico y la restauración de sus elementos estructurales que limitan la aplicación de las normas y reglamentos actuales sobre edificación.

Esta investigación fue orientada a la aplicación de la ingeniería estructural en el campo de los edificios históricos y tuvo como objetivo principal, la evaluación estructural del Templo de Santa Clara en Dzidzantún, Yucatán y la propuesta estructural de una nueva bóveda de cañón para su reconstrucción.



Figura 1. Fachada delantera y trasera del ex-convento y Templo de Santa Clara en Dzidzantún, Yucatán. Vista interior y exterior de la cubierta de la nave longitudinal.

Mediante equipo de medición especializado, se hizo el relevamiento de los principales elementos estructurales que conforman a este edificio histórico para conocer la configuración deformada y poder realizar un diseño estructural de la bóveda de cañón, cuya forma se adaptase a las condiciones actuales del Templo.

Por ser patrimonio histórico y cultural, se evaluó que los incrementos de los esfuerzos y las reacciones en la base del edificio, debido a la cargas generadas por la nueva estructura, se mantuviera dentro de los márgenes de seguridad del inmueble y no comprometieran a la estructura a una posible falla estructural.

Como parte de la metodología del estudio de este edificio histórico, se usaron las herramientas computacionales que estuvieron disponibles para facilitar los procesos de cálculo necesarios y lograr una correcta interpretación de los resultados.

La propuesta estructural de la bóveda de cañón consistió en un falso plafón curvo de Tabla-cemento con espesor de  $\frac{1}{2}$ " (1.27 cm) sostenido por un sistema de arcos metálicos apoyados sobre los muros laterales. En total fueron diseñados 20 arcos con una separación de 2.40 m.

Del relevamiento de la verticalidad de los muros, se concluyó que, en la actualidad, el Templo de Dzidzantún presenta una distorsión máxima de 4% en el muro lateral sur (MLS) cerca del centro de la nave longitudinal ocasionada por los empujes de la bóveda de cañón corrido original.

A pesar de que esta estructura se encuentra deformada, no presenta riesgo de un colapso inminente ni siquiera tomando en cuenta las acciones generadas por el nuevo plafón.

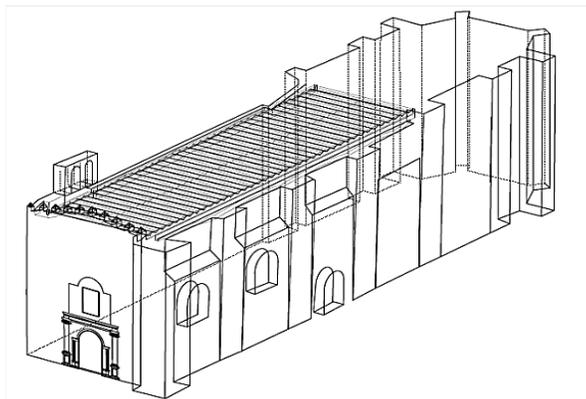


Figura 2. Modelo geométrico tridimensional del templo de de Santa Clara en Dzidzantún, Yucatán.



**UADY**  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA

"Luz, Ciencia y Verdad"

## **XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN**

**2 - 3 de octubre de 2014**  
**Mérida, Yucatán, México.**

### **RESISTENCIA DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA SUJETOS A CARGAS FUERA DEL PLANO Y CARGAS AXIALES**

Jorge L. Varela Rivera<sup>1</sup>, Manuel Polanco May<sup>1</sup> y Luis E. Fernández Baqueiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. [vrivera@uady.mx](mailto:vrivera@uady.mx)

#### **RESUMEN**

En este trabajo se evalúa el comportamiento de muros de mampostería confinada sujetos a combinaciones de cargas fuera del plano y cargas axiales. Se consideraron tres muros con una geometría de 3.67 m x 2.71 m. La variable de estudio fue la carga axial. Los muros se construyeron utilizando bloques huecos de concreto con dimensiones nominales de 0.15 m x 0.20 m x 0.40 m (espesor x altura x longitud). El confinamiento de los muros consistió en cadenas y castillos de concreto reforzado con una sección transversal de 0.15 m x 0.20 m. Se consideraron para los muros apoyos simples en toda la periferia. Los muros se ensayaron aplicando carga axial constante e incrementos de presiones uniformes fuera del plano hasta alcanzar la falla. La carga axial se aplicó utilizando actuadores hidráulicos. La carga fuera del plano se aplicó utilizando dos bolsas de aire. Se reportan los patrones de agrietamiento, las curvas presión-desplazamiento horizontal de los muros y presión-desplazamiento vertical de las cadenas superiores, así como los mecanismos de falla observados. Los patrones de agrietamiento finales de los muros se presentan en la Figura 1. Las curvas presión-desplazamiento horizontal fuera del plano se presentan en la Figura 2.

Con base en los resultados de este trabajo se concluye que la resistencia máxima fuera del plano de los muros estudiados fue al menos tres veces mayor que la resistencia de agrietamiento; por lo tanto, sería conservador determinar la resistencia máxima de los muros de mampostería utilizando criterios elásticos asociados al primer agrietamiento. Al aumentar la carga axial se incrementa la resistencia máxima fuera del plano de los muros. Dicho incremento se limita por la resistencia a compresión axial de la mampostería. El muro sin carga axial falla por inestabilidad, mientras que los muros con carga axial fallan por aplastamiento de la mampostería. La diferencia está asociada a la restricción al desplazamiento de la cadena superior de los muros con carga axial.

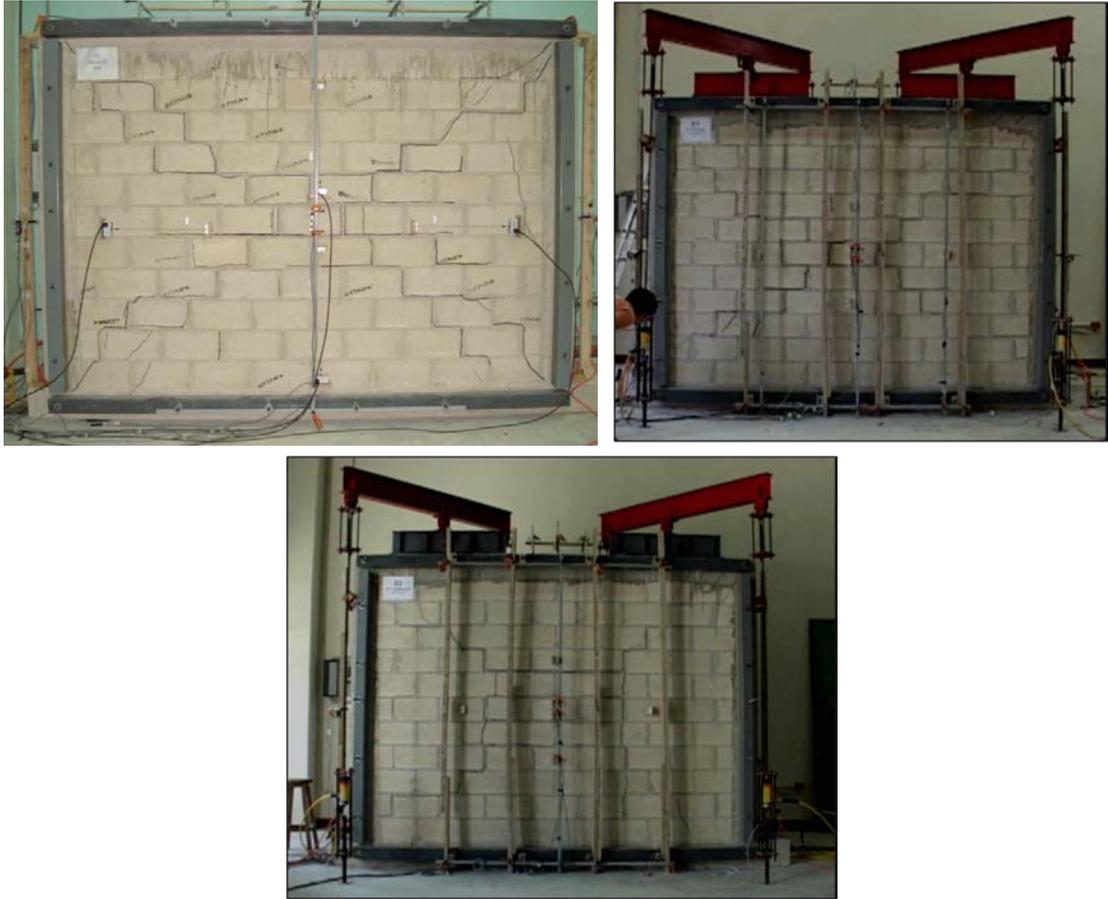


Figura 1 Patrón de agrietamiento final de los muros

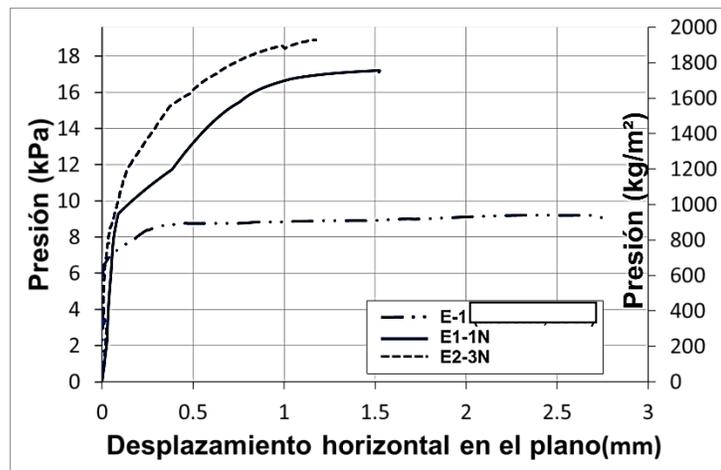


Figura 2 Curvas carga-desplazamiento horizontal fuera del plano de los muros

**Reconocimientos:** Este proyecto fue financiado por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) a través del proyecto “Reducción de la Vulnerabilidad de Estructuras de Mampostería y Puentes ante Riesgos Naturales”.

**RESISTENCIA DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA SUJETOS A CARGAS EN EL PLANO**

Luis E. Fernández Baqueiro<sup>1</sup>, Melchor I. Sosa Moreno<sup>1</sup>, Eric E. Raygoza Luna<sup>1</sup> y Jorge L. Varela Rivera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. luis.fernandez@uady.mx

**RESUMEN**

La mampostería confinada es ampliamente utilizada en México para la construcción de edificaciones. En este tipo de mampostería primero se construye el muro de mampostería simple y posteriormente se refuerza en la periferia con elementos de concreto reforzado. La resistencia de los muros de mampostería confinada depende del tipo de pieza, el área de la sección transversal del muro, la relación de aspecto del muro (altura entre longitud del muro), la carga axial del muro, el armado en los elementos confinantes del muro, la presencia y el tamaño de aberturas en el muro, entre otros. La mayoría de los estudios experimentales de muros de mampostería confinada se han realizado considerando muros cuadrados de piezas de arcilla, ya sean sólidas o multiperforadas. Sin embargo, en la región sureste del país se emplean bloques huecos de concreto. Adicionalmente, la relación de aspecto de los muros cambia de acuerdo con las características particulares del proyecto.

El objetivo de este trabajo de investigación es evaluar el comportamiento de muros de mampostería confinada de bloques huecos de concreto, sujetos a cargas laterales en su plano mediante el ensaye de muros a escala natural. Se diseñaron y construyeron cuatro muros a escala natural con relación de aspecto de 1.17 (muro M1 y M2) y 1.82 (muro M3 y M4) y una altura de 2.66 m. Las variables de estudio fueron la relación de aspecto y la carga axial del muro. Los muros se construyeron con bloques huecos de concreto de tres celdas verticales de dimensiones nominales de 120x200x400 mm (ancho x altura x longitud). Los bloques provenían de un mismo lote de fabricación. La planta de fabricación se localiza en el Municipio de Mérida. Se consideró un mortero en proporción por volumen 1:2:7 (cemento Portland : cal : arena) y un espesor promedio de junta de 10 mm. Se determinó la resistencia a compresión axial de los bloques, mortero, concreto y mampostería, así como el

módulo de elasticidad, el módulo de cortante y la resistencia a compresión diagonal de la mampostería. Los muros se ensayaron con carga axial constante y ciclos de carga lateral cíclica reversible de acuerdo con el protocolo de carga propuesto en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Distrito Federal.

En la Figura 1 se presenta una curva de histéresis típica obtenida del ensaye experimental de un muro. La resistencia a cortante experimental de los muros M1, M2, M3 y M4 fue de 6.19 ton, 7.09 ton, 3.4 ton y 4.09 ton, respectivamente. Se propone la ecuación 1 para determinar la resistencia a cortante ( $V_{agr}$ ) de los muros de mampostería. Esta ecuación es función de la resistencia a compresión diagonal de la mampostería ( $v_m$ ), el inverso de la relación de aspecto del muro ( $\alpha$ ), el área de la sección transversal del muro ( $A_T$ ) y la carga axial del muro ( $P$ ).

$$V_{agr} = 0.46(v_m)(\alpha)(A_T) + 0.3P \quad \text{Ec. 1}$$

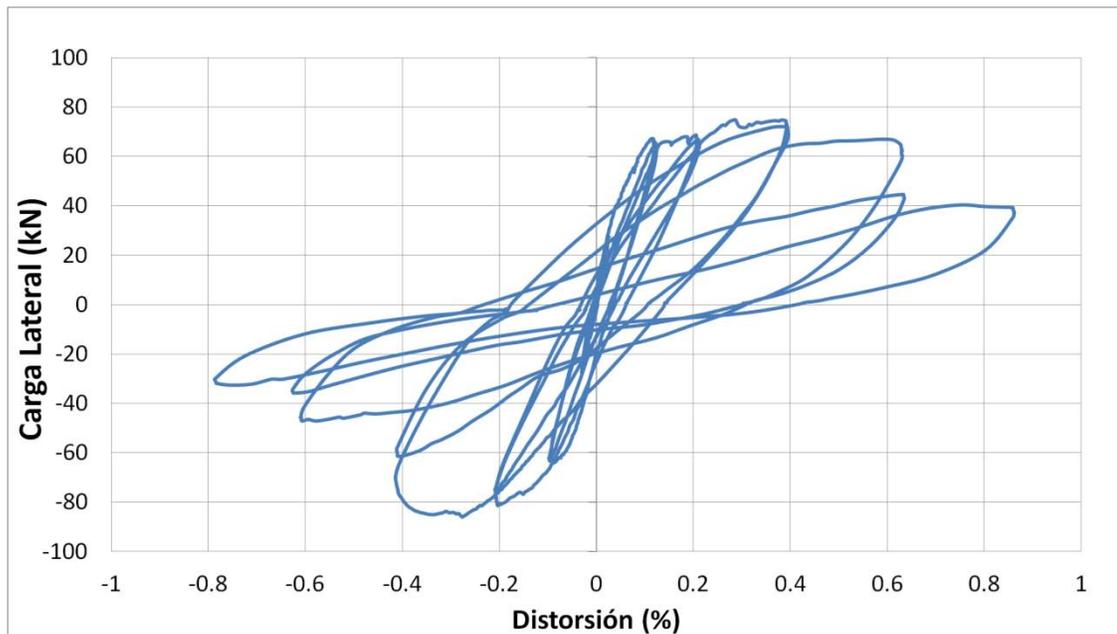


Figura 1. Curva de histéresis del muro M1

Con base en los resultados de los muros ensayados en esta investigación y por Raygoza en el 2012, se concluye que la ecuación 1 ajusta de manera satisfactoria los resultados experimentales de la resistencia a cortante de los muros de mampostería confinada. La resistencia a cortante disminuye conforme se incrementa la relación de aspecto.

**Reconocimientos:** Este proyecto fue financiado por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) a través del proyecto “Reducción de la Vulnerabilidad de Estructuras de Mampostería y Puentes ante Riesgos Naturales”.

**EFFECTO DE LA RELACIÓN A/C EN LA CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN  
PROBETAS DE CONCRETO EXPUESTAS EN CHABIHAU Y DZILAM BRAVO**

Eric I. Moreno<sup>1</sup>, Rómel G. Solís Carcaño<sup>1</sup>, Alain L. Conrado Palafox<sup>1</sup> y Manuel A. Aguilar Alquicira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. emoreno@uady.mx

**RESUMEN**

Entre los fenómenos que afectan la durabilidad del concreto reforzado, la corrosión del acero de refuerzo es la más importante. Esto es más notorio en las construcciones ubicadas en la costa, en donde el embate de la brisa marina arrastra pequeñas gotas de agua de mar la cual es depositada en la superficie de los elementos de concreto. Una vez depositada, el agua salada puede penetrar por absorción capilar si los poros del concreto están semi secos, o por difusión si los poros se encuentran saturados, o por un efecto combinado. Una vez en el interior del concreto y pasado el efecto de la absorción capilar, los cloruros del agua salada se moverán por difusión hacia las zonas de menor concentración, alcanzando eventualmente la superficie del acero de refuerzo. Los cloruros atacarán la superficie del acero de refuerzo, despasivando dicha superficie e iniciando el proceso de corrosión del acero.

Estudios previos en el puerto de Progreso han mostrado que la depositación de cloruros es muy alta en la zona, pero no se tienen estudios en otras partes del litoral yucateco norte. Estudios de campo mostraron una alta concentración en elementos de concreto del puerto de Chabihau, pero éstos fueron atribuidos al efecto de los huracanes Gilberto e Isidoro que causaron inundaciones en la zona. Por otra parte, la mayoría de las construcciones se han realizado siguiendo sólo los requisitos de resistencia mecánica sin prestar atención a los requisitos de durabilidad. Esto ha resultado en un mayor número de daños a los esperados con un buen diseño de mezclas.

El objetivo de este trabajo de investigación fue demostrar el efecto de la relación agua – cemento en la penetración de cloruros en el concreto. Con esto se pretendió

demostrar el efecto de un diseño de mezclas adecuado a la agresividad del ambiente costero, así como confirmar que las altas concentraciones observadas en el puerto de Chabihau son debidas a las inundaciones provocadas por los huracanes pasados.

Se seleccionó como lugares de exposición los puertos de Chabihau y Dzilam Bravo, ya que en estos lugares se realizó la investigación de campo en un estudio previo. En dichos puertos se ubicaron casas enfrente del mar en donde se expusieron probetas de concreto simple de 15 x 15 x 20 cm en las azoteas. Las probetas colocaron de frente al mar para garantizar su exposición a la brisa marina. Se seleccionaron tres relaciones a/c de 0.5, 0.6 y 0.7. La primera representativa de un adecuado diseño mínimo para ambientes marinos, la segunda y la tercera representativas de un diseño por resistencia para edificios de concreto y viviendas a base de mampostería de block confinada con elementos de concreto reforzado, respectivamente. Después de coladas, las probetas fueron curadas por 28 días por inmersión en el laboratorio antes de ser llevadas a la costa para su exposición.

Las probetas fueron expuestas por tres años en el puerto de Chabihau y por cuatro años y medio en el puerto de Dzilam Bravo antes de ser retiradas para la determinación de cloruros. Se obtuvieron muestras de concreto pulverizado en dos diferentes probetas de la misma a/c a cada cm hasta alcanzar 6 cm de profundidad. Una vez obtenida la muestra en polvo fue secada al horno y procesada mediante una digestión ácida para que libere los cloruros. Posteriormente se determinó la concentración mediante una titulación electroquímica a base de nitrato de plata y electrodo selectivo de iones de plata. Finalmente se obtuvo el coeficiente de difusión ajustando el perfil de cloruros con ayuda de la Segunda Ley de Fick. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de Difusión,  $\text{cm}^2/\text{s}$

Relación agua/cemento	Dzilam Bravo 4.5 años	Chabihau 3 años	Progreso <sup>†</sup> 1 año
0.7	$4.14 \times 10^{-08}$	$4.72 \times 10^{-08}$	$10.2 \times 10^{-08}$
0.6	$2.63 \times 10^{-08}$	$3.29 \times 10^{-08}$	--
0.5	$1.78 \times 10^{-08}$	$1.75 \times 10^{-08}$	$3.93 \times 10^{-08}$

<sup>†</sup>Cua Cuevas R. A., 2010, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

Con base en los resultados se confirma que a mayor relación agua-cemento mayor es la concentración de cloruros y mayor es el coeficiente de difusión. Asimismo, se confirma que el puerto de Chabihau tiene un ambiente ligeramente más agresivo que el del puerto de Dzilam Bravo, pero mucho menos agresivo que el del puerto de Progreso. Se confirma también que los especímenes con relación a/c de 0.5 presentan un riesgo insignificante para el inicio de la corrosión, pero aquellos con relación a/c de 0.6 y 0.7 se encuentran en el rango de riesgo posible lo que a su vez confirma la necesidad de diseñar por durabilidad en ambientes agresivos.

## **CONTACTOS CONDUCTORES TRANSPARENTES EN MULTICAPAS**

Milenis Acosta, Inés Riech

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. adiaz@uady.mx

### **RESUMEN**

Con el desarrollo creciente de los dispositivos optoelectrónicos tales como: celdas solares, diodos emisores de luz, dispositivos con pantallas planas, etc., los contactos conductores transparentes en forma de óxido (TCO) se han convertido en un área de investigación intensiva. La función de los TCOs es proveer una ventana transparente para la transmisión de la luz y un medio de transporte para las corrientes. Los TCOs son responsables de pérdidas significativas en el desempeño de estos dispositivos. La mayoría de estos efectos no deseados pueden ser reducidos durante la etapa de fabricación del TCO. El control de los parámetros de crecimiento para obtener TCOs de alta calidad es un reto científico y tecnológico para la ciencia de materiales. Las tecnologías aplicadas actualmente ofrecen un control limitado sobre estos aspectos. Por lo tanto existe una demanda creciente de investigación en materiales y tecnologías de bajo costo para la producción masiva de TCOs de alta calidad.

Actualmente los TCOs más usados son  $\text{In}_2\text{O}_3$  dopado con Sn (ITO),  $\text{SnO}_2$  dopado con F (FTO). En los últimos años se incrementado la investigación aplicada y elemental sobre los TCOs en multicapa, en particular para los sistemas que no contienen indio, que es un elemento escaso y por lo tanto costoso. El óxido de zinc dopado con aluminio (AZO) posee un alta transmitancia óptica en el rango UV-Visible y buenas propiedades eléctricas, que mejoran sustancialmente al formar una estructura con AZO y una delgada capa metálica [1-3]. En este trabajo se estudian las propiedades optoelectrónicas del TCO en multicapa AZO/Ag/AZO variando el espesor de la Ag.

Las películas de AZO y Ag fueron crecidas sobre vidrio Corning 2947, empleando un sistema de sputtering INTERCOVAMEX-V3. Se emplearon blancos de  $\text{ZnO}:2\%$  at.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y uno de Ag. El proceso de crecimiento fue realizado en una atmósfera gaseosa compuesta de argón de alta pureza. Las propiedades estructurales fueron estudiadas empleando la técnica de difracción de rayos X en un equipo Siemens D500. Para el estudio de la morfología de las películas se empleó un microscopio de fuerza atómica Nanosurf. El espesor de las películas se determinó empleando un

Thin Film Analyzer. Las propiedades ópticas se determinaron en un espectrofotómetro Agilent 8453 UV-Vis. Las mediciones eléctricas se realizaron en un sistema Hall ECOPIA HSM 5000.

En la figura 1 se muestran la transmitancia y la resistividad eléctrica para el sistema AZO/Ag/AZO en función de la variación del espesor de Ag desde los 2 a los 9 nm. Las películas de AZO tiene un espesor de 20 nm. Se observa que la transmitancia óptica es superior al 70 % y que la resistividad decrece desde  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  ohm cm at 302 K con el aumento del espesor de Ag. El mejor resultado se obtuvo para un espesor de Ag de 9 nm que permitió obtener una resistividad de  $2.81 \times 10^{-5}$  ohm. Este decrecimiento de la resistividad puede ser atribuido al debilitamiento de la dispersión en las fronteras de grano, al obtenerse granos de Ag mayores para capas más gruesas. Estos TCOs en multicapas poseen propiedades apropiadas para aplicaciones en electrónica.

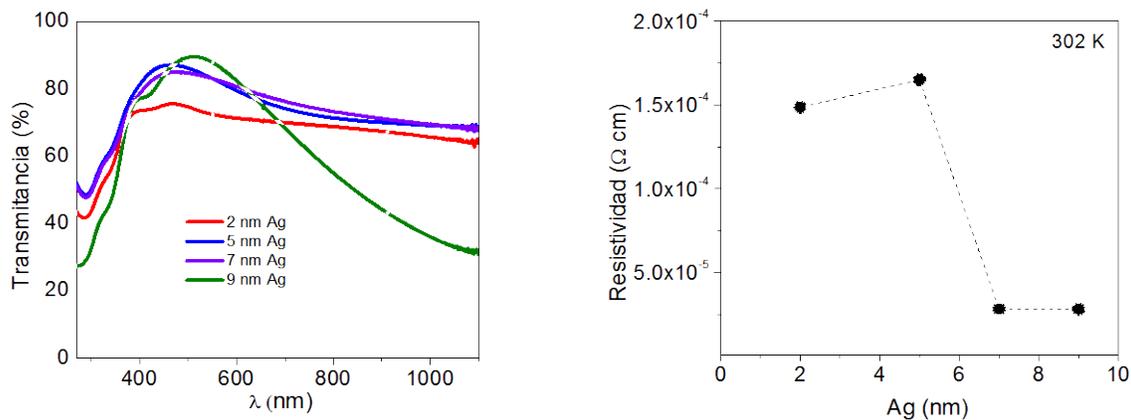


Fig. 1. Transmitancia y resistividad de AZO/Ag/AZO en función de la variación del espesor de Ag.

**Reconocimientos:** Agradecemos a D aniel Aguilar y Patricia Quintana por las mediciones de difracción de rayos X, y a Víctor Rejón por la determinación de los espesores. Se agradece el apoyo financiero de F OMIX YUC-2011-C09-169739 y FOMIX YUC-2011-C09-170098.

### Referencias

- 1-Anna Sytchkova, Maria Luisa Grilli, Antonio Rinaldi, Sylvain Vedraïne, Philippe Torchio, Angela Piegari and François Flory, J. Appl. Phys. 114 (2013) 094509.
- 2- Sebastian Wilken, Thomas Hoffman, Elizabeth von Hauff, Holger Borchert, Jurgen Parisi, Solar Energy Materials & Solar Cells 96 (2012) 141–147.
- 3- Jin-He Qi, Ying Li, Thanh-Tung Duong, Hyung-Jin Choi, Soon-Gil Yoon, Journal of Alloys and Compounds 556 (2013) 121–126.

## **INFLUENCIA DEL PROCESO DE ACTIVACIÓN EN CELDAS SOLARES DE CdTe**

I. Riech<sup>1</sup>, M. Acosta<sup>1</sup>, V. Rejon<sup>2</sup>, E. Hernandez<sup>2</sup>, J. L. Peña<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

<sup>2</sup>Departamento Física Aplicada, CINVESTAV-Unidad Mérida, México

### **RESUMEN**

El proceso de activación de la celda es un paso de vital importancia para lograr altas eficiencias en celdas solares de CdTe. Entre los beneficios que se reportan se encuentra que: 1) promueve el aumento de tamaño de grano de las películas que componen la celda, aumentando su calidad cristalina y 2) favorece la interdifusión de especies entre las capas de CdS y CdTe, lo que disminuye el desacople reticular en la junta. Existen diversos métodos para realizar este proceso de activación como por ejemplo depositar una capa de CdCl<sub>2</sub> sobre el CdTe o realizar un tratamiento térmico en atmósfera de cloro.

Algunos autores han reportado que este último método es menos eficiente por cuanto el gas no difunde tan fácilmente a la zona de la junta como lo pueden hacer las partículas de CdCl<sub>2</sub> a través de las fronteras de grano cuando se deposita la capa de CdCl<sub>2</sub>. Adicionalmente, se ha comprobado que cuando el método de crecimiento de la película de CdTe requiere altas temperaturas (alrededor de 500 °C), entonces el proceso de activación no es tan eficiente comparado con otros métodos de bajas temperaturas.

En este trabajo se estudia el efecto del proceso de activación en celdas solares de CdS/CdTe utilizando un método de crecimiento para el CdTe de altas temperaturas como es la Sublimación en Espacio Cerrado (CSS- por sus siglas en inglés) y activando la celda con un gas de la familia del freón (CHClF<sub>2</sub>). El objetivo del trabajo es comprobar la influencia del proceso de activación de la celda en las propiedades morfológicas y electrónicas.

Los resultados correspondientes a mediciones de la Microscopía Electrónica de Barrido mostraron que el tamaño de grano no aumenta después de realizar el

proceso de activación debido a que el proceso de crecimiento en nuestro caso se realiza a 500° C, temperatura a la cual la muestra logra recrystalizarse. Cuando se realiza la activación (400° C) no ocurren cambios significativos en cuanto al aumento de tamaño de grano. En cambio, se observó que la película de CdTe se hace más compacta con lo cual se reducen las fronteras de grano. Estas observaciones coinciden con lo anteriormente reportado en la literatura referente al método de crecimiento.

Para determinar el efecto del proceso de activación con la mezcla de gases ( $\text{CHClF}_2 + \text{O}_2$ ) en la calidad de la juntura, se hicieron estudios de Difracción de Rayos X y fotoluminiscencia para estudiar los procesos de recombinación en la bicapa CdS/CdTe. En ambos casos se observó la formación de un compuesto ternario producto de la interdifusión de especies. Además, a partir de mediciones de Espectroscopia de Fotoelectrones de Rayos X (XPS) se observó la difusión del cloro hasta la juntura de CdS/CdTe, tal y como se muestra en la figura 1.

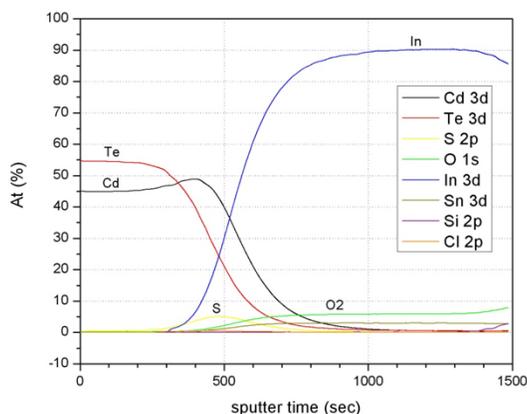


Fig. 1. Espectros de XPS de la bicapa CdS/CdTe.

En general las celdas solares activadas con la mezcla gaseosa muestran mejores parámetros de corriente de cortocircuito y voltaje de circuito abierto, por lo que tienen mejor eficiencia. Se concluye que a pesar de que no hay cambios significativos en la recrystalización producto de la activación, los cambios en la juntura son suficientes para aumentar la calidad y desempeño del dispositivo.

**Reconocimientos:** Se agradece el apoyo financiero de FOMIX YUC-2011-C09-169739, FOMIX YUC-2011-C09-170098 y CeMIE-Sol PY-207450/25.

**LA TEORÍA DEL FUNCIONAL DE LA DENSIDAD COMO PUNTO DE PARTIDA  
PARA EL ESTUDIO MULTIESCALA DE PROPIEDADES ELÁSTICAS EN  
NANOMATERIALES DE CARBONO**

A. Tapia<sup>1</sup>, R. Peón-Escalante<sup>1</sup>, y C. Villanueva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. Jorge.tapia@uady.mx

**RESUMEN**

El estudio y síntesis de materiales compuestos con nanomateriales de carbono se ha incrementado en los últimos años (ver Figura 1), sin embargo, muchos aspectos relacionados con las propiedades de los nanomateriales de carbono sometidos a condiciones de estrés o de efectos aún presentan incógnitas, por lo que las investigaciones relacionadas con las propiedades elásticas de estos nanomateriales de carbono, es un tema de interés actual en la comunidad científica [1].

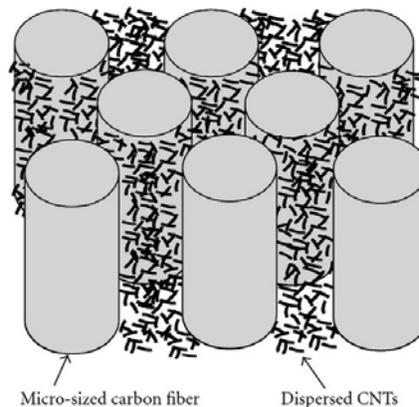


Figura 1.- Representación de un compuesto con nanotubos de carbono.

El estudio teórico de las propiedades de los compuestos con nanomateriales de carbono resulta ser una tarea muy compleja, además de requerir una gran cantidad de tiempo de cómputo. Los estudios realizados con la teoría del funcional de la densidad (DFT) en arreglos representativos con nanomateriales, se presenta como un punto de partida para proyectar un análisis multiescala de las propiedades

elásticas de los sistemas con nanomateriales [2-7]. En este trabajo se presentan los resultados de los estudios con DFT de las propiedades elásticas de los nanomateriales de carbono, con los cuales se pueden proyectar estudios posteriores en una escala macroscópica, mediante un análisis con elemento finito (FEA).

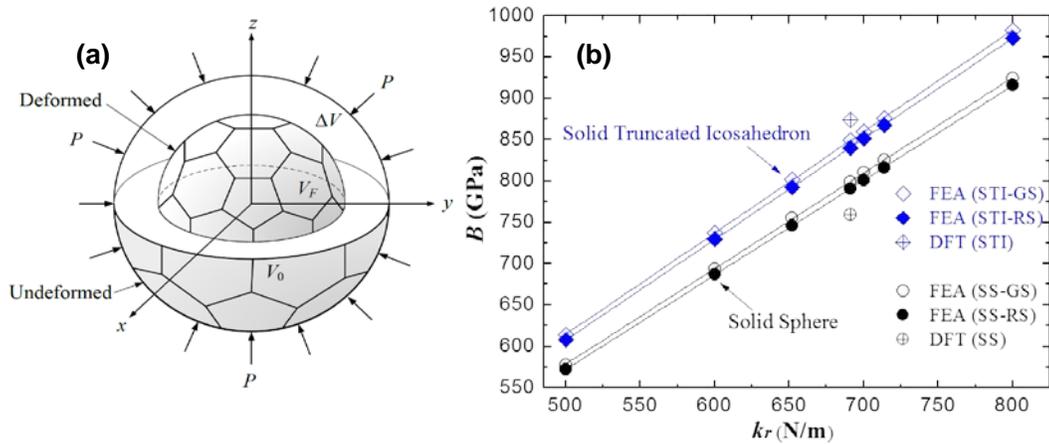


Figura 2.- a) Representación de una deformación isotrópica en un fullereno, b) efecto de la constante de fuerza ( $kr$ ) en el cálculo del módulo de bulo ( $B$ ) con FEA y comparación con resultados de DFT.

Los resultados muestran que los parámetros estructurales calculados con DFT, al ser considerados dentro FEA, le permiten a esta última metodología predecir las propiedades estructurales de los nanomateriales con una precisión considerable [8,9].

[1] J.W. Kang, H.J. Hwang, *Nanotechnology* 15 (2004) 614.  
 [2] A. Ferreira-Ávila, G.S. Rachid-Lacerda, *Materials Research* 11 (2008) 325.  
 [3] C. Li, T.W. Chou, *International Journal of Solids and Structures* 40 (2003) 2487.  
 [4] X. Lu, Z. Hu, *Composites: Part B* 43 (2012) 1902.  
 [5] M. Meo, M. Rossi, *Composites Science and Technology* 66 (2006) 1597.  
 [6] K. Tserpes, P. Papanikos, *Composites Part B* 36 (2005) 468.  
 [7] A. Ghavamian, M. Rahmandoust, A. Öchsner, *Computational Materials Science* 62 (2012) 110.  
 [8] G. Domínguez-Rodríguez, A. Tapia, F. Avilés, *Computational Materials Science* 82 (2014) 257.  
 [9] R. Peón-Escalante, C. Villanueva, R. Quintal, F. Avilés, A. Tapia, *Computational Materials Science* 83 (2014) 120.

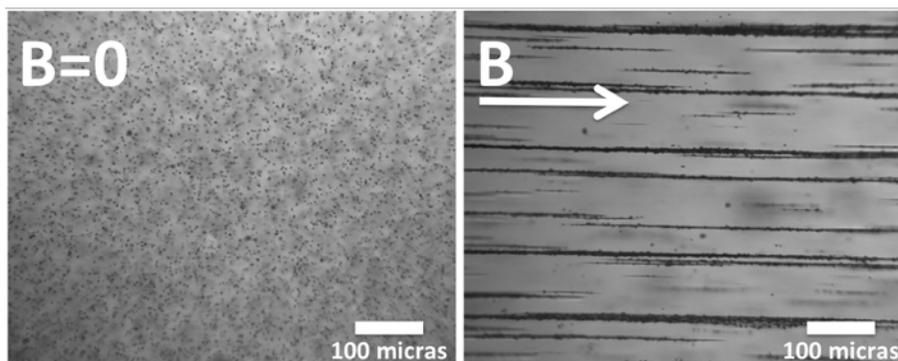
**COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE FLUIDOS INTELIGENTES DE DIAMANTE-  
MAGNETITA BAJO EL EFECTO DE UN CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME**

R. A. Medina-Esquivel, C. Vales-Pinzón, G. Quiñones-Weiss, M. A. Zambrano-Arjona  
y J. A. Mendez-Gamboa

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. fcrespo@uady.mx

**RESUMEN**

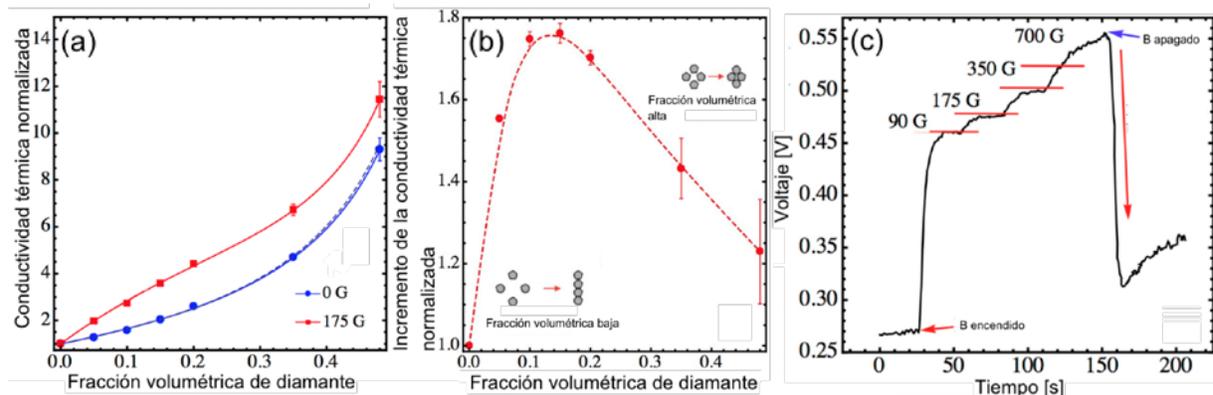
Uno de los grandes retos en la ciencia de los materiales, es la de crear materiales dotados de propiedades térmicas que se puedan ajustar a voluntad, esto es difícil de lograr por medio de materiales homogéneos, sin embargo, este objetivo podría alcanzarse trabajando con materiales compuestos [1]. Dentro de los materiales compuestos, los fluidos inteligentes son de los más prometedores, ya que son materiales que pueden cambiar sus propiedades ópticas, reológicas y térmicas, mediante la aplicación de estímulos externos [2, 3]. En este trabajo se estudian los efectos del campo magnético sobre la conductividad térmica de un nuevo fluido inteligente, sintetizado a partir de partículas de diamante (Diamond Technologies, 2-4 mm) inmersas en una matriz de ferrofluido (Ferrotec, EMG900). Se emplea el fenómeno denominado magnetoforesis negativa para alinear magnéticamente partículas de diamante en la dirección del campo magnético, tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Microfotografía del fluido inteligente sin campo magnético (izq.) y bajo el efecto de un campo magnético (der.), en donde es posible observar estructuras tipo cadena de partículas de diamante, en la dirección del campo magnético.

Por medio de la técnica fotopiroeléctrica de barrido en espesor [4], localizada dentro de unas bobinas Helmholtz (175 G), se midió la difusividad térmica de los fluidos inteligentes en función de la concentración de diamante y de la presencia del campo magnético. Se determinó la conductividad térmica normalizada empleando datos de la capacidad calorífica y de la densidad de los materiales que lo constituyen [5, 6].

Los resultados de la conductividad térmica normalizada se muestran en la figura 2 (a), en la que se observa que la conductividad térmica presenta un crecimiento monótono al aumentar la concentración del diamante, y cuando se aplica el campo magnético la conductividad térmica se incrementa de manera sustancial en la dirección del campo magnético. El incremento de la conductividad bajo el campo magnético está en función de la concentración de diamante, presentando un aumento máximo del 75% cuando la concentración volumétrica de diamante es del 15%, como se observa en la figura 2 (b), en contraste se tiene que para las muestras con concentraciones superiores al 50%, los valores de la conductividad térmica con y sin campo tienden a ser los mismos. Así mismo, el fluido inteligente presenta un comportamiento paramagnético, ya que al apagar el campo magnético la señal del sensor piroeléctrico regresa al estado inicial (ver figura 2 (c)). El comportamiento de estos materiales es similar al de materiales compuestos por partículas férricas [7]. Los resultados de esta investigación pueden ser útiles en el desarrollo de dispositivos del área de la micro-electrónica y de gestión energética.



**Figura 2.** (a) Conductividad térmica normalizada en función de la concentración de diamante, sin campo magnético y bajo el efecto del campo, (b) incremento de la conductividad térmica normalizada debido al efecto del campo magnético y en función de la fracción volumétrica del diamante, (c) comportamiento de la señal del sensor en función de la aplicación del campo.

**Reconocimientos:** Los autores agradecen el apoyo brindado por el CONACYT y la la SEP, otorgado a través del proyecto CB-2009-01 No. 135131.

## Referencias

- [1] J. Philip, et al., *App. Phys. Lett.* 92, 043108 (2008)
- [2] S. K. Das, et al., *Nanofluids: Science and Technology*, Wiley, (2008).
- [3] Noel A. Clark, *Nature* 504, 229-230 (2013).
- [4] J. Shen et al., *Rev. Sci. Instrum.* 66 (10), 4999- 5005, (1995).
- [5] G.P. Bogatyreva, et al., *Diamond & Related Materials* 17, 213–216, (2008).
- [6] B. A. Finlayson, S. Snyder, C. Tangthieng, *Heat Transfer to Ferrofluids*, (1998).
- [7] R.A. Medina-Esquivel, et al., *J. App. Phys.* 111, 054906 (2012).

## **ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN EN MEDIOS GRANULARES**

Oswaldo Carvente Muñoz<sup>1</sup>, J. Marcos Salazar<sup>2</sup> y J. Carlos Ruiz Suárez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. [osvaldo.carvente@uady.mx](mailto:osvaldo.carvente@uady.mx)

<sup>2</sup>Instituto Carnot de Bourgogne, Universidad de Bourgogne, Dijon Francia.

<sup>3</sup>Cinvestav Unidad Monterrey, Apodaca, Nuevo León, México.

### **RESUMEN**

Granos y polvos están presentes en el mundo y son ampliamente utilizados. A pesar de los avances científicos de las últimas 3 décadas, su descripción aún es incompleta. A pesar de ello, S. Edwards and R. Oakeshott, en 1989, propusieron una mecánica estadística para medios granulares. Por primera vez podría cuantificarse el grado de aleatoriedad en un medio granular, sin embargo sólo es aplicable a sistemas en estado de atascamiento. Makse et al., basados en la teoría de la información, implementaron un método diferente para medir la entropía en medios granulares. Considerando el número de coordinación por partícula, ellos calcularon el volumen ocupado por una partícula por medio de los conceptos de volumen de Voronoi. El método, aplicado a empaquetamientos 3D de esferas, es apropiado para estimar la entropía de los estados aleatorio no compacto y aleatorio denso.

La entropía de la información es una manera simple de caracterizar la aleatoriedad en un sistema granular estático. Pero ¿qué pasa si por la inyección de energía un medio granular evoluciona de un estado a otro? En este trabajo introducimos un método extendido para medir la entropía de granulados que evolucionan de estados tipo gas hacia estructuras cristalinas. Nuestro enfoque se basa en una función de amplia aplicabilidad llamada la Función de Distribución de Probabilidad de Weibull (FDPW). Dicha función contiene dos parámetros,  $c$  y  $k$  (positivos), asociados con la escala y la forma de la distribución, respectivamente. Implementamos simulaciones de dinámica molecular para estudiar un ensamble de esferas confinadas al interior de una caja rígida y sometida a un proceso de enfriamiento, donde la frecuencia ( $\omega$ ) de vibración aplicada aumenta monótonamente mientras la amplitud ( $A$ ) de las vibraciones disminuye de una forma tal que  $\Gamma = A/\omega^2$  permanece constante. Este procedimiento permite que de manera autónoma el sistema transite desde un estado de baja densidad hacia un estado cristalino, ver figura 1.

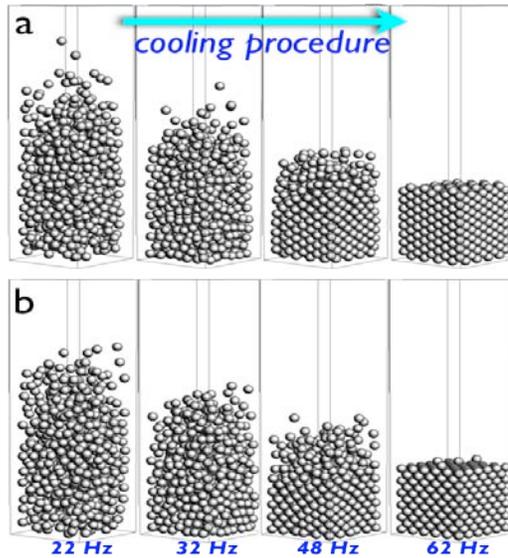


Figura 1. Imágenes instantáneas del enfriamiento granular  $\bar{a}$  constante. El sistema consiste de 666 esferas metálicas contenidas en una cada de paredes rígidas de longitud de la base 19.3 mm y 10 cm de altura.

Nosotros mostramos que usando la FDPW es posible reproducir los perfiles de densidad que se obtienen por simulaciones de dinámica molecular, así podemos obtener los valores de los parámetros  $c$  y  $k$ , ver figura 2 (a). Demostramos también que la integral de FDPW nos permite encontrar la entropía configuracional del sistema, la ecuación que proporciona la entropía está dada por la siguiente ecuación:

$$S = \gamma \left( 1 + \frac{1}{k} \right) + \ln \left( \frac{c}{k} \right) + 1,$$

donde  $\gamma$  es la constante de Euler-Mascheroni (0.5772). Finalmente, en la figura 2 (b) mostramos los valores de la entropía. Hasta donde sabemos, esta es la primera vez que una expresión analítica es usada para cuantificar el cambio en la entropía de un sistema granular que se auto-organiza por medio del proceso de enfriamiento.

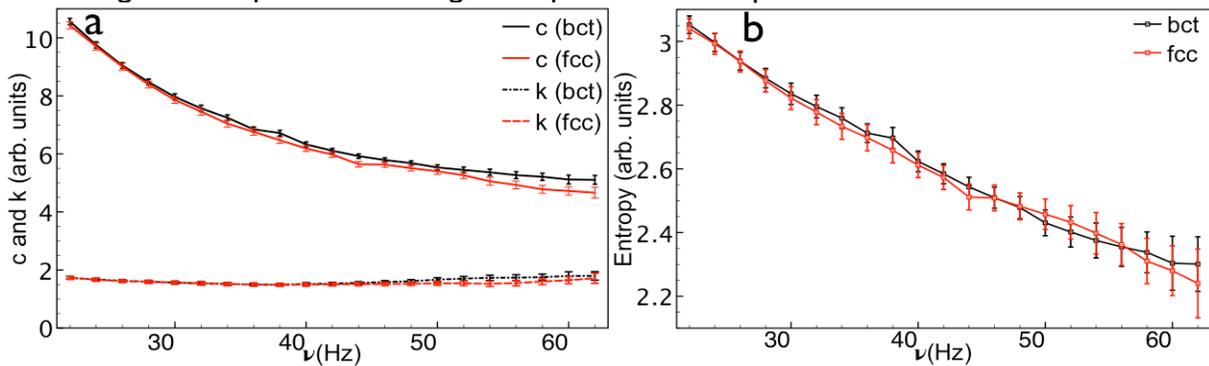


Figura 2. (a) los valores de los parámetros  $c$  y  $k$  para cada paso del enfriamiento. (b) Entropía como función de la frecuencia, se observa que conforme la frecuencia aumenta el número de estados configuracionales disminuye, y la entropía disminuye. Las curvas rojas corresponden a la estructura final bct y las negras a la estructura final fcc.

Este trabajo fue financiado por Conacyt, México, Proyecto de Ciencia Básica 168281.

## **CÁLCULO AB INITIO DE PROPIEDADES ELÁSTICAS DE h-BN**

César Cab, Jorge Tapia y César Acosta

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. Correspondencia:  
cesar.cauich@correo.uady.mx

### **RESUMEN**

Existe actualmente mucho interés en sintetizar y caracterizar materiales análogos del grafeno constituidos de nitrógeno y carbono, debido a que poseen características interesantes y potenciales aplicaciones [1]. El nitruro de Boro (BN) es una cerámica aislante con propiedades remarcables por lo que se ha realizado un trabajo muy extenso para sintetizarlo y caracterizarlo en años pasados. Se presenta en bulto en forma cúbica y hexagonal, así como nanoestructurado en forma de nanotubos y múltiples capas de manera similar al grafeno. La monocapa de nitruro de boro hexagonal (h-BN) posee una estructura de red similar al grafeno. Este material es químicamente inerte, tiene una alta conductividad térmica y es resistente a la oxidación a altas temperaturas. Debido a sus propiedades, este material ha encontrado amplias aplicaciones en micro y nanodispositivos tales como aislante con alta conductividad térmica en electrónica, emisor de luz ultravioleta en optoelectrónica y como material de relleno en nanocompuestos de alta resistencia y conductividad térmica [2].

Los materiales nanoestructurados en ocasiones están sujetos a tensiones bajo las condiciones de fabricación u operación. Por ejemplo se pueden producir tensiones o corrugaciones debido a la diferencia de la geometría del nanomaterial con el sustrato. Además se ha mostrado que las tensiones pueden afectar substancialmente las propiedades electrónicas de los materiales de dos dimensiones, y pueden emplearse para diseñar otras [3]. Por este motivo es importante el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales nanoestructurados. En este trabajo realizamos un cálculo computacional de las constantes elásticas  $K_r$  y el módulo de compresibilidad ( $B$ ) del h-BN en bulto, mono y bicapa. Cabe mencionar que en este último, no han sido calculadas dichas constantes.

Calcular las constantes elásticas  $K_r$  y  $B$  para el h-BN hexagonal en arreglos de bulto, mono y bicapa con la teoría del funcional de la densidad (DFT).

Para el desarrollo de esta investigación se empleará la teoría del funcional de la densidad (DFT, por sus siglas en inglés), que consiste en un procedimiento alternativo a la aplicación de la ecuación de Schrödinger para sólidos y moléculas. La teoría muestra que es posible calcular la energía y la densidad electrónica del sistema sin realizar un tratamiento para cada uno de los electrones. El fundamento matemático fue desarrollado por Hohenberg y Kohn en 1964 [4] y en 1965, se propuso la llamada ecuación de Kohn-Sham, que permite realizar cálculos prácticos [5]. En la actualidad, DFT es una teoría muy ampliamente utilizada en el ambiente científico para el cálculo de propiedades energéticas, estructurales y magnéticas de sistemas atómicos, condensados y moleculares, ya que proporciona valores razonables comparados con los experimentales.

La teoría del funcional de la densidad ha sido implementada en una variedad de códigos o programas computacionales acordes con los sistemas a estudiar. En este trabajo se utilizará el código SIESTA (Spanish Initiative for Electronic Simulations with Thousands of Atoms) el cual utiliza orbitales atómicos numéricos como funciones de onda, y pseudopotenciales [6]. Adicionalmente se emplearán los funcionales de intercambio y correlación LDA [7] GGA [8] para comparar los resultados.

Empleando la metodología antes mencionada, para el h-BN monocapa se obtuvieron los resultados de 629.3 N/m y 663.14 N/m para la constante  $K_r$  con los funcionales de intercambio correlación GGA y LDA respectivamente. Por otra parte, se obtuvieron valores para la constante  $K_\theta$  de 633 mdyn Å rad<sup>-2</sup> y 657 mdyn Å rad<sup>-2</sup> para GGA y LDA.

## Referencias

- [1] N. Angshuman, R. Kalyan, P. Kailash, D. Ranjan, V. Umesh y C. Rao, *ACS NANO*, **4**, No 3, 1539-1544, (2010).
- [2] Q. Peng, W. Ji, S. De. *Computational Materials Science*, **56**, 11-17, (2012).
- [3] Q. Peng, W. Ji, and S. De, *Nanoscale*, **5**, 695, (2013).
- [4] P. Hohenberg y W. Kohn, *Phys. Rev.*, **136**, B864-B871 (1964).
- [5] W. Kohn y L. J. Sham, *Phys. Rev.*, **140**, A1133-A1138 (1965).
- [6] P. Ordejón, D. Drabold, M. Grumbach, R. Martin, *Phys Rev. B.*, **51**, 1456 (1995).
- [7] D. M. Ceperley y B. J. Alder, *Phys. Rev. Lett.*, **45**, 7, 566–569 (1980).
- [8] J. P. Perdew y K. Burke, *Phys. Rev. Lett.*, **77**, 18, (1996).

**MIGRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL ACUÍFERO DE PUERTO MORELOS,  
QUINTANA ROO**

Roger González Herrera, Mario Cortazar Cepeda e Ismael Sánchez y Pinto

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. gherrera@correo.uady.mx

**RESUMEN**

Se presenta un estudio del acuífero costero cárstico que colinda con el área natural protegida Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos el cual se encuentra bajo estrés ambiental debido a las actividades humanas, por lo que fue necesario conocer el flujo de agua subterránea y el movimiento de los contaminantes al ser depositados en éste. Se identificaron posibles fuentes de contaminación y elementos contaminantes presentes para establecer una red de flujo y el modelo conceptual del sistema. El modelo de flujo de agua subterránea se realizó con PMWIN (Processing MODFLOW for Windows, por sus siglas en Inglés), el cual igualmente se utilizó para el modelo de transporte. Se recolectaron datos físicos de la zona de estudio y se obtuvieron los potenciales hidráulicos en pozos ubicados en la localidad. También se recolectaron datos hidrogeológicos, como conductividad hidráulica, precipitación pluvial, porcentaje de recarga y otras propiedades que intervienen en el funcionamiento del acuífero.

En la Figura 1, se puede apreciar la formación de un montículo de agua subterránea, obtenido al generar las líneas equipotenciales en la zona urbana del área de estudio. El modelo con el que se obtuvo la mejor calibración representa a un sistema completamente homogéneo e isotrópico. Se consideraron dos fronteras de carga prescrita, una a 8 km de la línea de costa y otra en la zona de playa, y otras dos fronteras de flujo nulo perpendiculares a las líneas equipotenciales. Se obtuvo una conductividad hidráulica de 0.15835 m/s. La recarga regional aplicada fue el 15% de la precipitación media anual, la cual es de 1300 mm. El espesor del acuífero se consideró variable, con base en el supuesto de Dupuit-Ghyben-Herzberg, y el espesor de la zona de descarga en la línea de costa se consideró de 4 m. Asimismo, se consideró una recarga adicional de 0.25 lps, debida a la descarga de aguas residuales a nivel freático en la zona urbana con el fin de alcanzar los altos potenciales hidráulicos que se presentan.

Con la mejor calibración del modelo de flujo de agua subterránea se procedió a realizar el modelo de transporte de contaminantes. Se consideraron dos métodos: trazado de partículas y construcción de plumas de contaminantes (Figura 2). El tiempo de viaje de las partículas para los pozos que se localizan en la costa fue de aproximadamente de 240 días, mientras que el de los pozos ubicados en la zona urbana tuvieron un tiempo menor a los 30 días debido a su cercanía al montículo.

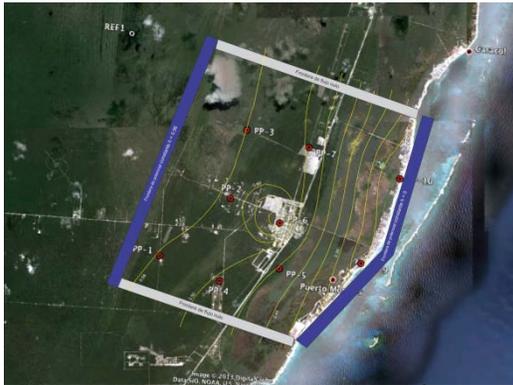


Figura 1.- Red de flujo y definición de fronteras del modelo

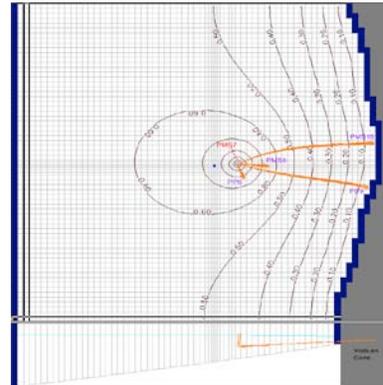


Figura 2.- Trazado de partículas

Las plumas de contaminación obtenidas con el modelo de transporte muestran la alta capacidad de dilución del acuífero de Puerto Morelos, causando que los contaminantes reduzcan sus concentraciones drásticamente hasta el punto en el que dejen de ser detectables en los análisis de muestras de agua subterránea.

## Conclusiones

En la zona urbana del área de estudio se identificó un montículo de agua subterránea el cual afecta los patrones locales de flujo del sistema acuífero. Para el acuífero de Puerto Morelos no existe información suficiente para identificar que actividades pueden estar afectando los gradientes de la manera que se observó. La contaminación generada por las fosas sépticas de la mancha urbana es el mayor riesgo a la contaminación del acuífero debido al área amplia en la cual se realiza dicha inyección y la constancia con la que ocurre. La drástica reducción de las concentraciones de contaminantes y la pobre extensión de las plumas puede deberse a una alta capacidad de dilución en el sistema que a su vez es ocasionada por las altas conductividades hidráulicas que se tienen en el acuífero.

**Reconocimientos:** Al Fondo Sectorial de Investigaciones Ambientales SEMARNAT-CONACYT-INE, por el financiamiento del proyecto “Impacto de los Lixiviados en el Parque Nacional de Puerto Morelos”, clave S0010 – 2008 – 1 – 108201. Al personal de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos por el apoyo en la logística y el monitoreo.



**UADY**

FACULTAD DE  
INGENIERÍA

"Luz, Ciencia y Verdad"

## **XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN 2 - 3 de octubre de 2014 Mérida, Yucatán, México.**

### **METALES PESADOS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE MÉRIDA, YUCATÁN**

Eduardo Graniel Castro y Dario del Ángel Cauich Kau

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. [graniel@uady.mx](mailto:graniel@uady.mx)

#### **RESUMEN**

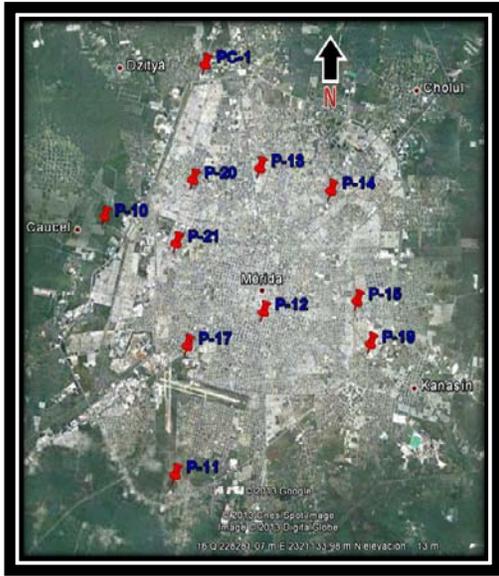
El comportamiento de los contaminantes en el sistema subterráneo del Estado de Yucatán indica que existe una dispersión muy importante, de tal manera que el acuífero se comporta como un cuerpo superficial. El subsuelo de las áreas urbanas está sujeto a una carga muy pesada de organismos microbiológicos y de sustancias tóxicas. La presencia de los contaminantes en el sistema subterráneo resulta un peligro potencial a la salud humana y al medio ambiente. Aunque esa contaminación sea puntual hay que poner mucha atención, ya que debido a las características del subsuelo, nos encontramos sujetos a una carga muy pesada de organismos microbiológicos y de sustancias tóxicas, los cuales podrían contaminar la parte profunda del acuífero.

Los procesos industriales a los que se somete el agua, modifican de manera considerable las propiedades de la misma y es desechada con una calidad menor que la original, muchas de las veces sin tratamiento alguno. Ante esta situación, es urgente que se establezca una red de monitoreo de la calidad del agua subterránea en nuestro Estado, que nos permita determinar que parámetros físicos, químicos y biológicos se están incrementando, cuales son las posibles fuentes de contaminación y establecer las zonas más contaminadas.

El objetivo del estudio es la evaluación de la calidad del agua subterránea en 11 pozos de observación de la ciudad de Mérida, Yucatán (Figura 1) de acuerdo a su contenido de metales pesados y sus posibles fuentes.

Se recolectaron muestras de agua dulce en los pozos (P-10, P11, P12, P13, P-14, P-15, P-17, P-19, P-20, P-21 y PC-1) y en 5 de ellos se recolectaron muestras de agua salada (P-11, P-14, P-15, P-21, PC-1) en los periodos de Mayo-Junio y Septiembre-Octubre de 2012, que representan la época de secas y de lluvias..

Los elementos mayores (Ca, Mg, Na, K, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub>) se determinaron en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, teniendo un porcentaje de error menor al 10%.



Los elementos traza (As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb y Zn) se determinaron en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

De acuerdo a los resultados se observa que la mayoría de los iones mayores en agua dulce no rebasaron los límites máximos permisibles (LMP) en la NOM-127-SSA1-1994, con excepción de los NO<sub>3</sub> en los pozos P-10, P-12, P-15, P-17, P-20, P-21 y PC-1; indicando que el agua se encuentra contaminada por actividad antropogénica, debido a la infiltración del agua de la superficie hacia el acuífero.

En el pozo P-13 se presentó un incremento de Sodio y Cloruros para septiembre, debido a la disminución de la carga hidráulica por la época de secas

La mayoría de los metales pesados no rebasaron el LMP por la NOM-127-SSA1-1994 a excepción del Mercurio, que se rebasó en el P-12, P-19, P-20, P-21, y PC-1 en el agua dulce y en agua salada en el P-14 no se rebasó el LMP en Septiembre y en todos los demás se rebasó el LMP en las dos campañas, debido a las descargas de aguas de desecho en la parte profunda del acuífero. El LMP de Plomo se rebasó en el agua dulce de los pozos P-11, P-17 y P-20 para Mayo, y en el agua salada en el pozo PC-1 en las dos campañas y en el pozo P-15 en Septiembre.

Como conclusión se tiene que existe contaminación antropogénica en algunos puntos de la ciudad debido a la descarga de las fosas sépticas. En época de secas se presentó el incremento de las sales en el agua dulce debido a la disminución de la carga hidráulica en los pozos ocasionando el ascenso de la zona de agua salobre.

La concentración de base de mercurio en la tierra es por lo general, bastante baja, los valores superiores registrados parecen ser atribuibles a la actividad antropogénica (uso intensivo de productos sanitarios, residuos industriales y urbanos, etc.), principalmente a la descarga de agua residual sin algún tratamiento.

El plomo se rebasó en algunos pozos ubicados al sur de la ciudad, debido a su cercanía a la zona industrial, la cual vierte sus sustancias en suspensión a la atmosfera, que viajan en el aire a esas zonas. Se observó un incremento en Septiembre debido a la infiltración del agua de lluvia, lo cual arrastra cualquier sustancia que se encuentre en la superficie hacia el acuífero.

Se recomienda que se continúe con el monitoreo de los pozos para analizar la calidad del agua y así detectar algún incremento de la contaminación.



# **XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN**

## **2 - 3 de octubre de 2014**

### **Mérida, Yucatán, México.**

#### **RESULTADOS PRELIMINARES DE PRUEBAS DE TRAZADO EN EL CAMPO EXPERIMENTAL HIDROGEOLÓGICO DE LA FIUADY, MÉRIDA, YUCATÁN**

Ismael A. Sánchez y Pinto<sup>1</sup>, Roger A. González Herrera<sup>1</sup>, Humberto Osorio Rodríguez<sup>1</sup>, Carlos Zetina Moguel<sup>2</sup>, Paola V. Chan Pech<sup>3</sup>, Freddy A. López Acosta<sup>3</sup>, Jesús Albornoz<sup>3</sup>, Jessica M. Lezama Ramirez<sup>3</sup> y Silvia D. Heredia Lara<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Hidráulica e Hidrología de la FIUADY.

<sup>2</sup>Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Ingeniería Ambiental de la FIUADY.

<sup>3</sup>Estudiante de la Lic. en Ingeniería de la FIUADY.

#### **INTRODUCCIÓN**

Las pruebas de trazado en acuíferos se utilizan para diversos fines, entre ellos conocer la velocidad y dirección del flujo subterráneo, estimar las propiedades del transporte de contaminantes, identificar fuentes de contaminación, etc. Sin embargo, la complejidad de los sistemas kársticos dificulta la interpretación de los resultados. Se hizo una prueba de inyección puntual e instantánea en un campo de pozos usando al NaCl como trazador, el objetivo fue identificar la existencia de flujos verticales en pozos que comunican a sistemas acuíferos con diferente energía hidráulica. El experimento fue realizado en un pozo de 50 m de profundidad y sin ademe del Campo Experimental Hidrogeológico (CEH) de la Facultad de Ingeniería y localizado en el Campus de Ciencias Exactas e Ingeniería.

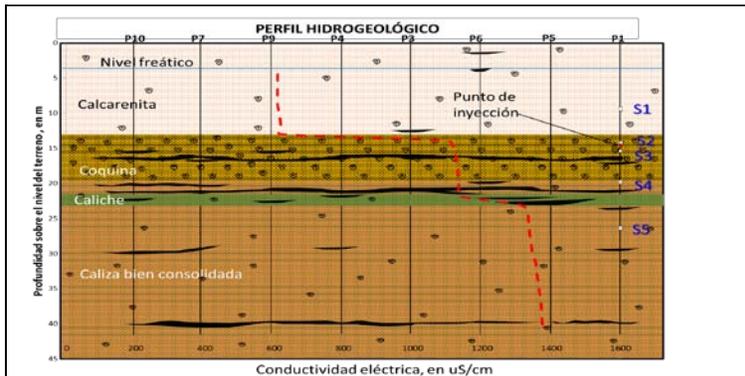
#### **METODOLOGÍA**

La prueba consistió en inyectar en forma pasiva 1 kg de ClNa a una profundidad de 14.9 m por debajo del nivel del terreno. Para la inyección, la sal común fue empaquetada en una bolsa y fue atada a una cuerda y se descendió a la profundidad elegida. A la misma cuerda también se ataron sensores para medir la conductividad eléctrica del agua, y así conocer la expansión de la sal en el pozo de inyección, durante las 24 h que duró la prueba. La profundidad de inyección de la sal y de los sensores fue definida tomando en consideración la sección hidrogeológica del CEH que fue elaborado con la interpretación litológica del detritus de la perforación al construir los pozos y la interpretación de registros de videos hechos en cada pozo (Figura 1).

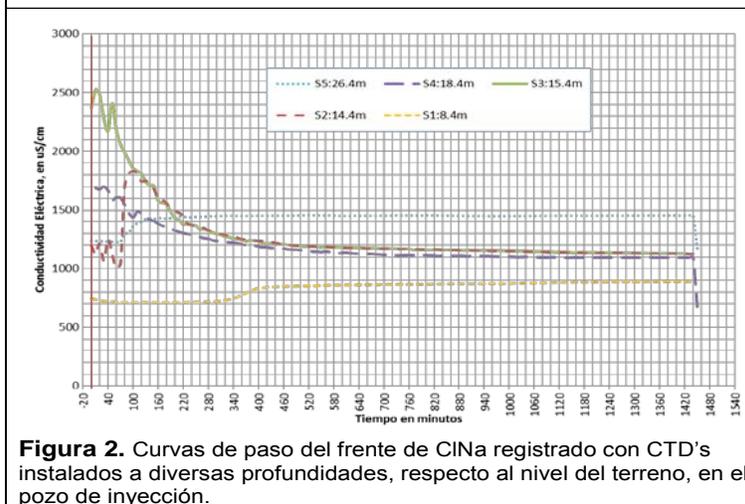
#### **RESULTADOS E INTERPRETACIÓN**

El gráfico de concentración de fondo de la conductividad eléctrica del agua CE (Figura 1) sobrepuesto a la sección hidrogeológica de la zona de estudio revela la existencia de acuíferos con diferente calidad de agua, el primero se localiza del nivel

freático hasta los 13.8 m con una CE igual a 670 mS/cm, otro se revela a la profundidad entre los 14 y 21 m de profundidad con una CE de 1150 mS/cm y finalmente un tercero localizado entre las profundidades de 23 y 40 m con CE menor a 1400 mS/cm.



**Figura 1.** Sección hidrogeológica del acuífero del CEH.



**Figura 2.** Curvas de paso del frente de CINA registrado con CTD's instalados a diversas profundidades, respecto al nivel del terreno, en el pozo de inyección.

Los sensores S3, S4 y S5 muestran un incremento en la CE, mayor a la concentración de fondo, causado por la sal diluida, que genera una solución de mayor densidad que el agua subterránea, tal que se produce un movimiento vertical descendente que arrastra las sales a mayores profundidades, con una velocidad media aproximada de 0.263 m/min (Figura 2). El flujo subterráneo horizontal no parece ser lo suficientemente importante para evitar que parte de las sales descendan hasta el sensor S5. La detección de las sales por los sensores mencionados sufre un retardo, que puede estar condicionada por los flujos horizontales, principalmente los existentes en los horizontes kársticos.

Los sensores S1 y S2 localizados por encima del punto de inyección, en el pozo P1, reportan un incremento en las sales diluidas que solo pueden explicarse debido a la existencia de flujos verticales ascendentes que transportan en forma advectiva ciertas cantidades de sales hacia los sensores localizados por encima del punto de inyección, ya que los procesos de difusión son lentos.

## CONCLUSIONES

Los resultados preliminares revelan que existen tres horizontes kársticos a profundidades de 16, 21 y 40 m por debajo del nivel del terreno por donde los trazadores fluyen preferencialmente. Este tipo de inyección puntual y pasiva puede ser un recurso útil para evidenciar la existencia de flujos verticales debido a la conexión entre dos horizontes acuíferos con diferentes energías hidráulicas.

**Agradecimiento.** Este trabajo es parte de los resultados del proyecto FING-2013-0005 financiado por la Facultad de Ingeniería de la UADY.

**CÁLCULO DEL MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD DE PEQUEÑOS FULERENOS  
UTILIZANDO ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS**

R. Quintal<sup>1,\*</sup>, R. Peón-Escalante<sup>1</sup>, A. Tapia<sup>1</sup>, C. Villanueva<sup>1</sup>,  
F. Peñuñuri<sup>1</sup>, J. Medina<sup>1,2</sup>, F. Avilés<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería. Av. Industrias no contaminantes por Periférico Norte, Cordemex, C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México. \* roberto.quintal@uady.mx

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Unidad de Materiales Calle 43 # 130, Col. Chuburná de Hidalgo, 97200, Mérida, Yucatán, México.

**RESUMEN**

La predicción de que una molécula esférica compuesta de sesenta átomos de carbono con simetría icosaédrica pudiera ser químicamente estable [1-3], y la posterior síntesis de lo que hoy se conoce como el fullereno  $C_{60}$  [4] provocó una gran cantidad de interés científico en las propiedades físicas de los fulerenos. Después del descubrimiento de  $C_{60}$ , la estabilidad energética de los fulerenos más pequeños con excelentes propiedades físicas han sido teóricamente y experimentalmente demostradas [5-8].

Varios esfuerzos de investigación se han realizado sobre las propiedades mecánicas y físicas de los fulerenos [9-13], en especial para el  $C_{60}$ . Sin embargo, las propiedades elásticas de los fulerenos más pequeños que el  $C_{60}$  no se han investigado extensivamente.

Esta investigación se centra en el estudio de las propiedades mecánicas (elásticas) de los pequeños fulerenos ( $C_{20}$ ,  $C_{28}$ ,  $C_{36}$ ,  $C_{50}$  y  $C_{60}$ ), estos nanomateriales de carbono presentan una geometría cerrada, como se muestran en la figura 1. En este trabajo se encontró que las constantes de fuerza de enlace adecuadas se pueden usar en los cálculos con elemento finito para el estudio de las propiedades elásticas de estos nanomateriales. El cálculo de las propiedades elásticas de los fulerenos mediante el análisis de elemento finito (FEA) es un tema de investigación inexplorado, especialmente cuando los cálculos como FEA se basan en parámetros de entrada calculados por el método de teoría funcional de la densidad (DFT). Los resultados encontrados muestran una muy buena correlación entre los resultados de los cálculos del módulo de compresibilidad con FEA respecto a los resultados con DFT, principalmente para los fulerenos más grandes.

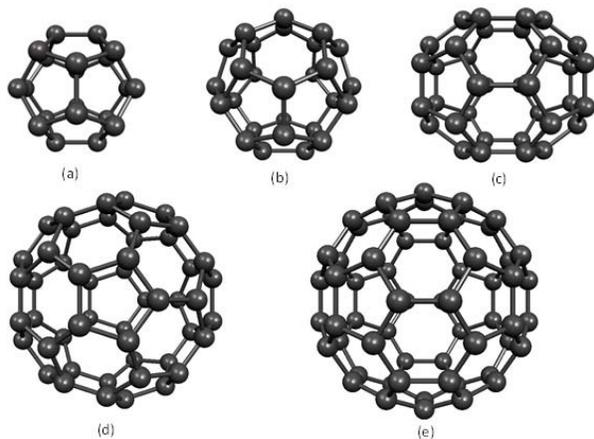


Figura 1 Los 5 fullerenos investigados. a) C20, b) C28, c) C36, d) C50, e) C60

#### Referencias:

1. Osawa, E., 1970. Superaromaticity. *Kagaku (Chemistry)* 25, 854.
2. Bochvar D.A., Gal'pern E.G., 1973. Energy spectra of certain condensed cyclopentadienyl and cycloheptatrienyl systems. *Proc. Acad. Sci. USSR* 209, 239.
3. Stankevich I.V., Nikerov M.V., Bochvar D.A., 1984. The structural chemistry of crystalline carbon: geometry, stability, and electronic spectrum. *Russ. Chem. Rev.*, 53, 640
4. Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C., Curl R.E., Smalley R.E., 1985. C<sub>60</sub>: Buckminsterfullerene. *Nature*, 318, 162
5. Guo T., Diener M.D., Chai Y., Alford M.J., Haufler R.E., McClure S.M., et al., 1992. Uranium Stabilization of C<sub>28</sub>: A Tetravalent Fullerene. *Science* 257, 5077, 1661
6. Prinzbach H., Weller A., Landenberger P., Wahl F., Worth J., Scott L.T., et al., 2000. Gas-phase production and photoelectron spectroscopy of the smallest fullerene, C<sub>20</sub>. *Nature* 407, 60.
7. Wang Z., Ke X., Zhu Z., Zhu F., Ruan M., Chen H., et al., 2001. A new carbon solid made of the world's smallest caged fullerene C<sub>20</sub>. *Phys. Lett. A* 2001, 280, 351
8. Kietzmann H., Rochow R., Ganteför G., Eberhardt W., Vietze K., Seifert G., et al., 1998. Electronic Structure of Small Fullerenes: Evidence for the High Stability of C<sub>32</sub>. *Phys. Rev. Lett.*, 81, 5378
9. Ruoff R.S., Ruoff A.L., 1991. The bulk modulus of C<sub>60</sub> molecules and crystals: A molecular mechanics approach. *Appl. Phys. Lett.*, 59, 1553
10. Woo S.J., Lee S.H., Kim E., Lee K.H., Lee Y. H., 1992. Bulk modulus of the C<sub>60</sub> molecule via the tight binding method. *Phys. Lett. A*, 162, 501
11. Kovalev O.O., Kuzkin V.A., 2011. Analytical expression for bulk moduli and frequencies of volumetrical vibrations of fullerenes C<sub>20</sub> and C<sub>60</sub>. *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*, 2, 65
12. Peón-Escalante R., Villanueva C., Quintal R., Avilés F., Tapia A., 2014. The bond force constant and bulk modulus of C<sub>60</sub>. *Comput. Mater. Sci.*, 83, 120.
13. Bai H., Qiao W., Zhu Y., Huang Y., 2012. Theoretical study on one-dimensional C<sub>50</sub> polymers. *Diamond Rel. Mater.*, 26, 20



**UADY**  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA

"Luz, Ciencia y Verdad"

# **XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN**

## **2 - 3 de octubre de 2014**

### **Mérida, Yucatán, México.**

#### **CONTROL DEL VOLTAJE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE INVERSORES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Víctor A. Corona Cruz<sup>1</sup>, Luis J. Ricalde Castellanos<sup>1</sup>, Alejandro A. Castillo Atoche<sup>1</sup>,  
Ricardo Peón Escalante<sup>1</sup> y Alejandro Razo Miranda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. Iricalde@uady.mx

<sup>2</sup>Comisión Federal de Electricidad, División de Distribución Peninsular. alejandro.razo01@cfe.gob.mx.

#### **RESUMEN**

La intermitencia de la generación distribuida puede provocar problemas como regulación de voltaje, fluctuaciones de frecuencia e incluso en casos extremos, colapsos de voltaje. La exportación de flujo de potencia de los alimentadores hacia la red de distribución provocará altos voltajes asociados que podrían causar la violación de los límites de operación. Los inversores de los sistemas fotovoltaicos pueden ayudar con su capacidad de energía reactiva a controlar el voltaje y disminuir las pérdidas de la red.

Los sistemas fotovoltaicos se modelaron como una fuente de corriente y el ángulo de desfase de la corriente con respecto al voltaje de la red ( $I \cos \theta$ ). Se seleccionaron y modelaron dos circuitos de distribución típicos de 13.8 kilovolts (kV) de la ciudad de Mérida en el estado de Yucatán, México; que permitieran la generalización de los resultados, uno urbano a través del cual actualmente se está suministrando energía eléctrica en media y baja tensión a diferentes tipos de usuarios. Se utilizó el simulador de sistema eléctrico de distribución NEPLAN que modela adecuadamente e integra las fuentes de energía renovables. La topología de los circuitos seleccionados se respetó incluyendo los dispositivos de compensación de voltaje que están instalados con la finalidad de observar cómo interactúan éstos con los inversores de los sistemas fotovoltaicos. Se consideró la capacidad de generación de los sistemas fotovoltaicos utilizados en los estudios de acuerdo con la capacidad de carga instalada y de una forma balanceada en cada una de las fases, de manera que no existan problemas de desbalances de voltaje; lo que en la práctica exige un control dinámico por parte de las compañías eléctricas.

El circuito urbano opera con un voltaje nominal de 13.8 kV a partir de una Subestación con buses de 230/115/34.5/13.8 kV. Su capacidad de transformación de

115/13.8 kV es de 60 mega voltamperios (MVA) con 8 circuitos de 13.8 kV; cuenta con aproximadamente 69.25 kilómetros de línea troncal y 39.21 kilómetros de ramales, alimenta a 7,400 usuarios de los cuales 293 están conectados en media tensión. Hay 731 transformadores instalados con una capacidad de 34.08 MVA y 3 bancos de capacitores de 300 kilo vars (kVAR). Se simuló la conexión de 61 sistemas fotovoltaicos a lo largo del circuito.

En la Tabla 1 y en la Figura 1 se muestran los resultados de los casos del circuito urbano con 3.153 MVA de carga (demanda mínima anual del mes de enero), sin y con diferentes cantidades de generación con diferentes factores de potencia o  $Q = f(V)$ . Se sombreadaron con diferentes colores los casos óptimos de operación para cada factor de potencia y para  $Q = f(V)$ .

MVA DE CARGA	F.P.	MVA DE GENERACIÓN	F.P.	MW EN SUBESTACIÓN	MVAR EN SUBESTACIÓN	CAPACITORES	MVA PÉRDIDAS	VOLTAJE NODO 61 EN P.U.
3.153	-0.95	0	N/A	3.034	0.11	0.878	0.039	0.9846
3.153	-0.95	2.115	1	0.884	0.009	0.986	0.079	0.9966
3.153	-0.95	2.115	0.95	0.994	-0.657	0.908	0.072	1.004
3.153	-0.95	3.078	1	-0.081	-0.007	0.905	0.087	1.0019
3.153	-0.95	3.078	0.95	0.078	-0.976	0.992	0.078	1.0125
3.153	-0.95	3.096	$Q=f(V)$	-0.099	-0.009	0.905	0.087	1.0019
3.153	-0.95	5.769	1	-2.741	0.038	0.927	0.039	1.0157
3.153	-0.95	5.769	0.95	-2.445	-1.781	0.959	0.04	1.0353
3.153	-0.95	5.807	$Q=f(V)$	-2.775	0.194	0.924	0.035	1.0137
3.153	-0.95	7.795	$Q=f(V)$	-4.662	0.791	0.929	0.187	1.0173
3.153	-0.95	9.618	1	-6.449	0.325	0.955	0.341	1.0336
3.153	-0.95	9.738	$Q=f(V)$	-6.498	1.131	0.941	0.437	1.0242

Tabla 1. Resultados del circuito urbano

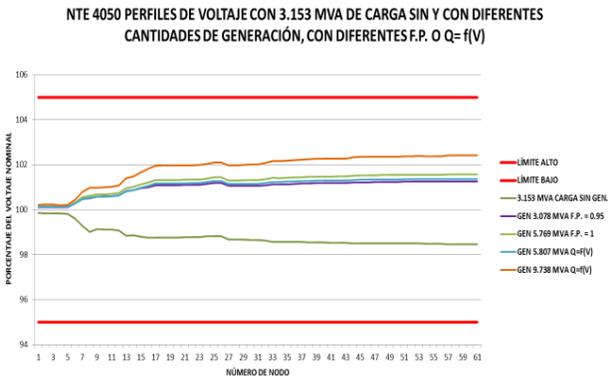


Figura 1. Perfiles de voltaje del circuito urbano

Analizando el comportamiento de los perfiles de voltaje del circuito urbano, se puede observar que al operar con un modo de control  $Q = f(V)$  ante la pérdida de generación (día nublado), las variaciones de los perfiles de voltaje son menores que operando con factor de potencia unitario, llegando inclusive a marcar la diferencia entre mantenerse en el rango de calidad o no.

Se obtienen grandes beneficios si los inversores de los sistemas fotovoltaicos pueden integrar funciones que ayuden a mejorar el comportamiento de la red a la que están sincronizados como es el participar en el control del voltaje generando o absorbiendo energía reactiva de acuerdo a las necesidades de la red coadyuvando a los objetivos generales de una red eléctrica inteligente.

La incorporación de la capacidad en los inversores de compensar potencia reactiva, transforma este tipo de generación distribuida de la causa de una problemática, a una fuente de energía limpia que coadyuva a que: el comportamiento del voltaje de la red de distribución a lo largo de los circuitos cumpla con los parámetros de calidad establecidos con los usuarios, disminuyan las pérdidas eléctricas por calentamiento de los conductores al reducir la potencia reactiva que circula optimizando la operación de los activos existentes, aumenta la capacidad de alojamiento de manera que se puedan conectar fuentes de generación y almacenamiento de energías renovables e incentiva la sostenibilidad del medio ambiente.

## **ANÁLISIS FRECUENCIAL DE SEÑALES BIOMÉDICAS**

Braulio Cruz Jiménez<sup>1</sup>, Alejandro Castillo Atoche<sup>1</sup> y Ricardo Peón Escalante<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. braulio.cruz@uady.mx

### **RESUMEN**

En México, una de las principales causas de muerte en adultos son las enfermedades cardiovasculares. En ocasiones las personas que padecen alguna enfermedad de este tipo no presentan ningún síntoma o estos no reflejan de manera definitiva su condición y por esta razón a menudo la enfermedad no se trata. Una de las enfermedades cardiacas más comunes es la arritmia, que consiste en un ritmo anormal del corazón y puede ser inadecuadamente rápido o lento.

Aunque el electrocardiograma (ECG) y el examen ultrasónico son ampliamente usados en el diagnóstico cardiaco, una técnica empleada tradicionalmente por los médicos, aún antes de proceder a estudios más sofisticados, es la auscultación. La auscultación es una técnica no invasiva que permite identificar los distintos sonidos que causan las arritmias por medio de un estetoscopio. Existe actualmente una forma moderna de la auscultación, llamada fonocardiografía, en la cual se obtiene un registro gráfico de los sonidos cardiacos (fonocardiograma).

### **Segmentación**

La segmentación es el proceso por el cual la señal del fonocardiograma (FCG) se divide en ciclos cardiacos, identificándose sus componentes acústicos más importantes para el diagnóstico de cardiopatías. Se da en dos etapas: en la primera se divide al FCG en ciclos cardiacos independientes, comenzando cada uno de ellos con S1 y finalizando justo antes del siguiente S1; la segunda etapa consiste en la identificación de los eventos que forman el ciclo cardiaco, tanto los sonidos como los soplos, identificándolos correctamente y delimitando su comienzo y final. Entre las técnicas disponibles para el análisis del FCG se encuentra la transformada de Fourier, la cual determina las componentes espectrales de la señal. Otro método apropiado para emplearse en la segmentación del FCG es la transformada Wavelet.

## Métodos espectrales

El análisis espectral de una señal consiste en determinar el contenido en frecuencia de los diferentes componentes de una señal. Las dos características más importantes del contenido en frecuencia de una señal son la forma completa del espectro de la señal y las características locales de ese espectro. Para obtener el espectro de una señal existen métodos clásicos y métodos modernos. El método clásico por excelencia para el análisis espectral consiste en obtener la transformada de Fourier de la señal. Los métodos modernos se basan en modelos paramétricos, y son el AR (*autoregressive*), el MA (*moving average*) y el ARMA (*autoregressive moving average*).

## Métodos en el dominio tiempo-frecuencia

Los métodos espectrales dan información acerca del contenido en frecuencia de una señal sin involucrar al tiempo en que ocurren sus diferentes componentes, es por esto que se aplican generalmente a señales estacionarias. La señal cardiaca, así como la mayoría de las señales biomédicas, son no estacionarias y cambian sustancialmente sus propiedades a través del tiempo. Además, generalmente es de gran interés identificar el tiempo en que suceden ciertos componentes de estas señales. La transformada de Fourier provee la información espectral de la señal, que se encuentra contenida en la amplitud, pero la información temporal se encuentra contenida en la fase y es difícil de recuperar e interpretar. Para incorporar el análisis en el dominio del tiempo, se introduce una modificación a la transformada de Fourier: la transformada de Fourier en tiempo corto (STFT).

## Caracterización de los sonidos cardiacos principales

En este apartado se presenta el resumen de la información obtenida acerca de los sonidos cardiacos principales, S1 y S2 como se muestra en la Tabla 1. Se realizó el análisis de los fonocardiogramas tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia, mediante el análisis de las transformadas corta de Fourier y *wavelet* de la señal cardiaca y se comparan los resultados con los reportados en la literatura.

**Tabla 1. Resumen de la caracterización de los sonidos cardiacos**

Característica	Análisis de la STFT	Análisis de la transformada wavelet	Análisis de la STFT (Djebbari y Bereksi, 2000)
Frecuencia de S1 (componente con mayor energía)	93.75 Hz	92.2 Hz	100 – 150 Hz
Frecuencia de S1 (componente con menor energía)	164 Hz	160.5 Hz	
Rango de frecuencias de S2	<i>No detectable</i>	78.8 – 144.5 Hz	50 – 200 Hz
Duración del ciclo cardiaco	0.753 ± 0.15 s	0.769 ± 0.13 s	0.75946 segundos

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADO PARA EL MONITOREO  
INTELIGENTE DE RUIDO AMBIENTAL**

R. Quijano Cetina<sup>1</sup>, A. Castillo Atoche<sup>1</sup>, B. Cruz Jiménez<sup>1</sup>, L. Ricalde Castellanos<sup>1</sup> y  
O. Palma Marrufo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México.  
{renan.quijano, acastill, braulio.cruz, lricalde, o.palma}@uady.mx

**RESUMEN**

Durante los últimos años ha surgido una creciente preocupación por los niveles de ruido ambiental presentes en diferentes ámbitos de la vida cotidiana. Actualmente la contaminación por ruido es la más frecuente y subestimada, que a determinada intensidad y tiempo de exposición produce daños (en algunos casos irreparables) en nuestra capacidad de audición. Recientemente [1], estudios locales basados en el muestreo aleatorio estratificado, se han realizado con las mediciones de un sonómetro. Esto es, los datos se adquieren "manualmente" de la región de interés de una ciudad o área industrial, para poder ubicar las horas de mayor contaminación en períodos de mañana, tarde y noche.

Ante la problemática antes descrita, se ha propuesto la integración de Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés), Internet y Redes de Sensores Inalámbricos (WSN) para el desarrollo y gestión de los sistemas inteligentes de monitoreo de ruido ambiental. Esta integración permite la adquisición y análisis espacio-temporal de los datos, generando reportes en formato de mapas, bases de datos y gráficos que facilitan la toma de decisiones [2]. El impacto de estos sistemas se ha demostrado en múltiples áreas de la ingeniería, en aplicaciones como: prevención de riesgo, administración y monitoreo de recursos naturales, administración de sistemas energéticos y medición de la contaminación de ruido, entre otros.

En este trabajo se propone el diseño e implementación de un sistema GIS para el monitoreo inteligente del ruido ambiental. El prototipo integra un arreglo WSN con procesadores digitales de alto desempeño que permitirán monitorear en tiempo real los niveles de ruido, así como su ubicación geográfica. En la figura 1 se ilustra el

diagrama esquemático del sistema propuesto para el monitoreo inteligente del ruido.

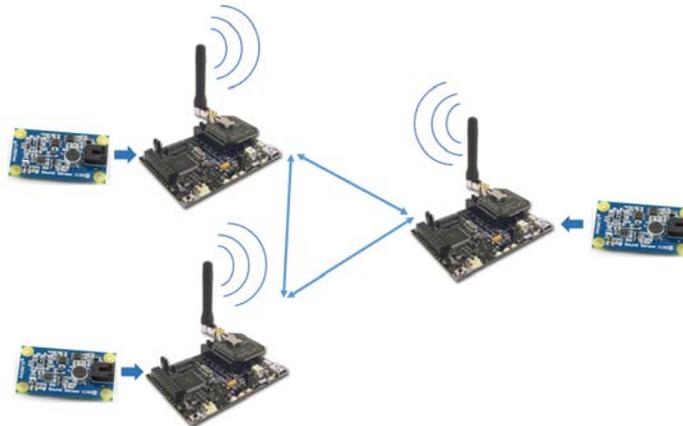


Figura 1. Sistema GIS para monitoreo de ruido ambiental.

El sistema GIS propuesto está compuesto por un sistema de adquisición de datos que utiliza un sensor de sonido y un microprocesador ARM de 32 bits para la lectura, almacenamiento, transmisión y despliegue de los datos. Este arreglo utiliza la tecnología inalámbrica ZigBee®, capaz de implementar diferentes topologías de red WSN, alcanzando una distancia máxima de 1600m.

Adicionalmente, se desarrolló una aplicación móvil para poder visualizar los datos medidos en tiempo real, así como los históricos almacenados. La aplicación toma los datos de un servidor web, implementado en una tarjeta de desarrollo. En la figura 2 se muestra el análisis comparativo entre un sonómetro comercial modelo TE1353 y el sistema GIS propuesto. El prototipo desarrollado ha sido calibrado con ayuda de este sonómetro, en condiciones de laboratorio, para validar sus mediciones.



Figura 2. Análisis comparativo entre el sensor de ruido y el sonómetro TE1353.

1. Chaiwatpongsakorn C., Lu M., C. Keener T. and Khang S. The Deployment of Carbon Monoxide Wireless Sensor Network (CO-WSN) for Ambient Air Monitoring. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2014, vol 11, Issue 6, pp 6246-6264.
2. Can A. and Saban S. Application of Wireless Sensor Networks with GIS on the Soil Moisture Distribution Mapping. GIS Ostrava 2009; vol1 pp. 25-28.

**ANÁLISIS DE IMÁGENES HIPERESPECTRALES DE PERCEPCIÓN REMOTA  
UTILIZANDO GPUs**

A. Castillo Atoche, O. Palma-Marrufo, B. Cruz-Jiménez, R. Quijano-Cetina y L.  
Ricalde-Castellanos

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México. [acastill@uady.mx](mailto:acastill@uady.mx)

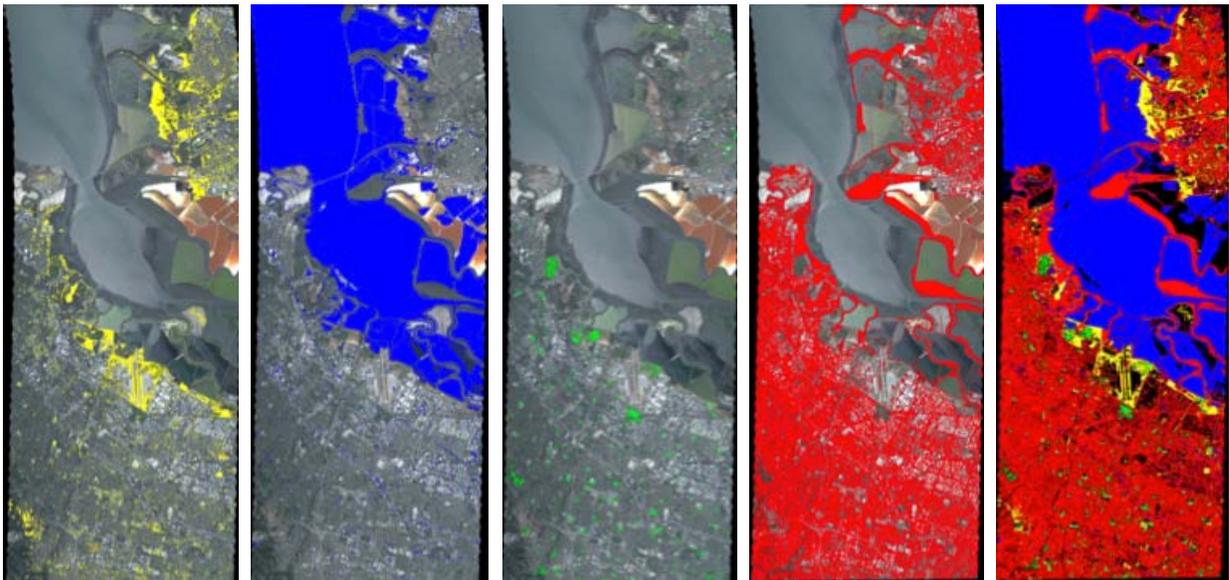
**RESUMEN**

Hoy en día, los instrumentos para la formación de imágenes hiperespectrales son capaces de recopilar cientos de imágenes que corresponden a diferentes canales de longitud de onda, para la misma región de la superficie de la Tierra [1]. Por ejemplo, el instrumento AVIRIS es capaz de registrar regiones de longitud de onda que van de los 380 a los 2500 nanómetros para un área que va de los 2–12 km de amplitud y varios kilómetros de longitud, usando 224 canales espectrales. En particular, el principal problema para el análisis de datos hiperespectrales consiste en la complejidad computacional para procesar este hipercubo casi continuo de datos. Adicionalmente, desde un punto de vista físico y sistemático, el problema de extraer la información del medio ambiente para desplegarla en forma de imágenes o mapas electrónicos, es referido como "problema inverso mal condicionado" orientado al sistema particular de percepción remota (RS, por sus siglas en inglés) en el canal de medición multisensor estocástico, el cual, es de gran interés científico. Metodológicamente, tales técnicas de análisis pueden ser categorizadas en dos grandes clases: paramétricas y no paramétricas. Las técnicas paramétricas destinadas al mejoramiento de imágenes, fusión de datos y análisis [2] proporcionan la extracción de información en modelos paramétricos relativos a las características del medio ambiente y de su estructura, pero son incapaces de reconstruir en su totalidad la imagen de una escena degradada limitando así sus aplicaciones de monitoreo del medio ambiente. Por otra parte, las técnicas no paramétricas existentes [3], proporcionan posibilidades de mejora en la eliminación de ruido y resolución espacial, pero son incapaces de realizar análisis geométrico, detección y localización de estructuras objetivo en escenas obtenidas por RS y por lo tanto, son incapaces de realizar una caracterización inteligente para el monitoreo del medio ambiente.

En este trabajo se propone una aproximación novedosa para el análisis de imágenes hiperespectrales basada en el concepto regularización robusta para resolver los

problemas de procesamiento adaptivo de datos causados por incertidumbres del canal y del sistema de percepción remota (RS) a través de la fusión de las técnicas mencionadas y la clasificación de las imágenes para el propósito de monitoreo y mapeo de alta resolución de diferentes rastros físicos de percepción remota (RSS, por sus siglas en inglés, “Remote Sensing Signatures”).

El resultado de extraer el mapa RSS de la imagen hiperespectral utilizando GPUs es el siguiente: la escena de prueba corresponde a una imagen hiperespectral del aeropuerto militar Moffett Field (MF) localizado en Estados Unidos, recogida por el instrumento AVIRIS. La dimensión de la imagen es de  $689 \times 4706$  píxeles, con 224 bandas espectrales. La implementación ha sido realizada en dos GPU Nvidia Tesla C2075, que cuenta con 448 núcleos que operan a 1.15 GHz. Los GPUs están conectadas a un CPU Intel Xeon E5603 de cuatro núcleos a 1,6 GHz.



**Figura 1.** Mapas de firmas espectrales correspondientes a (a) pastizales, (b) agua, (c) vegetación, (d) suelo y (e) todos los anteriores, extraídos de la imagen hiperespectral.

El algoritmo propuesto manifiesta clasificación de alta resolución en tiempo real de las imágenes de RS utilizando multi-GPUs. En particular, la implementación del algoritmo para la imagen hiperespectral del AVIRIS MF ocupa sólo 650 milisegundos para la imagen hiperespectral. Este rendimiento en tiempo es de aproximadamente 38 veces menor que la implementación basado en lenguaje C.

### Referencias

- [1] A.F. Goetz, G. Vane, J.E. Solomon, B.N. Rock, “Imaging spectrometry for Earth remote sensing”, *Science* 228, pp. 1147–1153, 1985.
- [2] Shkvarko, Y.V. Unifying experiment design and convex regularization techniques for enhanced imaging with uncertain remote sensing data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 48 (1), 82–111, 2010.
- [3] Castillo A., Torres, D., Shkvarko, Y.V., Experiment Design Regularization-Based Hardware/Software Co-Design for Real-Time Enhanced Imaging in Uncertain Remote Sensing Environment. *Eurasip J. Adv. Signal Process.* Edit. Hindawi, vol. 2010, 21 p., 2010.



**UADY**

FACULTAD DE  
INGENIERÍA

"Luz, Ciencia y Verdad"

## **XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN**

**2 - 3 de octubre de 2014**

**Mérida, Yucatán, México.**

### **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y ELÉCTRICAS EN MATERIALES COMPUESTOS A BASE DE EMULSIONES ASFÁLTICAS CON ELASTÓMEROS Y PARTÍCULAS CONDUCTORAS.**

Marisela de la F. Chi-Cob, Jorge B. Tuyub-Sánchez

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México, marisela.chi@uady.mx

#### **RESUMEN**

En la actualidad existe la necesidad de realizar esfuerzos por crear mejores carreteras, las cuales deben cumplir con las más rigurosas especificaciones. Para poder mejorar sus propiedades se ha intentado modificar estos asfaltos añadiéndoles algún nuevo material que sirva como ligante y que pueda brindarle estas mejoras en sus propiedades y así adquirir una vida útil mayor en comparación con los asfaltos convencionales. Un objetivo importante a la hora de utilizar materiales asfálticos consiste en diseñar un sistema que permita una fácil aplicación del asfalto, así como obtener una mejor adhesión entre el asfalto y el material pétreo que sirve de sustrato para el asfalto.

Dadas las condiciones actuales del planeta, donde se presentan problemas energéticos y ambientales que diariamente debe enfrentar el ingeniero, unido al aumento constante de los precios de los productos derivados del petróleo y la materia prima para la construcción de vías, es necesario desarrollar nuevas tecnologías sustentables, no solo para la sustitución de las técnicas y productos actuales, sino también para el mejoramiento de éstos. Es aquí donde se centra este trabajo, buscando una alternativa para la pavimentación mediante la creación de un material compuesto a base de una emulsión asfáltica mezclada con un material elastómero y material conductor.

La presente investigación tiene como objetivo elaborar un material compuesto a base de emulsión asfáltica con elastómeros reciclados de llantas y determinar si sus propiedades físicas cumplen con las normas mexicanas de la SCT para superficie de rodamiento. Además se le añaden a dicho material partículas conductoras (escoria de hierro), con el propósito de analizar la presencia de conductividad eléctrica en el mismo.

En el trabajo se realizó la investigación de las normas internacionales de la ASHTO y ASTM, así como las nacionales de la SCT en lo referente a emulsiones asfálticas modificadas, lo cual sirvió de guía para ejecutar las pruebas de las propiedades

físicas del material compuesto. Se efectuó el análisis granulométrico del elastómero (hule de llanta), la elaboración de muestras de diferentes emulsiones asfálticas: sin mezclar con algún material, mezcladas con el elastómero, mezcladas con el elastómero y partículas conductoras.

Se fabricaron las probetas para cada una de las siguientes tipos de emulsiones asfálticas-catiónicas: emulsión asfáltica de rompimiento rápido ECR-60, emulsión asfáltica de rompimiento rápido ECR-65, emulsión asfáltica de rompimiento súper estable ECS-60. Se elaboraron las pruebas correspondientes para determinar las propiedades físicas de las probetas de acuerdo a las normas correspondientes.

Una vez que se obtuvo el porcentaje mínimo de elastómero, se realizaron las muestras, se propuso porcentajes del elastómero: 0%, 17%, 18%, 19% y 20%. Del porcentaje de hierro se propuso 0%, 5% y 10%. Se estandarizaron las condiciones experimentales que producen el material compuesto de mejor desempeño, de acuerdo con la compatibilidad y la estabilidad asfalto-polímero, así como con sus características morfológicas y su variación de la viscosidad respecto a la temperatura.

De los resultados obtenidos de la prueba de Viscosidad Saybolt-Furol a 50° C se observa que para la emulsión ECR-65 con 20% de elastómero y 0% de hierro se presentó una viscosidad alta, también podemos decir que las combinaciones para las emulsiones con 10% de hierro no se presentan resultados ya que se presenciaba gran cantidad de residuo que no pasaba la malla #20, lo que ocasionaba que no se obtuviesen los 60 ml establecidos en la norma para cumplir con la prueba.

Para la prueba de destilación se obtuvo que para la ECR-60 arrojó un contenido de 57.12% de asfalto, para la ECR-65 un contenido de 65.75% de asfalto para la ECS-60 se observó un 60.05 % de asfalto, estos datos nos indican un alto grado de correspondencia de cada emulsión por lo que es aceptable.

Con todo lo anterior podemos concluir en esta etapa de la investigación:

- Que las emulsiones cumplen con las normas de calidad que exige la SCT.
- Que al agregarle el hule molido y realizar la mezcla al agitar ocasionamos el rompimiento rápido de dichas emulsiones.
- Que aumentamos la resistencia a penetración de estas emulsiones al agregarle el hule molido y la escoria de hierro.
- Que todas las emulsiones resultaron ser catiónicas como esperábamos.
- Cuando se realizó la destilación con los agregados se observó que el residuo era mayor, por lo que podemos concluir que estos residuos ayudan a tener una mezcla más sólida.
- Que esta mezcla puede ser usada para pavimentar calles rurales o aquellas que no presenten un elevado tránsito.

## PUBLICACIONES



## ARTÍCULOS EN REVISTAS

### 2012

Carvente-Muñoz O., Peraza-Mues, G. G., Salazar J. M., Suárez-Ruiz J. C. (2012), "Self-assembling of non-Brownian magnetic spheres". *Granular Matter*, 14, 303-308.

Corona, G., May K. (2012). Sustainability Assessment of Housing Construction in Mexico: Case Studies. *OIDA International Journal of Sustainable Development*. Vol. 4, 109-117.

Peñuñuri F., Larios F. and Bouzas A. O. (2012), "Single Top quark production at lepton colliders." *Journal of Physics: Conference Series* 378, 012018.

Solís R., Moreno E., Arjona E. (2012). Evaluación del Concreto con Bajas Relaciones Agua/Cemento y Agregados Calizos de Alta Absorción. *Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela*, Vol. 27 (4), 44-50.

Solís R., Moreno E., Castro P., Jiménez F. (2012). Norma de durabilidad para viviendas ubicadas en la costa: resultado de la vinculación de tres instituciones de educación superior de la Península de Yucatán. *Revista Innovación para la vinculación, Fomix Quintana Roo*. Núm. 3, 2012, 23-30.

Varela R. J., Moreno H. J., Lopez G. I. y Fernández B. L (2012), "Out-of-plane strength of confined masonry walls". *Journal of Structural Engineering, ASCE*. Volume 138, Number 11, pp 1331-1341.

Varela-Rivera J. L., Polanco-May M., Fernandez-Baqueiro L.E. and Moreno E.I. (2012), Reply to the Discussion by H. Jiang and B. Fu of "Confined masonry walls subjected to combined axial loads and out-of-plane uniform pressures", *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 39, No. 11, 1240-1241.

### 2013

Acosta M., Riech I., and Martín-Tovar E. (2013) "Effects of the Argon Pressure on the Optical Band Gap of Zinc Oxide Thin Films Grown by Nonreactive RF Sputtering" *Advances in Condensed Matter Physics* Vol 2013, Article ID 970976, 6 pages

Acosta M., Riech I., Borges A., Keb F., Guillermo H., Hau N. R. (2013), "Propiedades optoelectrónicas de películas delgadas de ZnO:Al crecidas por RF sputtering", *Revista Colombiana de Física*, vol. 45, No. 3, 2013

Alanis A. Y., Ricalde L. J., Simetti C. and Odone F. (2013), "Neural Model with Particle Swarm Optimization Kalman Learning for Forecasting in Smart Grids", *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2013, Article ID 197690, p 1-9.

Audeves S., Solís R., Álvarez S. (2013). Satisfacción y respuestas conductuales de los clientes que compran una vivienda, y gestión de las empresas constructoras de la voz del cliente. *Revista de la Construcción*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vol. 12 (1), 100-108.

Casares Salazar R., González Herrera R., Graniel Castro E. (2013). Field scale longitudinal dispersivities estimation in a karstic aquifer. *Internacional Journal of Water*. ISSN: 1465-6620. Vol. 7, No. 1, pp. 14 – 17.

Castillo Atoche A., Carrasco R., Ortegon Aguilar J. and Vazquez Castillo J. (2013), "A new tool for intelligent parallel processing of multispectral remotely sensed imagery," *Journal of Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2013, Article ID 405372, 1-10.

Castillo Atoche A., R. Quijano Cetina, O. Palma Marrufo (2013), "An Improved RBR Image Reconstruction Architecture Based On Supersystolic Techniques", *Journal of Ambient Intelligent and Humanized Computing*, Edit. Springer, 2013

Castillo Borges E. R., Santos Ocampo B., Méndez Novelo R. I., Pietrogiovanna Bronca J. A., Quintal Franco C., Espadas Solís A. y Pat Canul R. (2013). "Tratamiento de efluentes de fosas sépticas mediante el uso de un sistema de Contactor Biológico Rotatorio", *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, Vol. IV, No. 3, Pags. 125-134, ISSN 0187-8336.

Corona G., May K. (2013). Sustainable practices in Mexican housing projects to reduce emissions causing climate change. *OIDA International Journal of Sustainable Development*, Vol. 6, 37-48.

Gamboa-Marrufo M., Rosado-Hau N., Pacheco-Pacheco A. (2013) "Validación mediante CFD de los coeficientes de presión de una tenso estructura obtenidos en un túnel de viento". *Ingeniería* Vol. 17 No. 3. Pp. 215-222

López, R., Castro, E. y Molina, M. (2013). Actitudes de estudiantes de ingeniería de nuevo ingreso hacia el uso de la tecnología en matemáticas. *PNA*, 8(1), 31-50.

Martínez-Peña R. M., Hoogesteijn A. L., Rothenberg S. J., Cervera-Montejano M. D., Pacheco-Ávila J. G. (2013). "Cleaning Products. Environmental Awareness and Risk Perception in Merida", Mexico. *PLOS ONE*. Editorial: PLOSONE.ORG, 8 (8). ISSN: e1932-6203. [www.plosone.org](http://www.plosone.org).

Méndez Novelo R., Mena Velázquez R., Castillo Borges E. R. y Sauri Riancho M. R., (2013). "Evaluación de un reactor UASB para aguas porcinas inoculado con líquido ruminal", Revista Ingeniería de la FIUADY, Vol.17 No. 1, págs. 41-55, ISSN 1665-529-X

Moreno E. I. (2013) "Carbonation coefficients from concrete made with high-absorption limestone aggregate", Advances in Materials Science and Engineering.

Moreno E. I., Varela-Rivera J., Solís Carcaño R y Sánchez-Pech O, (2013). "Efecto de la fibras poliméricas en la permeabilidad y características mecánicas del concreto con agregado calizo de alta absorción, Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 17 (3), pp. 205-214, ISSN: 1665-529X.

Ponce C., Gamboa M., López M., Cerón I., Quintal C., Giácoman G., Loría J. (2013). Seasonal variation of airborne fungal propagules indoor and outdoor of domestic environments in Merida, Mexico. Revista Atmósfera, UNAM. Vol. 26, 369-377.

Ramírez Sosa D. R., Castillo Borges E. R., Méndez Novelo R. I., Sauri Riancho M. R., Barceló Quintal M., Marrufo Gómez J. (2013). "Determination of organic compounds in landfill leachates treated by Fenton-Adsorption. Waste Management International Journal of Integrated Waste Management", Science and Technology, Elsevier, Vol. 33, No. 2, pp 390-395.

Rejón V., Loeza M., Riech I. and Peña J. L. (2013), "Refractive index properties of oxygenated amorphous CdS thin film deposited by rf-sputtering" IEEE Proceedings, p 1170-1172

Rejón V., Riech I., Peña J.L. (2013), "Study of CdS/CdTe solar cells activated with an oxygen-CHClF<sub>2</sub> gas mixture" Solar Energy, Vol 95, Pages 319-324

Riech I., Acosta M., Zambrano-Arjona M. A., Peñuñuri F., Rosado-Mendoza M., Marín E., Rodríguez-Fragoso P., and Mendoza-Álvarez J. G. (2013) "Physical Properties of Macroporous Tungsten Oxide Thin Films and Their Impact on the Photocurrent Density" International Journal of Photoenergy Vol 2013, Article ID 765297, 8 pages

Sauri-Riancho M. R., Stentiford E. I., Gamboa-Marrufo M., Reza-Bacelis G., Cahuich-Poot N., Méndez-Novelo R. (2013) "Superficial Methane Emissions from a Landfill in Merida, Yucatan, Mexico". Ingeniería, Investigación y Tecnología, volumen XIV (número 3), julio-septiembre 2013: 299-310

Solís R., Arcudia C. (2013). Construction related accidents in Peninsula of Yucatan, Mexico. Performance of Constructed Facilities, ASCE. Vol. 27(2), 155-162.

Solís R., Arcudia C., Martínez G. (2013). Accesibilidad en edificios de Mérida, México. Ingeniería Revista Académica, UADY, Vol. 17, 111-125.

Solís R., Moreno E., Serrano C. (2013). Influencia del tiempo de curado húmedo en la resistencia y durabilidad del concreto. Concreto y Cemento, Investigación y Desarrollo, Vol. 4 (2), 15-25.

Solís R., Sosa A. (2013). Gestión de riesgos de seguridad y salud en trabajos de construcción. Revista Educación en Ingeniería, Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Vol. 8 (16), 161-175.

Zambrano-Arjona M. A., Peñuñuri F., Acosta M., Riech I., Medina-Esquivel R. A., Martínez-Torres P. and Alvarado-Gil J. J. (2013), "Photothermal model fitting in the complex plane for thermal properties determination in solids." Review of Scientific Instruments, 84, 024903.

Zaragoza J., González J., Cruz J. (2013). Un sistema de razonamiento basado en casos para apoyar la toma de decisiones en la industria de la construcción. Ingeniería Revista Académica, UADY, Vol. 17, 111-125.

## **2014**

Acosta C, Tapia A, Cab C, (2014) "Restricted Closed Shell Hartree Fock Roothaan Matrix Method Applied to Helium atom using Mathematica, European J. of Physics Education, 5, issue 2.

Canto G., Salazar-Ehuan I., González-Sánchez J., Tapia A., Quijano R., Simonetti S. (2014). "Density Functional Theory study of the hydrogen storage in a vacancy zone of an iron-nickel cell" International journal of hydrogen energy, 39, 8744.

Castillo Atoche A., Carrasco R., Palma O., Castillo J.V., (2014). "An efficient Systolic Array Grid-based Structure of the Robust Bayesian Regularization technique for Real-Time Enhanced Imaging in Uncertain Remote Sensing Environment", Journal Real-Time Image Proc., 9, 1-14.

Castillo Atoche A., Ortegón Aguilar J., Vázquez Castillo J., Rivera Roveló J., (2014). "Virtual Laboratory for Digital Image Processing", IEEE Latin America Transactions, 12, No. 6, 1176-1181.

Corona G., AbouRizk S., Karapetrovic S. (2014). Simulation-Based Fuzzy Logic Approach to Assessing the Effect of Project Quality Management on Construction Performance. *Journal of Quality and Reliability Engineering*. Vol. 2014, 1-18.

Domínguez-Rodríguez G., Tapia A., Avilés F. (2014). “An assessment of finite element analysis to predict the elastic modulus and Poisson’s ratio of singlewall carbon nanotubes” *Computational Materials Science*, 82, 257.

Dos Santos F. A., Gonçalves P. F., Cismasiu C., Gamboa-Marrufo M. (2014) “Smart glass facade subjected to wind loadings” *Structures and Buildings*. ICE Publishing. <http://dx.doi.org/10.1680/stbu.13.00011>.

González-Gutiérrez J., Carrillo-Estrada J.L. , Carvente-Muñoz O., Ruiz-Suárez J.C., (2014), “Free-energy landscapes of granular clusters grown by magnetic interaction”. *Eur. Phys. J. E*. 37.

Gonzalez Herrera R., Gomez López R. (2014). Two in one leachate plume in a karstic aquifer. *Environmental Earth Sciences*. ISBN 1866-6280. Vol. 68, No. 7, pp. 1945 – 1953.

González-Herrera R., Martínez Santibáñez E., Ávila J. P., Cabrera-Sansores A. (2014), Leaching and dilution of fertilizers in Yucatan karstic aquifer. *Environmental Earth Science*. DOI 10.1007/s12665-014-3192-y

Graniel Castro E., Yam Caamal J. (2014). “Efectos del Huracán Wilma al acuífero de la Península de Yucatán, México”. *Tecnología y Ciencias del Agua. Nota Técnica*. ISSN 0187-8336. Vol. V, Num. 3, Mayo-Junio de 2014.

Hernández-Rodríguez E., Rejón V., Riech I., Acosta M., Peña J.L., (2014), “Morphological and chemical study of CdTe thin films annealed in CHCl<sub>3</sub>-O<sub>2</sub> gas mixture”, *Solar Energy*, Volume 107, Pages 305-313

Moreno E., Solís R., Márquez R. (2014). Corrosion of Beach Concrete Housing in the Yucatan Peninsula. *International Journal of Electrochemical Science*, Vol. 9 (3), 1355-1365.

Pacheco Ávila J. G. (2014). El acuífero regional, estado actual y tendencias hacia el 2030. *Conexión Metropolitana, Revista Metropolitana. Revista electrónica I* (4), pp. 4-10. Disponible en: <http://acervoyucatan.com/wp-content/documentosacervo/revistaCM4.pdf>

Pacheco Ávila J. G., (2014). Mujer y agua. *Voz Activa. Pensamiento Crítico*. III (6), pp. 12-15.

- Pacheco Ávila J. G., Cabrera Sansores S. A., Zetina Moguel C. E. (2014). Caracterización del agua subterránea del Estado de Yucatán por medio de un índice global de calidad del agua. Revista electrónica Conexión Metropolitana, Revista Metropolitana, I (4), pp. 14-19. Disponible en: <http://acervoyucatan.com/wp-content/documentosacervo/revistaCM4.pdf>
- Peón-Escalante R., Villanueva C., Quintal R., Avilés F., Tapia A. (2014). "The bond force constant and bulk modulus of C60" Computational Materials Science, 83, 120.
- Perez Muñoz P., Quijano Cetina R., Flota Bañuelos M., Castillo Atoche A. (2014), "Solar photovoltaic emulator system based on a systolic array network", IEICE Trans. Fundamentals, E97-A, No. 5, 1119-1120.
- Solís L. (2014) "Taller multidisciplinario para el desarrollo de competencias de comunicación lingüística de la investigación". Formación Universitaria, Vol. 7, Número 2, marzo-abril, pág. 41-50.
- Solís R., Franco J. (2014). Construction workers' perceptions of safety practices: A case study in Mexico. Journal of Building Construction and Planning Research, Vol. 2(1), 1-11.
- Vales-Pinzón C., Alvarado-Gil J. J., Medina-Esquivel R., Martínez-Torres P., (2014) "Polarized light transmission in ferrofluids loaded with carbon nanotubes in the presence of a uniform magnetic field" Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 369, 114-121.

## LIBROS Y CAPÍTULOS DE LIBROS

### 2012

Pacheco-Avila J., Ponce-Caballero C., Quintal-Franco C. (2012). "Salmonella SPP. como bioindicador bacteriológico alternativo de contaminación fecal en agua". En: Contribuciones al conocimiento de la Ecotoxicología y Química Ambiental en México. Editorial: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. ISBN: 978-607-7563-54-9. pp. 222-235.

### 2013

Graniel Castro E., (2013). Acuíferos y recursos hídricos. En: García-Gil, G. y J., Sosa Escalante, J., Eds. Ordenamiento Territorial del Estado de Yucatán: Visión 2030. Universidad Autónoma de Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán. México. ISBN 978-607-00-6772-3.

Pacheco Avila J. G., (2013). "Reserva hidrogeológica para el abastecimiento de agua con calidad para la Zona Metropolitana de Mérida, Yucatán". En: Los Fondos Mixtos en la Investigación Científica Aplicada y el Desarrollo Tecnológico. Editorial: CONACYT/Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., ISBN: 978-607-9217-4-2, pp. 160-165.

Pacheco Avila J. G., Cabrera Sansores S. A. (2013). "Calidad del agua subterránea en el estado de Yucatán después del huracán Isidore (2002)". Editorial: Compañía Editorial de la Península SA de CV. ISBN: 978-607-9060-13-8, 144 p.

Ricalde L., Catzin G., Alanís A. y Sánchez E., (2013) Capítulo "Time Series Forecasting via Higher Order Neural Network Trained with the Extended", del Libro – Artificial Higher Order Neural Networks for Modeling and Simulation, Edit. IGI Global. ISBN 9781466621756.

### 2014

Delgado Carranza M. del C., Pacheco Ávila J. G., Cabrera Sansores A., Batllori-Sampedro E. y Bautista Zúñiga F., (2014). "Calidad agrícola del agua subterránea. En: La costa del estado de Yucatán, un espacio de reflexión sobre la relación sociedad-naturaleza, en el contexto de su ordenamiento ecológico territorial". Ed. Euán-Ávila, J.I., A. García de Fuentes, María de los Ángeles Liceaga-Correa y

Alfonso Mungía Gil. Plaza y Valdéz, México. ISBN 978-607-402-606-1., pp. 171-178.

Herrera-Rendón E., Cardona-Benavides A., Graniel-Castro E. (2014). Definición de unidades hidroestratigráficas en el norte de Yucatán: sus aplicaciones hacia el uso sustentable del agua subterránea. En: 10 soluciones para el manejo sustentable del agua: Península de Yucatan, Fundación ICA.

Pérez Ceballos R., Euán Ávila J. I., Pacheco Ávila J. G. y Gijón Yescas G. (2014). "Vulnerabilidad intrínseca y riesgo del acuífero a la contaminación. En: La costa del estado de Yucatán, un espacio de reflexión sobre la relación sociedad-naturaleza, en el contexto de su ordenamiento ecológico territorial". Ed. Euán-Ávila, J.I., A. García de Fuentes, María de los Ángeles Liceaga-Correa y Alfonso Mungía Gil. 2014. Plaza y Valdéz, México. ISBN 978-607-402-606-1., pp. 179-190

## MEMORIAS DE CONGRESOS

### 2012

Audeves S. Pech J., Solís R., Corona G. (2012). Metodología para desarrollar modelos de construcción de proyectos de vivienda, utilizando tecnología BIM. 6o Congreso Internacional Administración y Tecnología para el Diseño, UAM, México DF.

Buenfil J. L., Riech I. M., Camacho J. M., Rejon V., Peña J. L. (2012). "Optimizing the growth parameters of ITO for application in solar cells CdS/ CdTe" International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum, Riviera Maya, Sep 2012

Cervantes Martínez A., Sánchez y Pinto I., González Herrera R. (2012). Calidad del Agua y Análisis Físico y Químico de Ambientes Acuáticos de Uso Recreativo (Sistema "Caletita") en Isla Cozumel, México. I Congreso Guatemalteco de Hidrogeología. "Construir Capacidades para el Manejo del Agua. Celebrado en Ciudad de Guatemala - Río Hondo, Zacapa, Guatemala, del 19 al 24 de noviembre de 2012.

Corona G., Salazar P. (2012). La Integración de Los Procesos de Diseño y Construcción en la Realización de Proyectos Habitacionales de la Ciudad de Mérida, Yucatán. 6o Congreso Internacional Administración y Tecnología para el Diseño, UAM, México DF.

Duarte Coello R.J., Solís Lugo F.J., Castillo Atoche A., Ortegón Aguilar J., (2012). "GPU Implementation of Fuzzy Anisotropic Diffusion", ICT&Applications and Collocated Events Conference (ICTA'12), Orlando, Florida, USA, 2012.

Fernández Baqueiro L. E., González Herrera M. A., Varela Rivera J. L., Moreno E. I., Orduña Bustamante A. y Licea Panduro R. (2012). "Resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de bloques huecos de concreto de distintos espesores", Memorias del XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, 1-3 de Noviembre, Acapulco, Guerrero, México.

Grael Castro E., Cardona Benavides A., Rude T. (2012). Dispersión de solutos al norte de Mérida, Yucatán. I Congreso Guatemalteco de Hidrogeología, 19 al 24 de noviembre de 2012, Río Hondo, Zacapa, Guatemala.

Herrera Rendón E., Cardona Benavides A., Grael Castro E., Ocampo Díaz Y. (2012). Unidades hidroestratigráficas en el acuífero cárstico del norte de Yucatán, México. I Congreso Guatemalteco de Hidrogeología, 19 al 24 de noviembre de 2012, Río Hondo, Zacapa, Guatemala.

Isidro Ovando L., Graniel Castro E., Cardona Benavides A. (2012). Ubicación de la interface salina mediante el método electromagnético en la zona poniente del Transecto Progreso – Mérida, Yucatán, México. I Congreso Guatemalteco de Hidrogeología, 19 al 24 de noviembre 2012, Río Hondo, Zacapa, Guatemala.

Loeza Poot M. I., Riech I., Rejon V., Peña Chapa J. L. (2012). "Thin films of CdS: O deposited by RF- sputtering techniques" International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum, Riviera Maya, Sep 2012

M. Acosta, I. Riech, D. González, A. E. Martín-Tovar, (2012). "Metallic oxide thin films by non-reactive rf sputtering", III Congreso Nacional de Ciencia e Ingeniería en Materiales, Mérida, Yuc., 27 feb.-2 marzo 2012.

Moreno E., Solís R., Varela J., Gómez M. (2012). Resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo triturado de alta absorción. V Congreso Nacional ALCONPAT, Los Mochis, Sinaloa.

Moreno E., Solís R., Varela J., Vázquez C. (2012). "Curado externo en clima cálido sub-húmedo del concreto elaborado con agregado calizo triturado de alta absorción". V Congreso Nacional ALCONPAT, Los Mochis, Sinaloa.

Moreno Herrera J. A., Varela Rivera J. L. y Fernández Baqueiro L. E. (2012). "Análisis de sensibilidad de las variables que influyen en la resistencia fuera del plano de muros de mampostería confinada", Memorias del XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, 1-3 de Noviembre, Acapulco, Guerrero, México.

Orduña Bustamante A., Varela Rivera J. L., Licea Panduro R., Fernández Baqueiro L. E., Roeder Carbo G. y Terán Gilmore A. (2012). "Propiedades mecánicas de mampostería de las Ciudades de Mérida y Colima", Memorias del XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, 1-3 de Noviembre, Acapulco, Guerrero, México.

Pech-Canul M.A., Echeverría M., Pacheco-Avila J., Cabrera-Sansores A. (2012). "The use of scrap carbon-steel chips for remediation of groundwater contaminated with nitrate ions". En: Memoria del 34 Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales". Compilador: Dr. Jaime Enrique Pérez Terrazas, ISBN 978-607-7912-24-8. Saltillo, Coahuila. pp. 56-65.

Riech I., Rejón V. and Peña J.L. (2012). "Photoluminescence Study of CdTe/CdS Solar Cells Activated with Different Gas Mixtures" Material Research Society, Fall Meeting 2012, Boston, USA, Dic. 2012

Tapia A., Cab C., Canto G., (2012). "Estudio de primeros principios de la adsorción de átomos de hidrógeno en nanocables de carbono," Congreso Nacional de

Investigación Científica Básica 2012 “Casos de Éxito”, Cancún Quintana Roo, 21 al 23 de noviembre 2012.

Varela Rivera J. L., Moreno Herrera J. A. y Fernández Baqueiro L. E. (2012). “Flexión fuera del plano de muros de mampostería confinada con diferente relación de aspecto”, Memorias del XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, 1-3 de Noviembre, Acapulco, Guerrero, México.

Varela-Rivera J., Chan-Esquivel S. and Fernandez-Baqueiro L. (2012). “Overstrength factors for the seismic design of AAC Structures”, Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering, September 24 - 28, Lisbon, Portugal.

Vivas Pereira J. A., Varela Rivera J. L., de la Cruz H. J. (2012). “Comportamiento de conexiones tipo árbol sometidas a cargas cíclicas”, Memorias del XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, 1-3 de Noviembre, Acapulco, Guerrero, México.

## **2013**

Acosta C. R., Tapia A., and Cab C. (2013). "Restricted closed shell Hartree Fock applied to Helium using Mathematica", VI International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum 2013, Mérida Yucatán, 24- 27 Septiembre 2013.

Acosta M., Riech I. (2013), "Effect of argon pressure on the optoelectronic properties of aluminum doped zinc oxide", VI International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum, 23-27 septiembre 2013, Mérida, México.

Audeves S., Solís R., Álvarez A., Martínez A. (2013). Causas de fallas constructivas presentadas en proyectos de vivienda. 7o Congreso Internacional Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería, UAM, México, DF.

Audeves S., Solís R., Álvarez S. (2013). Expectativas y nivel de satisfacción de los clientes que compran una vivienda en México. Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción, Cancún QRoo.

Barcelo I., Zamora E., Méndez R., Giacoman G., Tello P. y Salazar M. (2013). Uso del residuo de la cáscara de huevo para adsorber lixiviados previamente tratados por un proceso de oxidación avanzada. 5° Congreso Interamericano de Residuos Sólidos, Lima Perú.

Canul Euán T., González Herrera R. (2013). Groundwater quality of Puerto Morelos karstic aquifer, Mexico. 8<sup>th</sup> IAHS International Groundwater Quality Conference. Gainesville, Florida, Estados Unidos. Abril de 2013.

Canul Euán T., González Herrera R. (2013). Diagnóstico de la calidad del agua subterránea de Puerto Morelos, Quintana Roo. III Simposium para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste de México. Mérida, Yucatán, México. Mayo de 2013.

Canul Euán T., González Herrera R. A., Avila J. P., Sauri Riancho M. R. (2013). "Calidad del agua subterránea en Puerto Morelos, Quintana Roo". Primer Congreso Nacional AMICA (Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental, A.C.), del 12 al 14 de noviembre en la ciudad de Campeche, Camp.

Carvente-Muñoz O., (2013), "Inversión de la temperatura granular: detonante de la cristalización de esferas no-Brownianas". Quinta reunión nacional de la Red Temática de Materiales Complejos y Nanoestructurados. Instituto de Física Luis Rivera Terrazas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

Carvente-Muñoz O., Salazar J. M., Suárez-Ruiz J. C. (2013), "Estudio computacional del autoensamblaje en medios granulares confinados". Segunda reunión nacional de la Red Temática de la Materia Condensada Blanda. Guanajuato, Gto. México.

Castillo Atoche A., Palma Marrufo O., Quijano Cetina R., Espinosa-Romero A., Maya Mendez M. (2013), "Real Time KAP Systems for Image Enhancement/Reconstruction of Remote Sensing Imagery", Conference on Electronics, Telecommunications and Computers (CETC'13), Lisboa, Portugal, 2013.

Castillo Borges E. R., Medina Martín A. A., Méndez Novelo R. I., Sauri Riancho M. R. (2013). "Carbón activado modificado para el tratamiento de lixiviados", 1º Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental A.C, AMICA, celebrado en la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche del 12 al 14 de noviembre de 2013.

Chan A., Corona G. (2013). La Madurez de los Sistemas de Gestión de la Calidad en las Empresas dedicadas al Desarrollo de Proyectos de Vivienda. Congreso Nacional de Vivienda 2013, México DF.

Chan J., Acosta M., Riech I. (2013), "Propiedades físicas y estructurales de películas delgadas de sulfuro de zinc crecidas por RF sputtering", IV Congreso Nacional de Ciencia e Ingeniería en Materiales, Hidalgo, 18-22 febrero 2013.

Coello Villanueva J. M., Sauri Riancho M. R., Castillo Borges E. R., Ponce Caballero M. C. (2013). "Efecto de la adición de agua residual en el composteo de residuos de jardín", 1º Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental A.C, AMICA, celebrado en la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche del 12 al 14 de noviembre de 2013.

Corona G., Chan A., Solís R. (2013). La Gestión de la Calidad en las Organizaciones dedicadas a la Construcción de Desarrollos Habitacionales. 7o Congreso Internacional Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería, UAM, México, DF.

Corona G., Solís R., Audeves S. (2013). La Integración de los Procesos de Diseño y Construcción en la Realización de Proyectos Habitacionales. Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción, Cancún, Q Roo.

Cortazar Cepeda M., González Herrera R. (2013). Groundwater modeling in a karstic aquifer. Puerto Morelos, Mexico. 8<sup>th</sup> IAHS International Groundwater Quality Conference. Gainesville, Florida, Estados Unidos. Abril de 2013.

Cortazar Cepeda M., González Herrera R. (2013). Modelo de flujo del acuífero de Puerto Morelos, Quintana Roo. III Simposium para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste de México. Mérida, Yucatán, México. Mayo de 2013.

Cruz Jiménez B. J., Contreras Rivero J., (2013). "Análisis de factores aplicado al agua residual de una planta de tratamiento de tipo fisicoquímico". 5to. Congreso Internacional sobre la Enseñanza y Aplicación de las Matemáticas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Mayo 2013

Cruz Jiménez B., Ricalde Castellanos L. J., Ordoñez E. (2013), "Representación de los latidos cardiacos mediante un autómata híbrido". Congreso Nacional de Control Automático. Octubre 2013.

Escalante Paredes R. A., Pacheco Avila J. G., Cabrera Sansores S. A. y Quintal Franco C. A. (2013). "Calidad del agua subterránea en la Zona Metropolitana de la ciudad de Mérida", Yucatán. Primer Congreso Nacional AMICA (Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental, A.C.), del 12 al 14 de noviembre en la ciudad de Campeche, Camp.

Figuroa B., Aguilar A., Quintal R., Gouriou C. (2013), "Performance test of a low cost roof-mounted wind turbine" Congreso de la División de Dinámica de Fluidos de la Sociedad Americana de Física APS/DFD.

Flota-Bañuelos M., Miranda H., Villanueva C., Álvarez-Salas R. (2013) "Esquema de control basado en modelo para un rectificador trifásico tipo Vienna". AMCA 2013, Octubre, Ensenada, B.C., México.

Flota-Bañuelos M., Villanueva C., Rodríguez-Cortés H., Escalante-Gutiérrez M. F. (2013). "Control de un rectificador monofásico multinivel basado en una técnica tolerante a variaciones en la carga". AMCA 2013, Octubre, Ensenada, B.C., México.

Gamboa-Marrufo M., Rosado-Hau N., (2013). Metodología para el diseño aerodinámico de las aspas de una turbina eólica pequeña. 1er Congreso Internacional de Agenda Verde. Nov. 2013. Los Cabos, BC, Mex.

González Herrera R., Cortazar Cepeda M., Sánchez y Pinto I. (2013). Presencia de un domo de agua subterránea en el acuífero de Puerto Morelos, Quintana Roo. IX Congreso Nacional de Aguas Subterráneas. México, D.F. Noviembre de 2013.

González J., Zaragoza N., Cruz J. (2013). Persistencia de la Experiencia de los Residentes de Obra de Edificación. Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción, Cancún QRoo.

González Herrera R., Sánchez y Pinto I. Hatfield K. (2013). Groundwater contamination in Puerto Morelos, Mexico. 8<sup>th</sup> IAHS International Groundwater Quality Conference. Gainesville, Florida, Estados Unidos. Abril de 2013.

Grael Castro E. (2013). Evaluación hidrodinámica e hidroquímica del agua subterránea del estado de Yucatán. Coloquio Nacional Agua Subterránea en México, Noviembre 2013, Cuernavaca, Morelos.

Grael Castro E., Cauich Kau D., Cardona Benavides A., Giacoman Vallejos G. (2013). Metales Pesados en el agua subterránea de Mérida, Yucatán, México. XV Congreso Bolivariano de Ingeniería Sanitaria y Medio Ambiente, Noviembre 2013, Cochabamba, Bolivia.

Jiménez L.F., Moreno E.I., Pérez A., Ortiz C., (2013). "Comportamiento mecánico y elástico de concreto con agregado grueso calizo reciclado de alta absorción" CONPAT'13, Control de Calidad, C 678-684, Cartagena de Indias, Colombia, 2013.

Laguna M., Audeves S., Corona G., Zaragoza N. (2013). Propuesta para generar modelos de construcción BIM de proyectos de edificación. 7o Congreso Internacional Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería, UAM, México, DF.

López, R., (2013). "Resolución de problemas de Cálculo mediante modelización matemática con Maple" Congreso Internacional de Educación, Tlaxcala, México, Septiembre, 2013

Lorenzo Flores A., Cabrera Sansores A., Pacheco Avila J. G., Osorio H. (2013). "Delimitación de áreas de protección del campo de pozos Mérida I, fuente de abastecimiento de la ciudad de Mérida, Yucatán". Primer Congreso Nacional AMICA (Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental, A.C.), del 12 al 14 de noviembre en la ciudad de Campeche, Camp.

Mañé Gutierrez Solís C., García Uitz C. C., Quintal Franco C., Castillo Borges E. R., Giácoman Vallejos G., Ponce Caballero M. C. (2013). "Aislamiento de cepas bacterianas con capacidad de degradación de fenantreno", 1º Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental A.C, AMICA, celebrado en la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche del 12 al 14 de noviembre de 2013.

May O., Quijano R., Cab C., (2013). "Generador de campo magnético variable", Primer Congreso Iberoamericano de Instrumentación y Ciencias Aplicadas (SOMI XXVII). San Francisco de Campeche, Campeche. Octubre de 2013.

Medina M., Corona G. (2013). La Administración de los Materiales en Proyectos de Edificación mediante Modelos BIM. 7o Congreso Internacional Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería, UAM, México, DF.

Méndez Novelo R. I., Canul Pool L. M., Castillo Borges E. R., Osorio Rodríguez J. H., (2013). "Selección del mejor inóculo para el tratamiento anaerobio de aguas porcinas", 1º Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental A.C, AMICA, celebrado en la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche del 12 al 14 de noviembre de 2013.

Moreno E., Solís R., Varela J. (2013). "Durability of porous limestone aggregate concrete under hot sub-humid climate". Concrete under Severe Conditions: CONSEC'13, Z.J. Li, W. Sun, C.W. Miao, K. Sakai, O. E. Gjorv, N. Banthia, eds., RILEM Publications, Bagneux, Francia, pp. 745-752, 2013

Palacios Sánchez L. C., Pacheco Avila J. G., Cabrera Sansores S. A., Sánchez y Pinto I. A. (2013). "Aplicación de técnicas geofísicas para la evaluación de parámetros hidrogeológicos en Mérida, Yucatán". Primer Congreso Nacional AMICA (Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental, A.C.), del 12 al 14 de noviembre en la ciudad de Campeche, Camp.

Palma O., Cruz C. (2013), "A new concept orbital pulley IVT transmission", ASME 2013, San Diego, USA.

Peña Chapa J. L., Rejón V., Riech I., (2013). "Oxygen and nitrogen effect on CdTe surface and solar cells parameters" 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, sep. 2013, Paris, France

Peña J. L., Riech I., Rejon V. (2013). "Oxygen effect on CdTe surface and CdS/CdTe solar cells parameters", 2do Simposio Internacional Sobre Energía Renovable y Sustentabilidad, Temixco, marzo 2013

Ramírez T., Loría J. (2013). Diseño de una guía de evaluación del nivel de sustentabilidad de una vivienda de interés social. Congreso Nacional de Vivienda Construida en Serie 2013, Mérida, Yuc.

Rejón V., Loeza M., Riech I., Peña J. L. (2013). "Refractive index properties of oxygenated amorphous CdS thin film deposited by rf-sputtering" 39th IEEE Photovoltaic Specialist Conference, Florida, junio 2013

Riech I., Acosta M., Cauich F., Bacelis A., Rejon V., Hernandez E., Peña J. L. (2013), "Analysis of CdTe solar cells based on n- i- p structure", VI International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum, 23-27 septiembre 2013, Mérida, México.

Rosado Torres A., Ruiz Zárate M., González Herrera R., Sánchez y Pinto I., Ponce Caballero C., Zetina Moguel C. (2013). Calidad del agua marina en las inmediaciones de dos manantiales de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. III Symposium para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste de México. Mérida, Yucatán, México. Mayo de 2013.

Rojas Fabro A. Y., Pacheco Avila J. G., Camargo Valero M. A., Esteller Alderich M. V. (2013). "Propuesta metodológica para la delimitación de perímetros de protección de pozos en un acuífero kárstico". Primer Congreso Nacional AMICA (Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental, A.C.), del 12 al 14 de noviembre en la ciudad de Campeche, Camp.

Salazar G., Álvarez S., Gómez M (2013). Propuesta de un diseño integrado utilizando BIM para el diseño de un campo atlético/estacionamiento dentro de un campus universitario. Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción, Cancún QRoo.

Salazar G., Álvarez S., Gómez M. (2013). Development of a 5D Case Study on the Design and Construction of a Parking Garage with a Rooftop Athletic Field at the WPI Campus. Second International 5D conference, Konstanz, Alemania.

Salazar G., Álvarez S., Gómez M. (2013). Modelado de información de construcción (BIM): una plataforma tecnológica y colaborativa para el mejoramiento a largo plazo de la sostenibilidad de edificaciones. Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción, Cancún QRoo.

Salazar G., Álvarez S., Gómez M. (2013). Use of Building Information Modeling in student projects at WPI. BIMForum Conference, Washington, USA.

San Pedro Cedillo L., Méndez Novelo R. I., Castillo Borges E. R., Barceló Quintal M. H., Hernández Nuñez E., Rojas Valencia M. N. (2013), "Identificación de compuestos orgánicos en los residuos sólidos generados en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios mediante Fenton-Adsorción", 1º Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental A.C, AMICA, celebrado en la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche del 12 al 14 de noviembre de 2013.

Solis Lugo F., Castillo Atoche A., Carrasco Alvarez R. and Vázquez Castillo J. (2013), "An Improved Performance for Real-Time Hyperspectral Image Classification using Multi-GPU Computing", 4th European Workshop on Visual Information Processing (EUVIP'13), June 10-12, Paris, France, 2013.

Solís R., Corona G., García A. (2013). La administración del tiempo de ejecución de los proyectos de obra pública. 7o Congreso Internacional Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería, UAM, México, DF.

Tapia A., Cab C., and Canto G. (2013). "DFT Study of Linear Carbon Chain Inside of Zigzag Carbon Nanotubes," 2013 MRS Fall Meeting, Boston, Massachusetts, USA, 1-6 December 2013.

Tapia A., Cab C., Canto G. and Acosta C. R. (2013). "Ab initio study of zigzag carbon nanowires", VI International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum 2013, Mérida Yucatán, 24- 27 Septiembre 2013.

Tapia A., Cab C., Medina-Esquivel R., and Canto G. (2013). "Density Functional Study of 4-Hydroxy-N-Desmethyl-Tamoxifen," 2013 MRS Fall Meeting, Boston, Massachusetts, USA, 1-6 December 2013.

Tapia A., Cab C., Medina-Esquivel R., and Canto G. (2013). "Electronic and structural properties of zigzag carbon nanowires: DFT study," 10th International Conference on Nanosciences & Nanotechnologies (NN13), Thessaloniki, Greece, 9-12 July 2013.

Tapia A., Cab C., Quijano R. F., Canto G. (2013). "Ab Initio study of the tamoxifen molecule", VI International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum 2013, Mérida Yucatán, 24- 27 Septiembre 2013.

Tapia A., Cab C., Quijano-Quiñones R. F., and Canto G. (2013). "Structural and electronic properties of endoxifen: DFT study," 10th International Conference on Nanosciences & Nanotechnologies (NN13), Thessaloniki, Greece, 9-12 July 2013.

Troconis de R incón O., Montenegro J. C., Vera R., Carvajal A. M., Mejia de Gutiérrez R., Del Vasto S., Saborio-Leiva E., Torres-Acosta A., Pérez-Quiroz J., Martínez-Madrid M., Almeraya-Calderón F., Gaona-Tiburcio C., Castro-Borges P., Moreno E. I., Pérez-López T., Salta M., de Melo A. P., Martínez I., Rebolledo N., Rodríguez G., Pedrón M., Millano V., Sánchez M., Anzola de Partidas E., (2013). "Reinforced concrete durability in Iberoamerican environments Duracon Project: Ten-year evaluation", NACE Corrosion/2013, Paper 2404, marzo 2013.

Vales-Pinzón C., Medina-Esquivel R. A., Alvarado-Gil J. J., (2013). "Magnetic field-induced optical anisotropy in ferrofluids loaded carbon nanotubes in the presence of uniform magnetic field", International Materials Research Congress-Cancún.

Zambrano-Arjona M. A., Peñuñuri F., Acosta M., Riech I., Medina-Esquivel R. A. (2013), "Photothermal model fitting in the complex plane for thermal properties determination in solids" International Materials Research Congress-Cancún.

Zaragoza N., Solís R., González J. (2013). Un prototipo computacional para la presupuestación y planeación de obras con base en modelos BIM. 7o Congreso Internacional Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería, UAM, México, DF.

## **2014**

Acosta M., Riech I., Rejon V., Peña J.L., (2014) "Transparent Conductive ZnO:Al/Ag/ ZnO:Al Multilayer Electrodes for Photovoltaic Applications grown by RF Magnetron Sputtering", MRS Spring Meeting 2014, San Francisco, U.S.A., 21-25 abril 2014.

Canto G., and Tapia A. (2014) "Electronic properties of Hydrogen adsorption on graphene," 10th International Conference Of Computational Methods In Sciences And Engineering, ICCMSE 2014, Greece, Athens 4-7 de April 2014.

Carvente-Muñoz O., (2014), "Weibull ditribution applied to describe the density and entropy of granular ensembles". The Jam-Packed Conference, Friedrich-Alexander Universität. Erlangen, Nürnberg, Alemania.

Castillo Atoche A., Ortegon Aguilar J., Vazquez Castillo J., Carrasco Alvarez R. and Duarte Coello R. (2014), "Parallel multispectral remote sensing data analysis: a case study of biosphere analysis on Yucatan peninsula", IEEE International Geoscience and Remote Sensing symposium (IGARSS14), July 13-18, Quebec, Canada.

Castillo-Cruz A., Zavala-Duran O., Quijano-Cetina R., Flota-Bañuelos M., Castillo Atoche A., (2014). "An Embedded Hardware Emulator Laboratory of Solar Photovoltaic Modules", World Renewable Energy Congress (WREC'14), August 3-8, London, United Kingdom.

Contreras Rivero J., Cruz Jiménez B. J. (2014). "Estudio de caso de la tendencia reprobatoria en las asignaturas de Cálculo de la FIUADY ".6to. Congreso Internacional sobre la Enseñanza y Aplicación de las Matemáticas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Mayo 2014

Cruz Jiménez B. J., Ricalde Castellanos L. Contreras Rivero J., (2014). "Análisis de señales biomédicas mediante el uso de transformadas wavelet y Fourier".6to. Congreso Internacional sobre la Enseñanza y Aplicación de las Matemáticas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Mayo 2014

Gamboa-Marrufo M., Rosado-Hau N., (2014) Parques Eólicos en Yucatán: perspectivas y retos. XII Foro de Recursos Naturales. Marzo 2014. Mérida, Yuc., Méx.

Hernández Castillo R., Acosta Díaz M., Riech Méndez I., Rejón Moo V., Hernández Rodríguez E., Mis Fernández R., Peña Chapa J., (2014) "Characterization and processing of ZnS thin films for solar cells applications", XXIII International Materials Research Congress, 17-21 agosto 2014, Cancún México.

Hernández Castillo R., Acosta M., Riech I., (2014) "Crecimiento y caracterización de películas delgadas de ZnS para su uso en celdas solares de película delgada", Primer Congreso Regional de Aprovechamiento de Energías Renovables en el Sureste de México, 20 y 21 junio 2014, Mérida, México.

Medina-Esquivel R. A., Vales-Pinzón C., Ocampo C., Zambrano-Arjona M. A., Mendez-Gamboa J. A., Peñuñuri F., Alvarado-Gil J. J., (2014) "Null thermal enhancement of ferrofluids under magnetic fields", International Materials Research Congress-Cancún.

Riech I., Acosta M., Hernandez R., Rodriguez P., Rejon V., Hernandez-Rodriguez E., Peña J. L., (2014) Study of the Defect States at the ZnS/CdTe and ZnS/CdS/CdTe Structures, MRS Spring Meeting 2014, San Francisco, U.S.A., 21-25 abril 2014.

Salazar G., Álvarez S., Gómez M. (2014). A BIM-Enabled Integrated Design Approach For An Athletic Field/Parking Garage Facility At The WPI Campus. Building Smart Alliance-BIMForum Conference, Washington, USA.

Salazar J. M., Carvente-Muñoz O., Suárez-Ruiz J. C. (2014), "Information entropy calculations of vibrated granular ensembles". Condensed Matter in Paris 2014, Université PARIS DESCARTES, París, Francia.

Solís L. (2014). "Taller transdisciplinario para el desarrollo de competencias de comunicación lingüística y de investigación". XLI Conferencia Nacional de Ingeniería de la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería. Puebla, Puebla, 5 de junio de 2014.

Solís L., Ayora, E., Mena Romero D. (2014). "Propuesta curricular para la formación de ingenieros, en vinculación comunitaria intercultural". XLI Conferencia Nacional de Ingeniería de la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería. Puebla, Puebla, 5 de junio de 2014.

Solís R., Corona S. (2014). Accessibility in Mexican Buildings. The International Conference on Sustainable Development, Ontario, Canada.

Tapia A., Cab C., Quijano R. F., Canto G. (2014) "Structural and electronic properties of tamoxifen and endoxifen molecules: DFT study," 10th International Conference Of Computational Methods In Sciences And Engineering, ICCMSE 2014, Greece, Athens 4-7 de April 2014.

Zambrano-Arjona M. A., Ocampo C., Mendez-Gamboa J. A., Peñuñuri F., Tapia A., Medina-Esquivel R. A., (2014) "Thermal enhancement of ferrofluids loaded with graphitized carbon nanofibers under magnetic field", International Materials Research Congress-Cancún.

## REPORTES DE INVESTIGACIÓN

### 2013

Informe técnico. Título: Estudio de primeros principios de grafeno hidrogenado y grafeno con vacancias. Del Proyecto: Estudio de primeros principios de grafeno hidrogenado y grafeno con vacancias. Responsable: Cesar Cab. Colaboradores: Jorge Alejandro Tapia González y Cesar Acosta, PROMEP/103.5/12/3639, Fecha: 2 Septiembre de 2013

Fortalecimiento de los laboratorios de investigación en energías fotovoltaica y eólica de la FI-UADY. Responsable: Milenis Acosta Díaz. Colaboradores: Inés Riech Méndez, Miguel Ángel Zambrano Arjona, Jorge Alejandro Tapia González, José Ángel Méndez Gamboa, Rubén Arturo Medina Esquivel, Mauricio Gamboa Marrufo, Jorge Luis Varela Rivera, Luis Enrique Fernández Baqueiro, INFR-2011-03-174034, CONACYT 2012-2013.

## **Patentes**

### **2014**

A. Castillo-Atoche, L. Ricalde-Castellanos, R. Peón-Escalante, “Guante guía para invidentes”, No. De Expediente: IMPI MX/a/2009/001705, Título de la Patente: 320295, Marzo 2014

## TESIS



RELACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA OPCIÓN AMBIENTAL

ARQTO. ALEJANDRA HERRERA MOLINA  
“ANÁLISIS DEL RIESGO A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA METROPOLITANA DE MÉRIDA, YUCATÁN”  
Noviembre 12 de 2012  
MIA. Santos Armando Cabrera Sansores

ING. FIS. HEIDY ELENA DZUL CARRILLO  
“ADSORCIÓN DE FENANTRENO EN LODOS ACTIVADOS”  
Diciembre 17 de 2012  
Dr. Carlos Alberto Quintal Franco

ING. CIV. ALFONZO LORENZO FLORES  
“DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE PROTECCIÓN DEL CAMPO DE POZOS MÉRIDA I, FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN”  
Julio 12 de 2013  
MIA. Santos Armando Cabrera Sansores

Q.I. JOCELYN MARÍA COELLO VILLANUEVA  
“EFECTO DE LA ADICIÓN DE AGUA RESIDUAL EN EL COMPOSTEO DE LOS RESÍDUOS DE JARDÍN”  
Septiembre 03 de 2013  
Dra. María Rosa Sauri Riancho

ING. AMB. AMBAR ALEXIS MEDINA MARTÍN  
“CARBÓN ACTIVADO MODIFICADO PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS”  
Septiembre 03 de 2013  
MIA. Elba René Castillo Borges

I.Q.I. LEYDY MARÍA ARACELY CANUL POOL  
“SELECCIÓN DEL MEJOR INÓCULO PARA EL TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS PORCINAS”  
Septiembre 19 de 2013  
Dr. Roger Iván Méndez Novelo

BIOL. ARLETT ASTRID ROSADO TORRES  
“EFECTO DE LAS DESCARGAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA LAGUNA ARRECIFAL DE PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO”  
Septiembre 27 de 2013  
MC. Carlos Enrique Zetina Moguel  
Dr. Miguel Ángel Ruiz Zárate

ING. CIV. MARIO HUMBERTO CORTAZAR CEPEDA  
“MODELACIÓN DEL TRASPORTE DE CONTAMINANTES EN EL ACUÍFERO COSTERO DE PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO”  
Octubre 02 de 2013  
Dr. Roger Amilcar González Herrera

ING. GEOL. LAURA CAROLINA PALACIOS SÁNCHEZ  
“APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOFÍSICAS PARA LA EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS EN MÉRIDA, YUCATÁN”  
Octubre 03 de 2013  
Dra. Julia Guadalupe Pacheco Ávila

BIOL. TERESITA DE JESÚS CANUL EUÁN  
“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO”  
Octubre 10 de 2013  
Dr. Roger Amilcar González Herrera

XIV SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN  
2 y 3 de octubre de 2014

Q.I. RICARDO ALEJANDRO ESCALANTE PAREDES  
“CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA  
CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN”  
Octubre 21 de 2013  
Dra. Julia Guadalupe Pacheco Ávila

I.Q. DAMARIS SINAI GONZÁLEZ CHUC  
“EVALUACIÓN DEL EFECTO FOTOCATALÍTICO (UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) SOBRE LA DEGRADACIÓN DE  
ÁCIDOS GRASOS EN AGUAS RESIDUALES PORCÍCOLAS TRATADAS ANAERÓBICAMENTE”  
Octubre 22 de 2013  
Dr. Germán Giácoman Vallejos

ING. SIST. ESTR. INF. FRANCIA ISABEL GONZÁLEZ ESCARELA  
“EVALUACIÓN DE MATERIAL NANOESTRUCTURADO MOF-5 EN LA ADSORCIÓN DE AZUL DE  
METILENO PRESENTE EN EL AGUA”  
Octubre 24 de 2013  
Dr. Carlos Alberto Quintal Franco  
Dr. Alejandro Zepeda Pedreguera

I.Q. MARÍA ESTHER COUOH MENDOZA  
“EFECTO DEL OZONO SOBRE LA TRANSFORMACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS EN AGUAS  
RESIDUALES DEL SECTOR PORCÍCOLA”  
Octubre 30 de 2013  
Dr. Germán Giácoman Vallejos

RELACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA OPCIÓN CONSTRUCCIÓN

ING. LAURA VALERIA TERÁN MARÍN  
“INFLUENCIA DE LA ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS CALIZOS Y DE LA HUMEDAD AMBIENTAL EN EL CURADO DEL CONCRETO EN CLIMA CÁLIDO SUB-HUMEDO”  
Noviembre 21, 2012

MI. Rómel Gilberto Solís Carcaño

ING. JOSÉ MANUEL CRUZ AC  
“UN SISTEMA DE RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS PARA APOYAR LA TOMA DE DECISIONES EN LA GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN”

Diciembre 5, 2012

MI. José Antonio González Fajardo

ING. HÉCTOR MANUEL VILLANUEVA OJEDA  
“LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL EN LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE VIVIENDA EN MÉRIDA, YUCATÁN”

Diciembre 13, 2012

Dr. José Humberto Loría Arcila

ING. TERESA ESTHER RAMÍREZ ORTEGÓN  
“LA VIVIENDA DEL INTERÉS SOCIAL SUSTENTABLE EN LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN: SUS POSIBILIDADES Y VENTAJAS”

Julio 10, 2013

Dr. José Humberto Loría Arcila

ING. ROMMY ALEJANDRA CASTILLOS GALLEGOS  
“SATISFACCIÓN LABORAL DE LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN EN YUCATÁN”

Septiembre 18, 2013

M.I. Rómel Gilberto Solís Carcaño

ARQ. ROXANA GUADALUPE ZOZAYA ÁVILA  
“LA GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS Y SUS EFECTOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE VIVIENDA EN MÉRIDA, YUCATÁN”

Diciembre 12, 2013

M.I. Josué Gerardo Pech Pérez

ARQ. ARELY DEL PILAR CHAN ARCEO  
“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE LA MADUREZ DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD EN LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE PROYECTOS HABITACIONALES”

Enero 27, 2014

Dr. Gilberto Abenamar Corona Suárez

RELACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA OPCIÓN ESTRUCTURAS

ING. SILVESTRE ALBERTO CHAN ESQUIVEL  
“**COMPORTAMIENTO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA CON ABERTURAS SUJETOS A CARGAS FUERA DEL PLANO**”  
Diciembre 10, 2012  
Dr. Jorge Luis Varela Rivera

ING. CHRISTIAN GONZÁLEZ CANO  
“**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A CORTANTE DIRECTO DE LA MAMPOSTERÍA CONSTRUÍDA EN EL MUNICIPIO DE MÉRIDA**”  
Julio 8, 2013  
M.C. Gabriel Vargas Marín

ING. MELCHOR ISRAEL SOSA MORENO  
“**COMPORTAMIENTO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO SUJETOS A CARGAS LATERALES EN SU PLANO**”  
Septiembre 12, 2013  
Dr. Luis Enrique Fernández Baqueiro

RELACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA OPCIÓN ENERGÍAS RENOVABLES

ING. FIS. NIDIANA ROSADO HAU  
“ESTUDIO EXPERIMENTAL EN TÚNEL DE VIENTO DE LA AERODINÁMICA DEL ASPA DE UNA TURBINA EÓLICA”  
Agosto 27, 2013  
Dr. Mauricio Gamboa Marrufo

ING. CIV. LUIS FELIPE CAUICH KEB  
“OBTENCIÓN DE CELDAS SOLARES CON INTERCAPA NANOMÉTRICA DE CdTe”  
Octubre 11, 2013  
Dra. Inés Margarita Riech Méndez  
Dr. Víctor Manuel Rejón Moo

ING. ELECT. BENJAMÍN GONZÁLEZ CARRILLO  
“DISEÑO DE UN AEROGENERADOR AUTOSOPORTADO”  
Diciembre 16, 2013  
Dr. Luis Josué Ricalde Castellanos

ING. FIS. MARIO EDUARDO PALMERO BOJÓRQUEZ  
“ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DE CELDAS SOLARES DE CdTe POR RADIOMETRÍA FOTOTÉRMICA INFRARROJA”  
Diciembre 17, 2013  
Dr. Miguel Ángel Zambrano Arjona

ING. FIS. HUMBERTO ALFONSO GUILLERMO PALOMO  
“ESTUDIO DE PROPIEDADES DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO EN CELDAS SOLARES DE CdTe”  
Marzo 27, 2014  
Dra. Inés Margarita Riech Méndez

ING. MECATR. GLENDY ANYALÍ CATZÍN CONTRERAS  
“IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA DE UN ESQUEMA DE CONTROL REPETITIVO PARA COMPENSACIÓN ARMÓNICA”  
Julio 17, 2014  
Dr. Gerardo Escobar Valderrama