

Volumen 9 | Número Especial 4 | Octubre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO  
UAGro  Dirección General de Posgrado e Investigación | Dirección de Investigación



CONACYT **13<sup>o</sup>** COLOQUIO ESTATAL DE JÓVENES TALENTOS EN LA INVESTIGACIÓN

**ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES LICENCIATURA**

# Memorias

Área VII: Ingenierías

3, 4 y 5 de Octubre 2018

Acapulco, Guerrero, México



**UAGro**

Dirección General de Posgrado e Investigación

<http://tlamati.uagro.mx>



## Comité Editorial

### Consejo Editorial

Dr. Javier Saldaña Almazán (Presidente)  
Dra. Berenice Illades Aguiar (Secretaria)  
Dr. Justiniano González González (Vocal)  
M. C. José Luis Aparicio López (Vocal)  
Dr. Crisólogo Dolores Flores (Vocal)  
Dr. Oscar Talavera Mendoza

### Editores responsables

Dr. Oscar Talavera Mendoza  
Dr. Juan Baltazar Cruz Ramírez

### Editores por áreas del conocimiento

Dr. Elías Hernández Castro  
Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. José Legorreta Soberanis  
Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. José Francisco Muñoz Valle  
Universidad de Guadalajara

Dr. José María Sigarreta Almira  
Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. Rodrigo Carramiñana  
Southern Illinois University

Dra. Laura Sampedro Rosas  
Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. Ricardo Sánchez García  
Universidad Autónoma de Guerrero

Dra. Luisa Concepción Ballester  
Southern Illinois University

### Responsable de la Edición

Dr. Juan Baltazar Cruz Ramírez

### Coordinación Editorial

Lic. Isabel Rivero Cors

### Auxiliares de Edición

Q.B.P. Juan Carlos Cruz Martínez  
Lic. Tania Alejandra Reyes

### Corrección de estilo

M. C. Magdalena Martínez Durán



Fotografía de la portada: Composición digital basada en el poster de la convocatoria al 13vo. Coloquio Estatal de Jóvenes en la Investigación CONACYT. Autor: Universidad Autónoma de Guerrero.

Ciencias Agropecuarias

Ciencias Biomédicas y de la Salud

Ciencias Biomédicas y de la Salud

Ciencias Exactas y Matemáticas

Ciencias Exactas y Matemáticas

Ciencias Ambientales y Desarrollo Regional

Ciencias Sociales, Filosofía y Sociología

Ciencias Sociales, Filosofía y Sociología

*Tlamati Sabiduría*; Volumen 9, Número Especial 4, Octubre 2018 es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Guerrero, a través de la Dirección General de Posgrado e Investigación. Domicilio: Javier Méndez Aponte No. 1, Col. Servidor Agrario, C.P. 39070. Tel: (01 747) 471 93 10 ext. 3091. Chilpancingo, Guerrero, México. Site de la revista: <http://tlamati.uagro.mx> E-mail: [tlamatisabiduria@uagro.mx](mailto:tlamatisabiduria@uagro.mx) Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2009-040817000000-102. ISSN 2007-2066. Este número se publicó el 30 de Octubre del 2018. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación para fines didácticos.



**Comité Evaluador del 13vo. Coloquio Estatal de Jóvenes en la  
Investigación CONACYT y 6to. Encuentro de Jóvenes  
Investigadores de Licenciatura Área VII: Ingenierías**

**CORDINADOR DE EVALUADORES DEL ÁREA**

Dr. Juan Baltazar Cruz Ramírez

**EVALUADORES DEL ÁREA**

Dr. Roberto Arroyo Matus  
M. C. Cesar López Godoy  
Ing. Marisol Juárez Calderón





## Editorial

Si consideramos la publicación de resultados de investigación desarrollados por jóvenes investigadores como una propuesta de innovación disruptiva, considerada como la que conduce a la aparición de elementos que utilizan preferiblemente una estrategia que produce una ruptura brusca, a fin de competir contra una actividad o tecnología dominante, encontramos en estas propuestas emanadas del 13vo. Coloquio Estatal de Jóvenes en la Investigación CONACYT, una búsqueda progresiva y disruptiva hacia la consolidación de un planteamiento de desarrollo de las ideas de crecimiento y aumento de la divulgación científica, antes exclusiva de los investigadores ya establecidos.

La sinergia creada entre los asesores de los proyectos de investigación y el crecimiento de los jóvenes investigadores muestra los beneficios mutuos que de estas ideas emergen, ya que generan tendencias internas hacia el desarrollo de ideas y planteamientos innovadores y muchas de estas propuestas, son sustento de ideas disruptivas que en su desarrollo y consolidación, son mejoradas progresivamente y van ocupando paulatinamente los nichos a los que las ideas tradicionales establecidas va renunciando y en muchas ocasiones, consiguen desplazar a las establecidas.

Los avances tecnológicos y el conocimiento científico progresan más rápido que nuestra capacidad para dominarlos y aprender a aplicarlos en un contexto de vida cotidiana, por lo que se hace necesario recapacitar sobre el hecho de proponer una oportunidad a los jóvenes del Nivel Superior de la UAGro, a quienes se les reconoce la actividad científica como una dinámica del pensamiento sustentada en un proceso metodológico, enfocado en demostrar las afirmaciones y conclusiones que los investigadores formalizan como consecuencia de sus observaciones. También se hace necesario respetar y difundir los resultados de estos esfuerzos mediante nuevas propuestas para fomentar, evaluar y socializar la producción científica que se cristaliza en estas memorias. Además, debemos proveer los mecanismos para que estas propuestas sean evaluadas y acreditadas en todo nivel académico, sin descontar las posibilidades de discusión y respuesta por parte de la misma comunidad científica, con el fin de fomentar la interacción y el análisis crítico entre los investigadores y las instituciones que los amparan.

Tlamati Sabiduría como medio de difusión científica, está orientada a darle la oportunidad no solo a los investigadores establecidos para dar a conocer sus trabajos, también procura fomentar la participación de los jóvenes investigadores, quienes mediante la asesoría de sus mentores académicos, presentan sus trabajos en éste número especial, pensado como un medio para estimular y fomentar la investigación en los niveles educativos en los que tradicionalmente no se incluía esta función sustantiva.

Los trabajos en este número son parte de los trabajos expuestos en el 6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores de Licenciatura Área VII: Ingenierías, y es con esta edición especial de Tlamati Sabiduría que nos permitimos promover la publicación de un número cada vez mayor de autores noveles, pero sin descuidar la relevancia de los trabajos publicados en este número, de esta manera, formalizamos las responsabilidades y compromisos que los jóvenes investigadores tienen con la sociedad.

Dr. Juan Baltazar Cruz Ramírez



## Contenido

### **Análisis espacial de las zonas inundables y su relación con la amplificación sísmica en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**

*Albano García Pacheco (Becario), Dr. Raúl González Herrera (Asesor)*

### **Inducción a la floración usando agentes mutagénicos en *Hibiscus sabdariffa* L.**

*Aldair Magaña González (Becario), Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales (Asesora)*

### **Relación de las zonas con mayor amplificación sísmica respecto de las zonas inundables en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**

*Andrea Guadalupe Castrejón Cortés (Becaria), Dr. Raúl González Herrera (Asesor)*

### **Comparación del grado de carbonatación en probetas de hormigón armado, a temperatura ambiente y en cámaras de carbonatación acelerada**

*Clara Avilez Nepomuceno (Becaria) Dr. Tezozomoc Pérez López (Asesor)*

### **Obtención de la ruta corta en un grafo**

*Daniel Iván Salado Torres (Becario), M.C. Fidel González Gutiérrez (Asesor)*

### **Análisis de imágenes para la detección de áreas libres de células en el “ensayo de cierre de herida” utilizando MATLAB**

*Estefany Alexa Franco Pérez (Becaria), Dr. Antonio Alarcón Paredes (Asesor)*

### **Cementos y cerámicos de bajo impacto ambiental: Cemento sustentable a base de desecho urbano de vidrio soda-cal-sílice activado con aditivos especiales**

*Galilea Escalante Vázquez (Becaria), Dr. José Iván Escalante García (Asesor)*

### **Estudio de materiales para aligerar la masa de piezas de mampostería de concreto hidráulico**

*Héctor Alejandro Nájera Donjuán (Becario), M.C. Alfredo Cuevas Sandoval (Asesor)*

### **Caracterización de uso de suelo mediante imágenes Landsat en el estado de Querétaro**

*Itzel Guadalupe Fernández Morales (Becaria), Dr. Christian Eduardo Hernández Mendoza (Asesor)*

### **Caracterización de componentes de tabicón pesado producidos mediante una planta semiautomática**

*José Manuel Rodríguez Cisneros (Becario), M.C. Alfredo Cuevas Sandoval (Asesor)*

### **Clasificador mejorado de textos para el contexto de medio ambiente usando Naive Bayes multinomial en México**

*Lorena García García (Becaria), Dr. Miguel Félix Mata River (Asesor), M. C. Roberto Zagal Flores (Co-Asesor)*

**Análisis espacial de las zonas inundables y su relación con la amplificación sísmica en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**

*Luis Manuel Rendón Carreto (Becario), Dr. Raúl González Herrera (Asesor)*

**Implementación de algoritmo genético sobre juego del gato en un robot humanoide NAO**

*Luz Clarita Pérez Solano (Becaria), Dr. Horacio Rostro González (Asesor)*

**Polímeros reforzados con fibras de basalto en sustitución del reforzamiento típico con acero en pisos industriales**

*Pedro Cruceño García (Becario), Dr. Alejandro Herrera Duran (Asesor)*

**Desarrollo recursos tecno-educativos**

*Yadhira Natividad Bello Castro (Becaria), Dr. Claudia Marina Vicario Solorzano (Asesora)*

**Detección de zonas potencialmente contaminadas con hidrocarburos en San Juan del Río, Querétaro, mediante imágenes Landsat.**

*Yameli Alvarez Agustiniano (Becaria), Dr. Christian Eduardo Hernández Mendoza (Asesor).*



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018  
Memorias*

## **Análisis espacial de las zonas inundables y su relación con la amplificación sísmica en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**

Albano García Pacheco (**Becario**)  
Facultad de Ingeniería de la UAGro  
Programa Delfín  
Albanog.pacheco@outlook.com  
Área VII: Ingeniería e industria  
Dr. Raúl González Herrera (**Asesor**)  
Profesor-Investigador UNICACH  
raul.gonzalez@unicach.mx

### **RESUMEN:**

Los efectos de sitio son el resultado del movimiento del terreno debido a la incidencia de ondas sísmicas en un punto dado, el cual depende naturalmente de los parámetros asociados a la fuente sísmica que las originó y de la atenuación de la energía sísmica conforme se propaga desde la fuente al sitio de interés (*Chaves-García et al., 2014*). Si el área de estudio está constituida por materiales sueltos o blandos, el movimiento sísmico se verá afectado en amplificación. Resaltando así la importancia del uso de la técnica de micro-tremores (vibración ambiental), la cual permite obtener la estimación de la respuesta de un sitio, utilizando un acelerógrafo episensor, puesto que es una excelente alternativa, que brinda muy buenos resultados, comparados con los obtenidos con otras técnicas. Además el uso de vibración ambiental es una herramienta muy simple y económica, que se puede aplicar en cualquier momento y no requiere esperar, como con otras técnicas, la ocurrencia de un terremoto.

**Palabras claves:** efecto de sitio, acelerógrafo, micro-tremores

## INTRODUCCIÓN

Diferentes zonas de la república mexicana se han visto afectadas por sismos fuertes que han provocado pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales. Por tal motivo, en los últimos años se han realizado estudios importantes sobre la respuesta sísmica que se presentan en los suelos donde existen asentamientos humanos e infraestructura. Los daños a las estructuras ocasionados por sismos están influenciados por la respuesta sísmica del terreno al paso de las ondas sísmicas, las cuales sufren modificaciones por la presencia de diferentes tipos de materiales, principalmente en las zonas con suelos blandos, ocasionando que la intensidad sísmica aumente.

El estado de Chiapas no escapa a esta realidad, pues está constantemente amenazada por ocurrencia de terremotos debido a la interacción de la placa la de Cocos, la Norteamérica y la del Caribe; situación por la que la entidad sufrió la presencia de por lo menos diez sismos de magnitud mayor a 6.5 en la escala de Richter durante el siglo pasado, destacándose entre éstos, el ocurrido en el municipio de Villaflores el 21 de octubre de 1995, de magnitud 6.5, que causó daños importantes principalmente en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

La amplificación del terreno local puede deberse a la naturaleza, composición y morfología de las capas superficiales de suelo. A este fenómeno local del comportamiento del terreno se le conoce como “efecto local”, “respuesta local” o “efecto del sitio” (Rodríguez, 2005). El presente trabajo se enfoca principalmente al estudio del efecto de sitio en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Una de las ciudades importantes para el estado de Chiapas es su capital, Tuxtla Gutiérrez, que se localiza en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Este municipio contiene 108 localidades que suman una población de 553,278 habitantes según los resultados preliminares del Censo General de Población y Vivienda 2010. En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se presenta la mayor concentración de población, infraestructura, equipamiento y servicios urbanos en el estado. La capital del estado de Chiapas no tiene normas técnicas de construcción que contemplen especificaciones de respuesta local a las ondas sísmicas, como el caso del Distrito Federal, es por ello que es indispensable estudiar ese comportamiento y conocer las amplificaciones de las ondas sísmicas en los diferentes suelos de la capital. Esto es con el fin de determinar sus características de efecto de sitio y el grado de vulnerabilidad ante la amenaza sísmica que tienen sus construcciones, como requisito indispensable para la mitigación y prevención de riesgos.

Los estudios de *microzonificación sísmica*, tienen la finalidad de determinar el contenido de frecuencias naturales del suelo y tener una estimación preliminar de las amplificaciones relativas que pueden esperarse en el suelo durante un sismo.

De esta forma, se observó que los daños se concentraban en algunas áreas muy particulares, respecto a otras que las circundaban. La concentración de los daños en ciertas áreas se asoció a que el terreno donde éstas se localizaban presentaba mayores amplificaciones de las ondas en el suelo, que aumentaba tanto la aceleración como la velocidad y el desplazamiento de la superficie respecto a las áreas que lo circundaban.

La microzonificación sísmica consiste en la identificación de la respuesta dinámica de los suelos frente a sismos fuertes. Además de la respuesta dinámica de los suelos por sismos, en un estudio de microzonificación se incluyen los efectos inducidos por fallas, licuación y

otros, y se valora su peligrosidad (Tupak, 2009), esta respuesta de los suelos es conocida como efectos de sitio, y están definidos por las características geomorfológicas y litológicas de la región.

Para determinar los efectos de sitio, es necesario instrumentar el área en estudio en diferentes puntos por medio de estaciones de monitoreo sísmico, obtener registros de vibración ambiental, para obtener la respuesta sísmica del terreno, para finalmente elaborar un mapa de microzonificación sísmica, que ayude a identificar las zonas de mayor peligro sísmico. Además, dichos estudios se puede complementar con otros estudios geofísicos que ayuden a caracterizar los diferentes estratos que componen los suelos y capas subyacentes.

El término micro temblor se utiliza para denotar todo tipo de ruido sísmico ambiental o vibraciones ambientales: i ) vibraciones producidas por actividades humanas, generalmente de alta frecuencia, ii ) vibraciones causadas por fuentes superficiales locales como las industrias y el tráfico, iii ) ruido natural de baja frecuencia generado por mareas, vientos, y telesismos.

Lermo y Chávez-García (1994) revisaron la aplicabilidad de las mediciones de microtemblores para evaluar la respuesta de sitio de suelos blandos de México. Las técnicas que compararon fueron: interpretación del espectro de amplitudes de Fourier, cocientes espectrales respecto a una estación de referencia y, finalmente, cocientes espectrales  $H/V$  (la técnica de Nakamura). Los autores concluyen afirmando que las mediciones de microtemblores pueden ser utilizadas para estimar el periodo predominante de un sitio con una aceptable confiabilidad en el rango de frecuencias de 0,3 a 5 Hz. Los mejores resultados fueron obtenidos con la técnica de Nakamura, la cual también da una estimación aproximada de la amplificación de las ondas sísmicas cuando la geología local es relativamente simple.

En los últimos años se han venido realizando estudios importantes sobre la respuesta sísmica que presentan los suelos. No obstante, no existe una estandarización del método o métodos a emplear en los estudios de microzonificación sísmica. Por lo tanto, este documento pretende ser una guía en la implementación y desarrollo de estudios de microzonificación, en el cual se han tomado en cuenta lo más avanzado del conocimiento existente hasta la fecha; sin embargo, futuras mejoras a la metodología y nuevas alternativas que surjan a partir de investigaciones en el ámbito nacional e internacional pueden contribuir a mejorar este documento.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología empleada fue cuantitativa, El estudio de la microzonificación para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se desarrolló con trabajo de campo y gabinete durante el cual estuvo dividido en dos etapas.



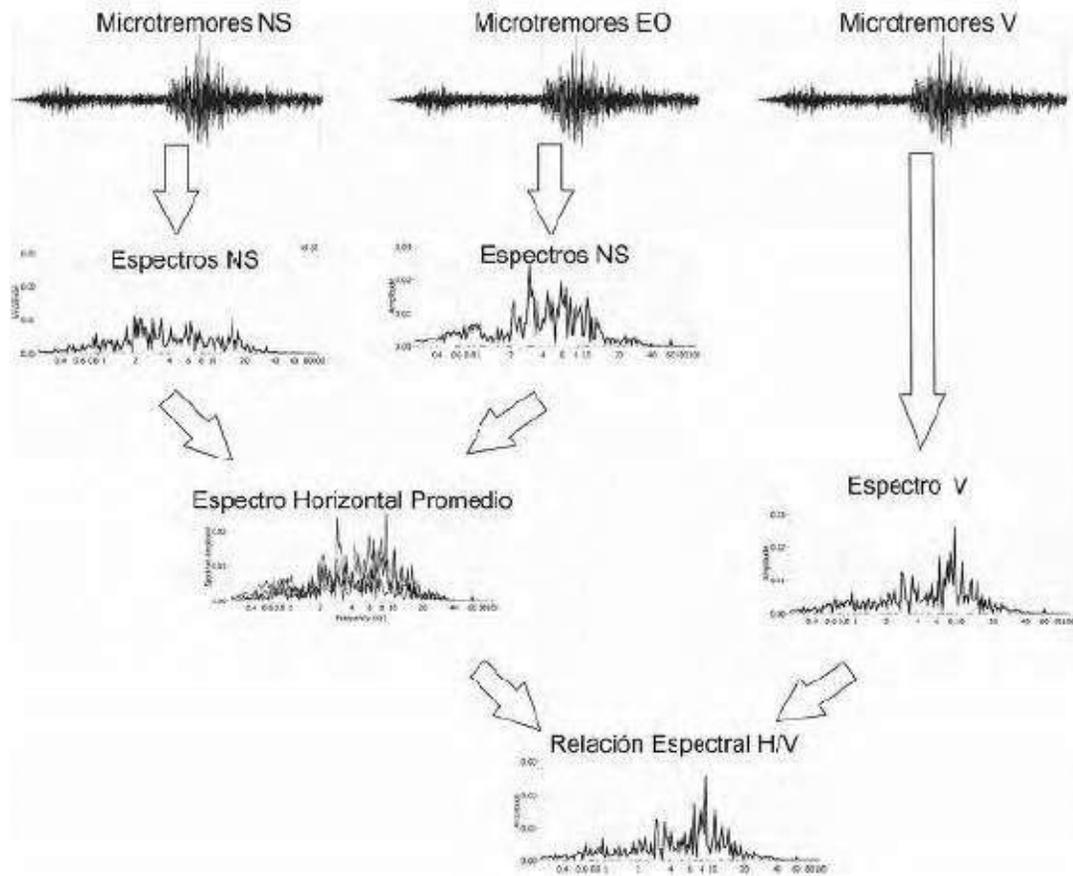
**Fig. 1 Medición de las vibraciones mediante el acelerógrafo episensor de la compañía kinnmetrics.**

Primera etapa fue el sondeo de 100 registros colocados espacialmente en las zonas noreste, sureste y oeste de la ciudad Tuxtla Gutiérrez, zonas consideradas vulnerables, cada registro tuvo una duración de 15 min para recompilar las vibraciones del suelo, mediante el uso de la técnica de micro-tremores (vibración ambiental), la cual permite obtener la estimación de la respuesta de un sitio, utilizando un acelerógrafo episensor de la compañía kinnmetrics .

La distribución de estos registros se tomó con base en la densidad de población, además de la necesidad de realizar una triangulación entre los registros para cubrir una mayor superficie del terreno interpolando los mismos.

Esta técnica fue introducida en Japón en los años cincuenta (Kanai y Tanaka, 1961). Básicamente los estudios de microzonificación sísmica consisten en la identificación y caracterización de unidades de suelos y unidades litológicas subyacentes, para determinar la respuesta dinámica de los suelos frente a terremotos, esta respuesta constituye el efecto de sitio.

## Procesado de las mediciones: influencia de los parámetros de procesado



Los datos obtenidos se transfieren a una computadora portátil para su almacenamiento y posterior análisis, con la cual adicionalmente se acciona el equipo de registro (acelerógrafo).

La primera parte del análisis de la señal registrada consiste en la visualización de las trazas para seleccionar aquellos segmentos de registro que no estén contaminados por transitorios de corta duración que puedan afectar la estacionalidad de las señales (principalmente vehículos y peatones en la proximidad del instrumento).

Dentro de los registros se seleccionaron ventanas de entre 50 segundos de duración para cada punto, las cuales se utilizaron para calcular espectros de Fourier. Al seleccionar varias ventanas de registro para cada punto, permite obtener estimaciones más robustas del espectro de amplitudes de Fourier para cada punto de observación.

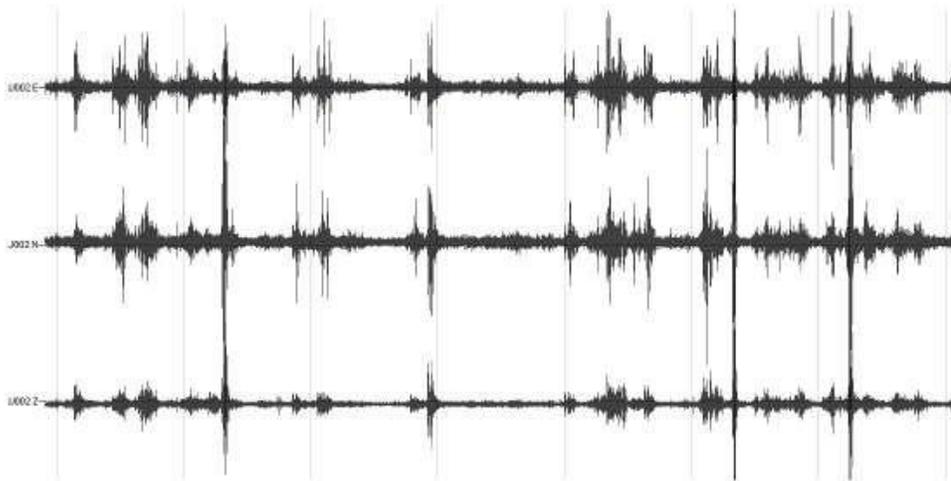
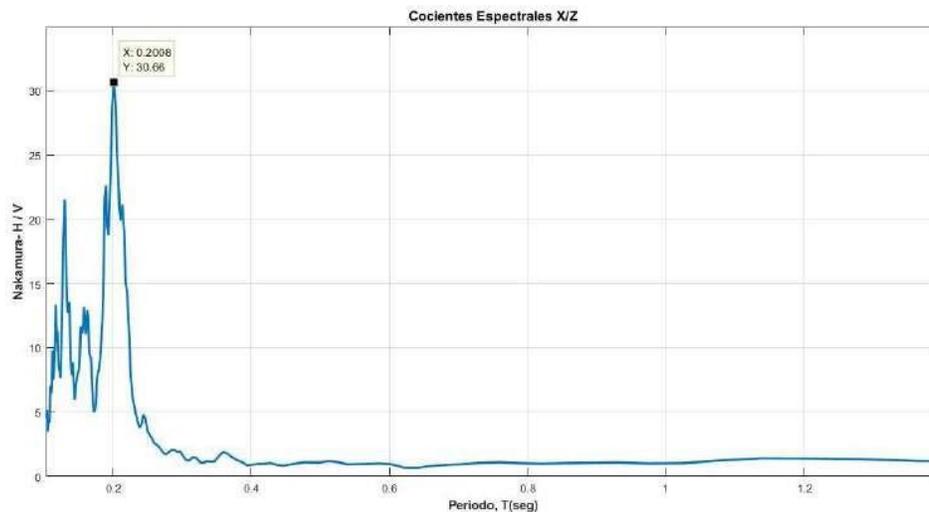


Figura 2. Registros de vibración ambiental para las componentes E-W, N-S y V de arriba abajo, respectivamente.

El procesado de las mediciones se realizó utilizando un programa ad-hoc escrito en MATLAB. El programa procesa el registro de cada canal del instrumento realizando las siguientes tareas:

- i) remoción de la media del registro,
- ii) selección automática de ventanas basado en parámetros definidos por el usuario,
- iii) cálculo de la transformada de Fourier y suavizado de la misma para cada ventana,
- iv) cálculo de la media de los espectros de Fourier de todas las ventanas y finalmente
- v) cálculo de los cocientes espectrales  $NS/V$ ,  $EO/V$  y  $Hc/V$  (donde  $Hc$  son las componentes horizontales combinadas).



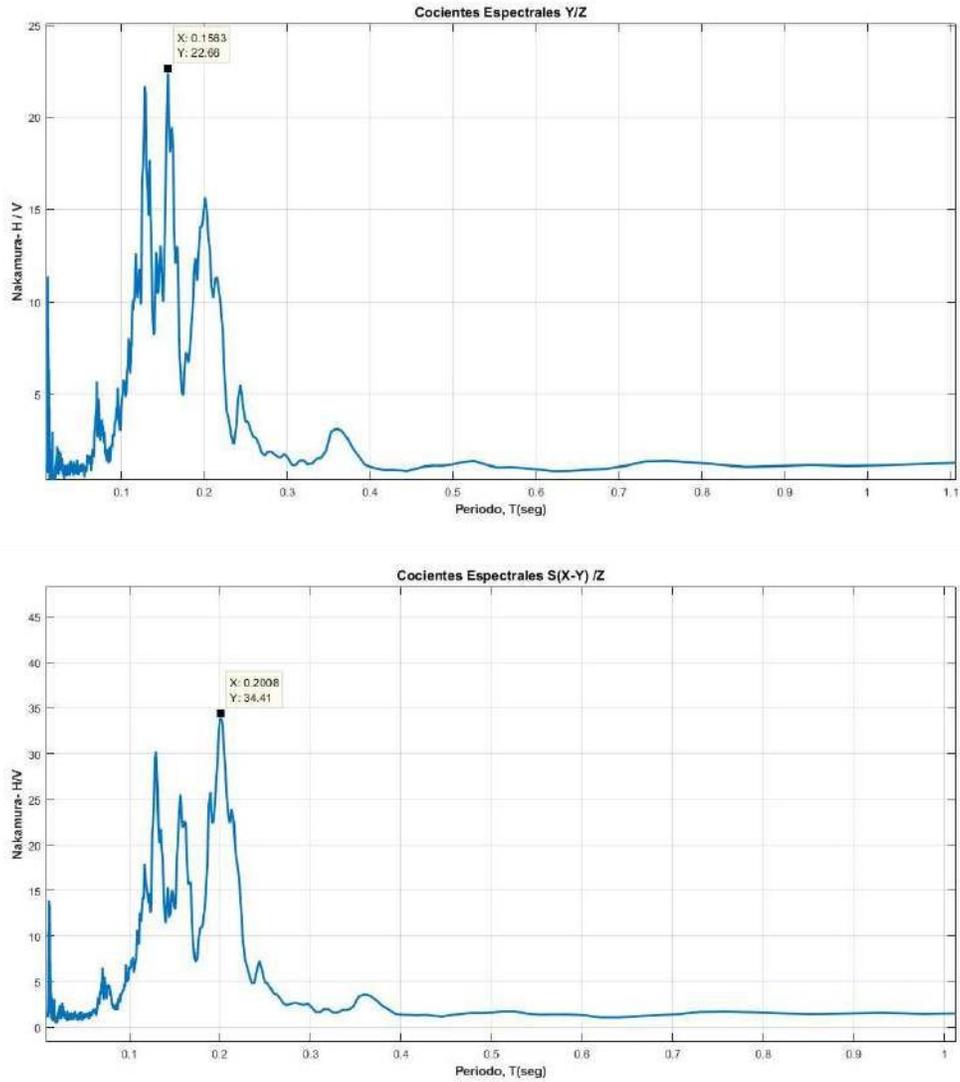


Fig. 3 Graficas obtenidas en la interpretación de las vibraciones ambientales

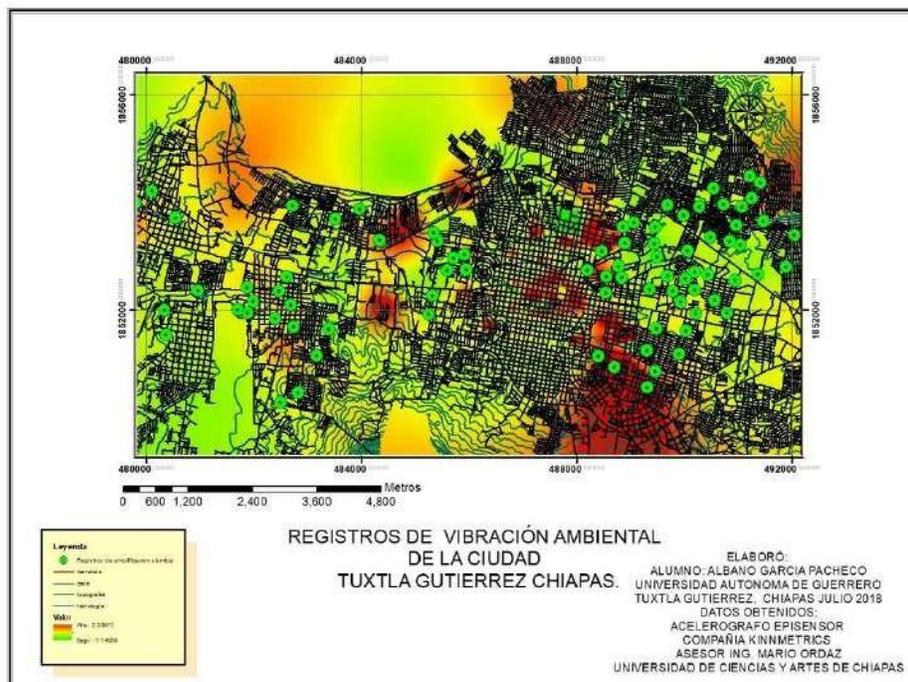
La segunda etapa consistió en trabajo de campo y gabinete, recopilando testimonio de los ciudadanos que viven en esas zonas y creando bases de datos para su interpretación en los programas de gtra, arcmap, con el fin de obtener los resultados esperados correspondientes.



**Fig. 4** Aplicaciones de encuestas en las colonias seleccionadas aleatoriamente en las zonas de registro de vibración ambiental

## RESULTADOS

Finalmente, luego de procesar todas las mediciones de vibración ambiental, se construyeron, con ayuda del programa ArcMap 10.4, tres mapas en donde se plasman los datos obtenidos en el trabajo de campo y gabinete.



**Fig. 4** Mapa de registros de vibración ambiental

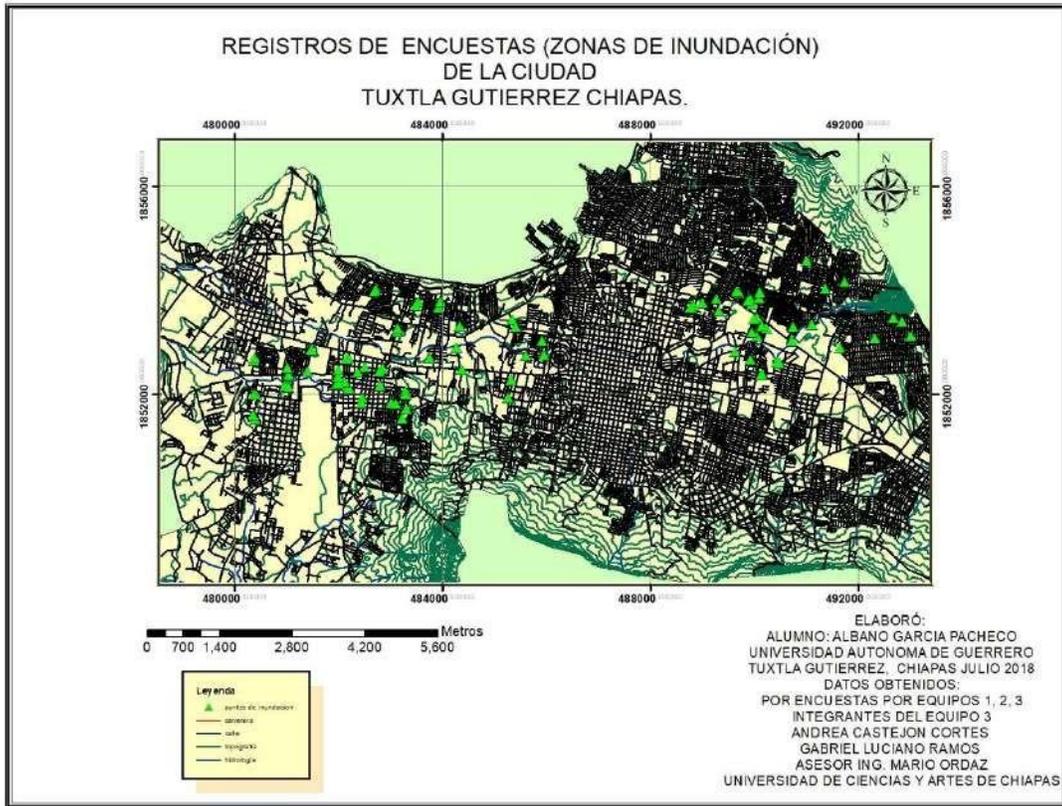


Fig.5 Mapa de encuestas en las zonas seleccionadas

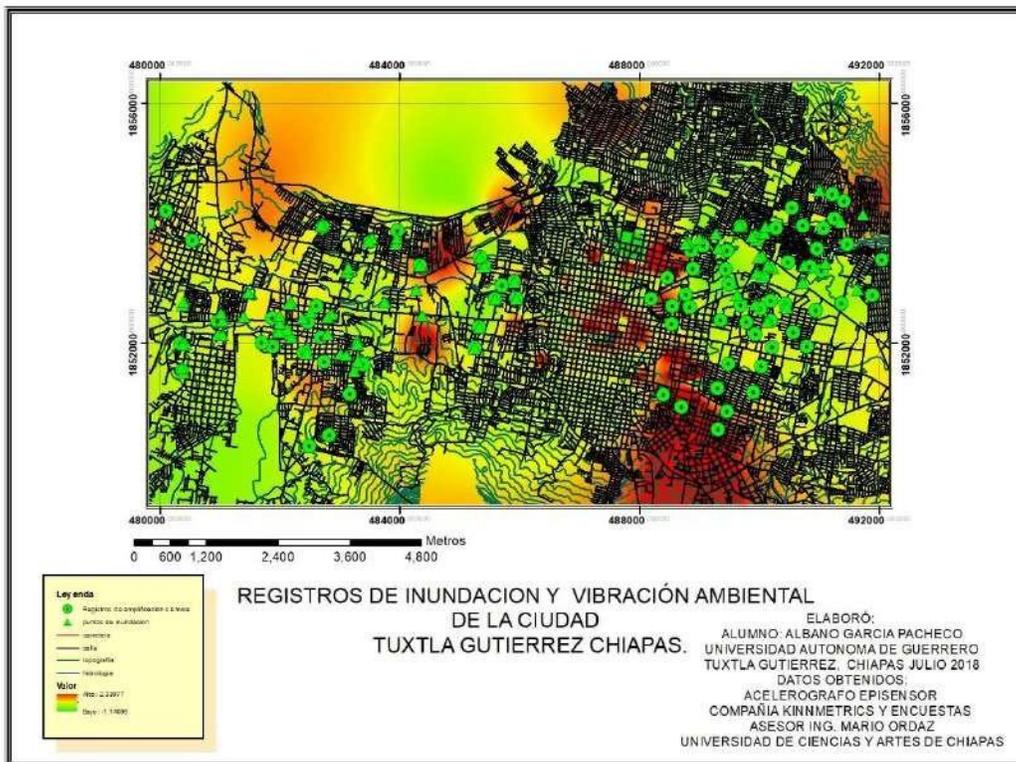


Fig. 6 Mapa de inundación y vibración ambiental

Se observa en los mapas realizados de acuerdo a los datos obtenidos, las áreas expuestas con mayor peligro sísmico. Por decir el experimento de muestra que si la zona de estudio está asentada sobre suelo blando, mal consolidado, es inevitable que ante la ocurrencia de un sismo presentará amplificación.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Con base en este tipo de estudios de microzonificación sísmica se puede llevar a cabo un ordenamiento territorial, así como evitar el daño a personas y estructuras civiles, mediante la incorporación de los resultados en las normas de construcción antisísmicas. Resaltando la importancia del el uso de vibración ambiental, puesto que es una excelente alternativa, que brinda muy buenos resultados, comparados con los obtenidos con otras técnicas. Además el uso de vibración ambiental es una herramienta muy simple y económica, que se puede aplicar en cualquier momento y no requiere esperar, como con otras técnicas, la ocurrencia de un terremoto. Los resultados obtenidos arrojan que los suelos blandos tienden a amplificar las respuestas sísmicas estimulando a las estructuras de las edificaciones y creando mayores daños.

## **AGRADECIMIENTOS**

Dr. Raúl González Herrera, docente-investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por su labor como asesor en este proyecto de investigación, para brindarle buenos deseos en su carrera profesional para que siga impartiendo la importancia de estudios a sus educandos que busquen salvaguardar el bienestar de la sociedad como también del medio ambiente para así ser mejores estudiantes.

## REFERENCIAS

### ANÁLISIS DE LOS DAÑOS HISTÓRICOS POR SISMO EN TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Raúl González Herrera<sup>1</sup>, Juan Carlos Mora Chaparro<sup>2</sup>, Jorge Aguirre González<sup>3</sup>,  
Jorge Alfredo Aguilar Carboney<sup>4</sup>, y Carlos Narcía López<sup>1</sup>

Chávez-García, F. y Montalva, G. (2014). Efectos de sitio para Ingenieros  
Geotécnicos, estudio del valle Parkway. *Obras y Proyectos* **16**, 6-30

Determinación del período fundamental del suelo usando vibración ambiental y el  
cociente espectral horizontal/vertical

Raúl J. Rittaa, Luis E. Suárezb y Miguel A. Pandoc

*a Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de  
Córdoba, Casilla de*

*Correo 916, 5000 Córdoba, Argentina, raul.ritta@gmail.com,*

*http://www.efn.uncor.edu*

*b University of Puerto Rico, Department of Civil Engineering, Mayagüez Campus,  
PO Box 9000*

*(00681), Mayagüez, Puerto Rico*

*c University of North Carolina at Charlotte, Department of Civil and Environmental  
Engineering,*

*Charlotte, NC, USA, 28223*

Monroy, S. "Riesgo Sísmico en Santa María Tixmadejé, Acambay, Estado de  
México". Tesis de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM. México D.F., 2009.

Limaymanta M. "Uso de familias espectrales obtenidas con registros de sismos y  
micotremores para la clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico.  
Aplicación en las ciudades de Veracruz-Boca del Río, Oaxaca y Acapulco", Tesis  
de Maestría, Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

Microzonificación sísmica de Tuxtla gutiérrez, chiapas

a\*Mora, J.C., bc\*\*González, R., dAguirre, J., ePiña, J., fGarcía-Moreno, L.M.,  
eLovera, S.S., AP., eGil, A., eDe los Santos, Rl., eBalbuena, I.J., eVázquez, N.E.,  
eTorrijos, M.A., c Jiménez-Franco, A., y cMijares, H.

Montecillo T.R. "Estimación Empírica de Efectos de Sitio en el Distrito Federal".

Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, 1996

SECRETARIA DE GOBERNACIÓN CORDINACIÓN NACIONAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL DE MÉXICO CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE  
DESASTRES METODOLOGÍA PARA REALIZAR ESTUDIOS DE  
MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA



6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018  
**Memorias**

## **INDUCCIÓN A LA FLORACIÓN USANDO AGENTES MUTAGÉNICOS EN *Hibiscus sabdariffa* L.**

Aldair Magaña González (**Becario**)

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la UAGro.

Programa de verano UAGro.

[3.1416aldair@gmail.com](mailto:3.1416aldair@gmail.com)

Área en que participa: VI Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales (**Asesora**)

Responsable del Laboratorio de Fisiología Vegetal

Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local

Universidad Autónoma de Guerrero

[teolinc@hotmail.com](mailto:teolinc@hotmail.com)

### **RESUMEN**

Los problemas fitosanitarios en el cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) en Guerrero se han incrementado en porcentajes altos, lo cual ha llevado a los productores a la utilización de productos químicos que causan grandes afectaciones al medio ambiente (muerte de polinizadores, degradación de los suelos, contaminación del agua, daños graves a los ecosistemas, etc.), al igual que a la economía de los productores, debido a que los costos de producción se han incrementado en porcentajes altos, en la actualidad el Fito mejoramiento de las plantas ha sido un alternativa de mayor efectividad, debido a que ha mostrado resultados muy bueno, se ha demostrado que este proceso contribuye y ayuda al incremento de la producción, han surgido nuevas variedades de diferentes cultivos que han mostrado resistencia a una diversa cantidad de enfermedades y plagas.

En este trabajo de investigación se desarrolla un estudio sobre el comportamiento y efectos de la irradiación en semillas del cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) de la variedad

Jersey, con cobalto sesenta ( $^{60}\text{Co}$ ), a una concentración de 600 Gy, estas se pusieron a prueba y en comparación con semillas sin irradiar las cuales funcionaron como testigo, en el transcurso del trabajo se pudo observar que las plantas irradiadas mostraron un número mayor de botones florales además de una producción más precoz, en las demás variables tomadas se pudo notar una igualdad esto se dedujo a los resultados obtenidos en las pruebas de Tukey el mejor tratamiento fueron semillas irradiadas las cuales mostraron un mayor número de botones florales a comparación de las semillas no irradiadas las cuales mostraron un número menor de botones florales. .

**Palabras Clave: mutagenesis, fitomejoramiento.**

## INTRODUCCIÓN

El Fitomejoramiento ha contribuido en forma decisiva al incremento de la producción agrícola tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Todos los países necesitan incrementar su producción agrícola a fin de garantizar la seguridad alimentaria e incrementar los ingresos de su sector agrícola. Algunas estimaciones revelan que en los países en desarrollo casi todos los cultivos realizan sólo el 20% de su potencial productivo. El déficit obedece por lo general a presiones abióticas (suelos inadecuados, sequía), pero también a algunas presiones bióticas, como plagas, enfermedades, maleza y nutrición deficiente de las plantas. El Fito mejoramiento no resolverá todos estos problemas por sí solo, pero los Fito mejoradores pueden contribuir a incrementar las cosechas mediante la creación de variedades mejoradas con un valor potencial productivo.

Durante los últimos setenta años, en todo el mundo más de 2,250 variedades generadas por mutagénesis fueron liberadas ya sea directamente de sus mutantes o de sus progenies (Ahloowalia *et al.*, 2004), y su éxito se pueden evaluar a través de sus miles de variedades que se cultivan en el mundo obtenidas por la técnica de radiomutagenesis, por otra parte Lemus *et al.* (2002) señalan que la utilización de las mutaciones inducidas en el mejoramiento genético de las plantas ha permitido la obtención de cultivares de alta adaptación en muchas especies. Rizwana *et al.* (2002), mencionan que entre los mutágenos, los rayos gamma son los más exitosos en la inducción a alta frecuencia como un espectro más amplio de mutaciones viables, sin embargo, en México, pocos Fito mejoradores hacen uso de la bondad de esta técnica.

La Jamaica (*Hibiscus sabdariffa L*) se cultiva en regiones tropicales y subtropicales, es una planta de uso múltiple de la que se puede aprovechar tallos, hojas, frutos y semillas (Howard y Howard, 1943). Los tallos son utilizados para producir pulpa para papel o fibra textil, también son importantes en la producción de un mucílago que se utiliza en la industria de los cosméticos, y las hojas pueden usarse como verduras en forma directa (El Afri *et al.* 1979). Los cálices de los frutos se utilizan para bebidas, ates, mermeladas, jaleas, dulces, jarabes, salsas. En Israel se han hecho estudios para utilizar los cálices como materia prima

en la industria alimenticia y como té medicinal (Palevitch *et al.* 1981). Las semillas son útiles para la extracción de aceite o alimentos balanceados para animales ya que contienen hasta un 20% de proteína (Chávez, 1985).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados durante la investigación fueron, vernier, cinta métrica, probeta, bidón de 200 L, libreta de apuntes, lápiz, agua, solución nutritiva de Steiner 1984 al 25 % ( Nitrato de calcio, Nitrato de potasio, Sulfato de potasio, Sulfato de magnesio, Fosfato mono potásico, poliquen multi), bascula gran atarí, semillas irradiadas, semillas no irradiadas, y ácido sulfúrico para regular pH.

### Preparación de solución

Primero se pesaron los fertilizantes utilizando la báscula gran atarí, cada uno se puso en una bolsita (**Fig. 1**), después en un bidón de 200 L lleno de agua, se disolvieron uno por uno los fertilizantes en orden (Nitratos, Sulfatos, Fosfatos), en una cubeta de 20 L, esto para evitar la formación de grumos, en seguida se le agrego el poliquel multi, este se midió en una probeta de 100 mL (**Fig. 2**), al final se agregó el ácido sulfúrico, con la finalidad de regular el pH, este acido se midió en una probeta de 100 mL.

**Fig. 1.** Fertilizantes pesados utilizados para la preparacion de solucion nutrittiva .



**Fig. 2.** Dosis de poliquel multi, incorporado a la solución nutritiva.



### Toma de variables

**Altura de planta:** Utilizando la cinta métrica, se midió la altura de la planta, desde la base del tallo hasta la zona apical (**Fig. 3**).

**Número de ramas:** Se cuantificaron el número de ramas que ya estaban formadas.

**Número de botones florales:** De forma cuantitativa se contó cada uno de los botones florales que ya estaban en su formación.

**Grosor del tallo (Base, Medio, Apical):** Utilizando un vernier se midió el grosor del tallo en tres zonas diferentes, el vernier se ajusta al grosor del tallo para poder determinar su diámetro (**Fig. 4**).

**Fig. 3.** Toma de variable de altura.



**Fig. 4.** Toma de variable de grosor de los tallos en la base, medio y apical.



**Aplicación de solución nutritiva:** Durante el crecimiento de la plata se hicieron aplicaciones de solución de un litro por planta, el experimento se dividió en cuatro secciones de acuerdo a los tratamientos (T1 semillas irradiadas con solución, T2 semillas irradiadas sin solución, T3 semillas no irradiadas con solución, T4 semillas no irradiadas sin solución (**Fig. 5**).

**Fig. 5.** Aplicación de solución nutritiva.



**Aplicación de VIUSID:** Con ayuda de una aspersor se realizaron aplicaciones de VIUSID, en las concentraciones diferentes y por bloques (T1 testigo, T2 150 mL, T3 250 mL y T4 350 mL). Primero se contabilizaba el gasto de agua por bloque y posteriormente se realizaba la aplicación de acuerdo a cada una de las concentraciones (**Fig. 6.**).

**Análisis de datos:** para esto se utilizó el programa SAS para realizar una prueba de Tukey y un ANOVA.

**Fig. 6.** Aplicación de VIUSID por bloques.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CUADRO 1. Prueba de Tukey para las variables de estudio de los tratamientos de (T1) semillas irradiadas y (T2) semillas no irradiadas.

Tratamientos		Altura de planta		Número de ramas		Número de botones florales		Diámetro de la base del tallo		Diámetro de la parte media del tallo		Diámetro de la zona apical del tallo	
		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio	
T1	SI	109.8	a	15.08	a	17.5	a	1.74	a	0.86	a	0.51	a
T2	SNI	105.7	a	15.13	a	11.6	b	1.66	a	0.87	a	0.47	a

SI (Semillas Irradiadas), SNI (Semillas no Irradiadas).

**Medidas con letras iguales no son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).**

De acuerdo a los resultados obtenidos por la prueba de Tukey se puede observar que para las variables, Altura de planta, Numero de ramas, Diámetro de la base del tallo, Diámetro de la parte media del tallo y Diámetro de la zona apical del tallo, ambos tratamientos mostraron resultados estadísticamente iguales, con respecto a la variable, Numero de botones florales, se muestra que las semillas irradiadas obtuvieron un mayor número con un valor de (17.5), y el testigo que son semillas no irradiadas obtuvo un menor número de botones florales con un valor de (11.6).

CUADRO 2. Prueba de Tukey para las variables de estudio de los tratamientos, (T1) semillas irradiadas con solución, (T2) semillas irradiadas sin solución, (T3) semillas no irradiadas con solución y (T4) semillas no irradiadas sin solución.

Tratamientos		Altura de planta		Número de ramas		Número de botones florales		Diámetro de la base del tallo		Diámetro de la parte media del tallo		Diámetro de la zona apical del tallo	
		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio	
T1	SI con SN	91.5	a	16.42	b	18.86	a	1.85	a	0.89	b	0.55	a
T2	SI sin SN	99.08	a	13.08	d	15.46	b	1.83	b	0.82	c	0.46	c
T3	SNI con SN	112.447	a	16.77	a	13.23	c	1.59	c	0.92	a	0.49	b
T4	SNI sin SN	99.02	a	13.50	c	9.97	d	1.50	d	0.82	d	0.46	d

**SI (Semillas Irradiadas), SIN (Semillas no Irradiadas), SN (Solución Nutritiva).**

**Medidas con letras iguales no son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).**

Por los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, se muestra que para la variable, Altura de planta los cuatro tratamientos son estadísticamente iguales, para la variable Número de ramas se muestra que estadísticamente el T3 mostro un mejor resultado con un valor de (16.77) y el T2 mostro el resultado más bajo con un valor de (13.08), para la variable, Numero de botones florales y Diámetro de la base del tallo, el T1 mostro estadísticamente el mejor resultado y el T4 fue el que mostro el resultado más bajo, para la variable, Diámetro de la parte media del tallo el T3 estadísticamente mostro el mejor resultado con un valor de (0.92) y el T4 tuvo el resultado más bajo con un valor de (0.82) y para la variable, Diámetro de la zona apical del tallo el T1 estadísticamente mostro el mejor resultado con un valor de (0.55) y el T4 mostro el resultado más bajo con un valor de (0.46).

CUADRO 3. Prueba de Tukey para las variables de estudio de los tratamientos, (T1) semillas irradiadas con solución y VIUSID, (T2) semillas irradiadas sin solución y con VIUSID, (T3) semillas no irradiadas con solución y VIUSID, (T4) semillas no irradiadas sin solución y con VIUSID.

Tratamientos		Altura de planta		Número de ramas		Número de botones florales		Diámetro de la base del tallo		Diámetro de la parte media del tallo		Diámetro de la zona apical del tallo	
		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio	
T1	SI con SN y VIUSID	103.4	c	14.83	c	13.36	d	1.65	d	0.85	c	0.488	b
T2	SI sin SN sin VIUSID	97	d	13.54	d	13.46	c	1.77	a	0.88	a	0.487	c
T3	SNI con SN y VIUSID	108.5	b	17	a	15.83	a	1.76	b	0.88	a	0.479	d
T4	SNI sin SN sin VIUSID	118.9	a	15.16	b	15.61	b	1.67	c	0.86	b	0.525	a

SI (Semillas Irradiadas), SIN (Semillas no Irradiadas), SN (Solución Nutritiva), VIUSID.

**Medidas con letras iguales no son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, para la variable Altura de planta el T4 mostro estadísticamente el mejor resultado con un valor de (118.9) y el T2 mostro el resultado más bajo con un valor de (97), para la variable, Numero de ramas, el T3 estadísticamente mostro el mejor resultado con un valor de (17) y el T2 mostro el resultado más bajo con un valor de (13.54), para la variable Numero de botones florales el T3 mostro estadísticamente el resultado mejor con un valor de (15.83) y el T1 mostro el resultado más bajo con un valor de (13.36), para la variable, Diámetro de la base del tallo el T2 fue el que mostro el resultado más alto con un valor de (1.77) y el T1 mostro el resultado más bajo con un valor de (1.65), para la variable Diámetro de la parte media del tallo el T2 y T3 mostraron el mejor resultado con un valor de (0.88) y el T1 fue el que mostró el resultado más bajo con un valor de (0.85) y para la variable Diámetro de la zona apical del tallo, el T4 fue el que mostro el mejor resultado y el T3 obtuvo el valor más bajo con un valor de (0.479).

## **CONCLUSIÓN**

Las semillas irradiadas mostraron el mejor resultado debido a que el número de botones florales promedio fue mayor a comparación de las semillas no irradiadas.

En conclusión se dice que la irradiación en conjunto con la aplicación de solución nutritiva y el VIUSID, causaron que las plantas obtuvieran un mayor número de botones florales influyendo en la reproducción de un número mayor de órganos femeninos.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios por darme la vida y la oportunidad de poder realizar lo que más me gusta.

A mi asesora la Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales por brindarme la oportunidad de realizar el verano, por su ayuda, comprensión.

A mis padres por apoyarme diariamente en lo emocional y económico.

A mis amigos, que en todo momento han estado dándome ánimos para salir adelante y por su bonita amistad.

A CONACYT y a la UAGro. Por fomentar el desarrollo de la investigación.

## REFERENCIAS:

- Ahloowalia, B. S.; Maluszynski, M. and Nichterlein, K. 2004. Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica* Vol. 135. No. 2. p. 187 - 204.
- Chavez, P. J. F. 1985. Estudio preliminar de la semilla de chiraguata (*Hibiscus sabdariffa* L.) y su potencial como alimento. *Interciencia* (Venezuela). 10 (1): 3. pp.
- Crane, J. C. 1943. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a fiber crop. *Economic plants of interest to the American*. USDA. 47p.
- El Afri, M.M.F., Prinz, Rehm, S. 1979. Morphological studies on roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffae*) *Tropelandwirt* (Germany F.) 80: 11. pp.
- Lemus, Y.; Méndes N., J. R.; Cedeño, J. R. y Otahola G., V. 2002. Radiosensibilidad de dos genotipos de frijol [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] a radiaciones gamma. *Revista Científica UDO Agrícola*. Vol. 2. No. 1. p. 22 - 28.
- Palevitch, D., E. Managem Y A. Levy. 1981. *Hibiscus sabdariffa* L. as a source of raw material for the food industry and for medical tea in Israel. *Agricultural Research Organization. Volcani Center. Bet Dagan, Israel-HasSaden* (Israel) 61 (10): 2. pp.
- Rizwana B., M.; Kalamani, A. and Ashok, S. 2002. Induced mutations in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] frequency and spectrum of viable mutations. *Research on Crops* 3(2): 421 - 425. In: [http://www.cropresearch.org/pages/rocarchi\\_vevol3.no.2.htm](http://www.cropresearch.org/pages/rocarchi_vevol3.no.2.htm) (Fecha de consulta: 27/08/2018).



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018  
Memorias*

## **RELACION DE LAS ZONAS CON MAYOR AMPLIFICACION SISMICA RESPECTO DE LAS ZONAS INUNDABLES EN EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS.**

Andrea Guadalupe Castrejón Cortés (Becaria)

Facultad de Ingeniería de la UAGro

Programa Ingeniero constructor

[andreacastrejon@hotmail.es](mailto:andreacastrejon@hotmail.es)

Área VII: Ingeniería e Industria

Dr. Raúl González Herrera (Asesor)

Profesor-Investigador de la UNICACH

[ingeraul@yahoo.com](mailto:ingeraul@yahoo.com)

### **RESUMEN:**

El estado de Chiapas y su capital Tuxtla Gutiérrez, es una de las zonas con alta sismicidad debido a la interacción de tres placas tectónicas, es por eso que se hizo una compilación de sondeos hechos por el acelerómetro (registra 200 tomas en 9 segundos), para ello se realizó un análisis geográfico de las zonas en 100 puntos inundables en todo el municipio de Tuxtla Gutiérrez de los cuales, se hicieron sondeos de 15 minutos. Posteriormente se realizaron 200 encuestas (2 por cada punto sondeado con el acelerógrafo) para saber cuáles zonas del municipio eran vulnerables a inundaciones, finalmente obteniendo toda información in situ, procesamos la información obtenida en gabinete para concluir los resultados, y así conocer el efecto de sitios con microzonificación sísmica y su correlación con zonas de inundación.

**Palabras clave:** Acelerógrafo, microzonificación, sismicidad, vulnerable.

## INTRODUCCIÓN:

### Tectónica de Placas

Antes de que la Teoría de la Tectónica de Placas fuera aceptada completamente, pasaron diversos años en los que científicos y especialistas discutieron sobre ella.

En un inicio, el astrónomo y meteorólogo alemán Alfred Wegener propuso que los continentes tenían formas que parecían encajar unos con otros, además de que existían poblaciones de seres vivos que podrían estar conectados por sus características evolutivas, pero que se encontraban a miles de kilómetros distanciados.

“Wegener consideraba que los continentes en el pasado geológico estuvieron unidos en un supercontinente de nombre Pangea, sin embargo ¿cómo podía explicar cuál era la fuerza que podía mover esas grandes masas de roca, de continentes, por miles de kilómetros? Por lo tanto, este teórico fue criticado por distintos científicos”, comentó el doctor Iglesias.

Al paso del tiempo y con diversos estudios, se comprendió que el mecanismo que hacía posible el movimiento de los continentes estaba en el interior de la Tierra, en la temperatura que tienen sus diferentes capas.

Así, esa energía acumulada es la que provoca unas corrientes de convección en el manto y en la corteza terrestre; esos flujos de temperatura podían explicar los grandes movimientos de masas de roca. Esta es la base de la Teoría de la Tectónica de Placas.

El ser humano enfrenta numerosos fenómenos naturales, entre ellos, los sismos, los cuales han llamado la atención de las diferentes civilizaciones a lo largo de la historia. Sin embargo, el estudio de estos como una ciencia es relativamente reciente.

Sismo, también conocido como terremoto, se denomina una sacudida de la tierra que consiste en una serie de vibraciones en la superficie como consecuencia del movimiento de las capas interiores de la tierra. Durante un sismo se producen diversas ondas sísmicas, unas viajan por el interior de la tierra: son las “ondas de cuerpo”

- ✚ Ondas primarias P (Es la más rápida)
- ✚ Ondas secundarias S (Viajan a menor velocidad que las ondas P)

Otras ondas viajan por superficie:

- ✚ Ondas superficiales (Son más lentas y las que más se sienten y causan daños a las estructuras)

Cada tipo de onda viaja a diferentes velocidades y al cambiar el medio por el que viaja pueden cambiar esta velocidad y dirección de movimiento.

La escala sismológica de Richter, bautizada en homenaje al estadounidense Charles Richter (1900–1985), es la escala logarítmica más habitual que se utiliza para cuantificar los efectos de un sismo.

Las ondas sísmicas pueden ser registradas mediante los aparatos denominados sismógrafos que pueden ser diseñados para registrar aceleraciones, velocidades o desplazamientos. En ingeniería sísmica los más utilizados son los que registran aceleraciones, que son los llamados acelerómetros.

Hay sismos que pueden ocasionar grandes destrucciones, como el ocurrido en México en 1985 y más reciente el sismo del 7 de septiembre de 2017 que dañó poblaciones de Oaxaca y Chiapas, además de generar diversos eventos complejos como los tsunamis, hay otros que no, de ahí la importancia de estudiarlos para poder comprender y explicar su actividad y trabajar en la gestión de riesgos.

Existen zonas que tienen una mayor tendencia a sufrir sismos. Se trata de aquellas regiones donde la concentración de fuerzas generada por los límites de las placas tectónicas hace que los movimientos de reajuste sean más frecuentes, tanto en el interior de la corteza terrestre como en la superficie de la Tierra. El estado de Chiapas y su capital Tuxtla Gutiérrez, es una de las zonas con alta sismicidad debido a la interacción de tres placas tectónicas: la placa de Cocos, la placa de Norteamérica y la placa del Caribe, también es atravesado por el río Grijalva y el río Sabinal, lo cual lo hace vulnerable a sismos e inundaciones.

Este estudio considera la vulnerabilidad de las poblaciones por causa de los sismos y de las inundaciones en zonas cercanas del río Grijalva y el río Sabinal en el municipio Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Por lo tanto, en el estudio se analizará si existe amplificación de ondas sísmicas en zonas inundables.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

Los acelerógrafos son útiles cuando el movimiento de un terremoto es tan fuerte que provoca que los Sismómetro más sensibles salgan de su escala. Existe una disciplina dedicada a los grandes movimientos de suelo, la cual se dedica a instalar acelerógrafos en la proximidad de fallas importantes. El tipo de información reunida (como la velocidad de ruptura) no sería posible de obtener con los sismómetros comunes.

Estos instrumentos registran la aceleración sísmica, velocidad y desplazamiento del suelo e intensidad espectral.

Los acelerómetros se usan para monitorear estructuras de respuesta ante terremotos. A veces, con los datos, se computa un espectro de respuesta. Otros análisis son usados para mejorar el diseño de edificios, o para ayudar a localizar las estructuras importantes en áreas más seguras.

La metodología usada fue el “método cuantitativo”, el trabajo se desarrolló haciendo un análisis geográfico de las zonas inundables, debido a los daños históricos que se presentaron en sismos recientes, ubicando 100 puntos en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (Fig. 1), posteriormente se hicieron sondeos de 15 minutos por cada punto ya antes mencionado, con el acelerógrafo perteneciente de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas de la Facultad de Ingeniería Ambiental (registra 200 tomas en 9 segundos); dentro de los registros se seleccionaron ventanas de entre 30 segundos de duración para cada punto, las cuales se usaron para calcular espectros Fourier.

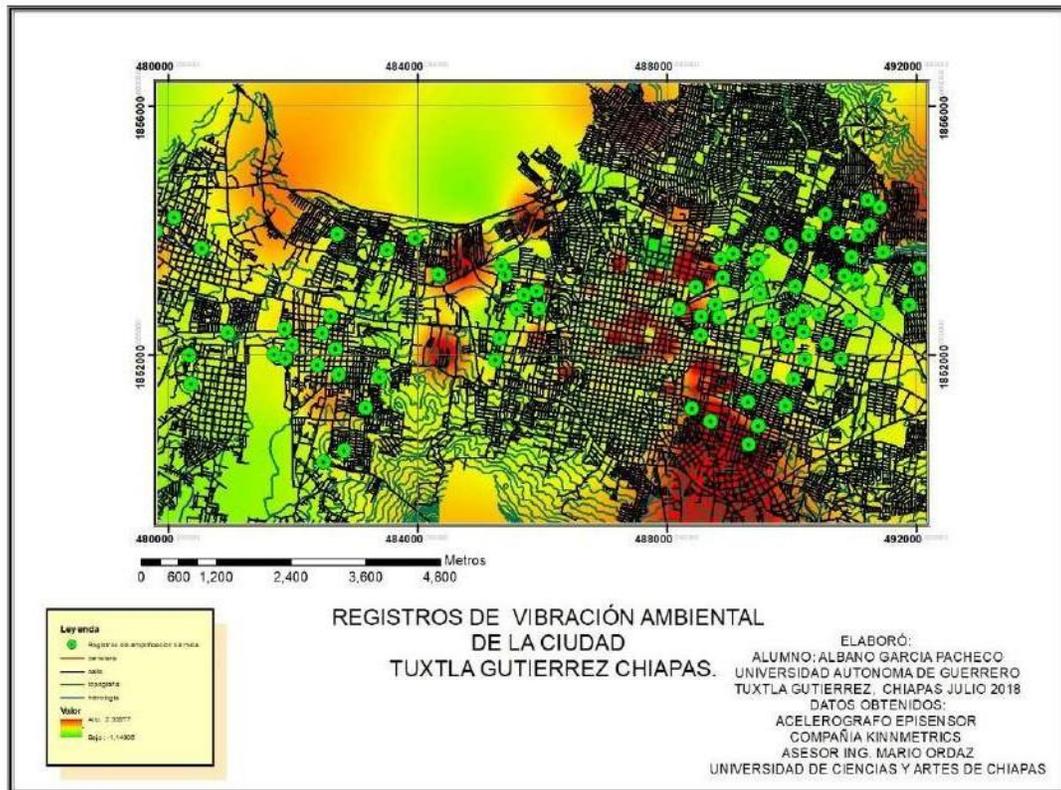


Fig. 1 Mapa de los puntos a sondear con el acelerógrafo.

Proceso para el uso del acelerógrafo (Fig. 2):

1. Encender el acelerógrafo y después esperamos a que procese la información, ya antes programada,
2. Posteriormente se conectar el acelerógrafo con el acelerómetro,
3. Después se ubicar el norte con ayuda de una brújula para direccionar el eje de la Y del acelerómetro y a continuación se anivela adecuadamente,
4. Finalmente se inicia el registro de las aceleraciones del suelo durante 15 minutos.



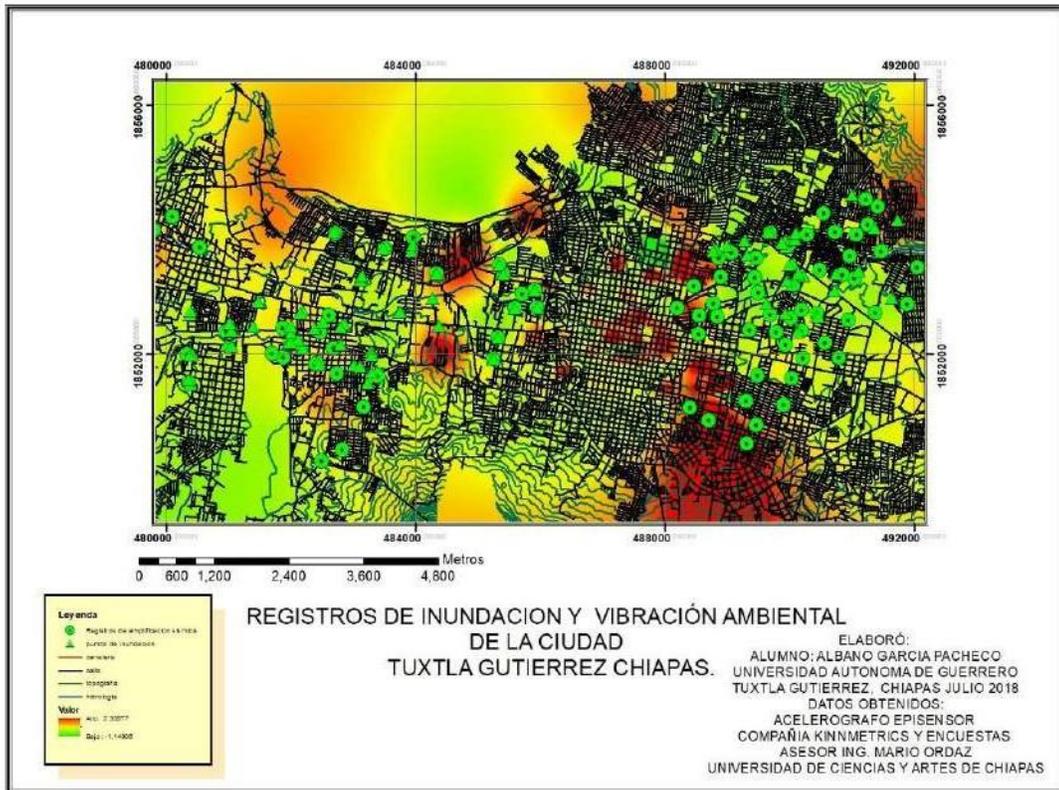
Fig. 2 Instalación de un acelerógrafo.

Nota: ninguna de las estaciones sísmicas de Tuxtla Gutiérrez está instalada en roca, y durante el periodo de los 15 minutos que el acelerógrafo está procesando la información, se debe de cuidar de que la gente ni los carros pasen cerca de él, como también evitar el ruido ya que el acelerógrafo capta todas las vibraciones (Hz).

Después de haber concluido con los registros de los 100 puntos, se realizaron 200 encuestas (2 por cada punto sondeado con el acelerógrafo) sobre la vulnerabilidad de inundaciones en la zona, finalmente obteniendo toda información in situ, procesamos, comparamos y analizamos los registros de los sondeos y de la información obtenida de las encuestas, en gabinete con ayuda del Ing. Mario Ordaz para concluir los resultados.

## RESULTADOS.

Finalmente, el análisis en la ciudad de estos puntos, donde se estimó el efecto de inundación del sitio, luego de procesar las mediciones de vibración con el acelerógrafo y teniendo las encuestas sobre las zonas de inundación, con ayuda del programa ArcMap 10.4 procesamos toda la información obtenida y la registramos en un mapa para hacer más visual los resultados de nuestra investigación.



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez se fundó en el valle fluvial y en las márgenes del río Sabinal. Toda el agua de lluvia escurre por una serie de afluentes, de temporal y permanentes, hasta llegar al cauce principal del Sabinal y de allí al Grijalva. Desafortunadamente, los cauces naturales de estos escurrimientos fueron cubiertos en forma de embovedados o tapados por el crecimiento de la ciudad, con sus asentamientos alrededor del centro de la ciudad. Al realizar el análisis de los daños en las construcciones y relacionarlos con la ubicación de los antiguos cauces de los ríos, se encontró que un porcentaje importante de los daños se localiza sobre algunos de los antiguos cauces de los afluentes que irrigaban el río Sabinal en el primer cuadro de la ciudad.

El estudio de microzonificación sísmica consiste en la identificación y caracterización e unidades de suelos y unidades litológicas subyacentes, para determinar la respuesta dinámica de los suelos frente a terremotos, esta respuesta constituye el efecto del sitio. Además de los suelos, en un estudio de microzonificación se incluyen los efectos inducidos por fallas, licuación y otros, y se valora su peligro.

Se concluyó que, las zonas con mayor riesgo a inundaciones son las más cercanas al río Sabinal, y las zonas con mayor riesgo sísmico son las que son más vulnerables a inundaciones, por lo tanto, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es afectada por que esta cimentada por un mayor espesor de sedimentos deformables, material constitutivo menos denso

constituido básicamente por arcillas expansivas dicho de otra forma la ciudad de Tuxtla Gutiérrez esta sobre suelo muy blando y compresible con altos contenidos de agua, lo que favorece la amplificación de las ondas sísmicas, lo cual a mi punto de vista se requiere de un mejoramiento en la cimentación de esta ciudad ya que pasan por una situación geográfica similar a la de La Ciudad de México ya que está construida sobre los lagos de Texcoco y de Xochimilco .

### **AGRADECIMIENTOS.**

El desarrollo de esta investigación no lo puedo catalogar como fácil, pero lo que, si puedo hacer, es afirmar que durante esta estancia de verano 2018 pude disfrutar de cada momento, de cada investigación y proceso junto a grandiosas personas que también estaban experimentando de todo esto y más, gracias por el gran conocimiento que nos brindó Dr. Raúl Herrera González e Ing. Mario Ordaz por su cálido apoyo a los estudiantes que se interesan en su gran proyecto de investigación, además de ser unas de las personas más comprometidas con el ámbito de la investigación en el estado de Chiapas.

### **REFERENCIAS.**

Arce Helberg, J. “La Geofísica Aplicada a la Microzonificación – Métodos de Prospección Geofísica en Estudios de Ingeniería”. CISMID-UNI, 1991.

BOLT, Bruce: Earthquake. W. H. Freeman and Company, New York (1993).

Cuadra-Monreal, P. E. “Aplicación de técnicas de vibraciones ambientales: análisis de microtemores y vibraciones naturales, para la caracterización de sitio”. Tesis de Licenciatura, Universidad Simón Bolívar, 2007.

Francisco J. Chávez García y Gonzalo A. Montalva. Efectos de sitio para Ingenieros Geotécnicos, estudio del valle Parkway. Coordinación de Ingeniería Sismológica, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria Coyoacán México, DF.

INPRES: PREVENCIÓN SISMICA. Manual de Adiestramiento para Docentes de Nivel, 9º edición. San Juan (2008).

Limaymanta M. “Uso de familias espectrales obtenidas con registros de sismos y micotremores para la clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico. Aplicación en las ciudades de Veracruz-Boca del Río, Oaxaca y Acapulco”, Tesis de Maestría, Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

Monroy, S. “Riesgo Sísmico en Santa María Tixmadejé, Acambay, Estado de México”. Tesis de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM. México D.F., 2009.

Montecillo T.R. “Estimación Empírica de Efectos de Sitio en el Distrito Federal”. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, 1996.

Moreno. G. “Microzonificación Sísmica de la Zona Urbana de Motozintla de Mendoza, Chiapas”. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM. Ciudad Universitaria, 2011.

Raúl González Herrera, Juan Carlos Mora Chaparro, Jorge Aguirre González, Jorge Alfredo Aguilar Carboney y Carlos Narcia López. ANALISIS DE LOS DAÑOS HISTORICOS POR SISMO EN TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018  
Memorias*

## **Comparación del grado de carbonatación en probetas de hormigón armado, a temperatura ambiente y en cámaras de carbonatación acelerada.**

Clara Avilez Nepomuceno (**Becaria**)

Facultad de Ingeniería

Programa Delfín

[clarixaz@outlook.com](mailto:clarixaz@outlook.com)

Área en que participa: VII Ingeniería e Industrias

Dr. Tezozomoc Pérez López (**Asesor**)

Profesor-Investigador de CICORR

[tezperez@uacam.com](mailto:tezperez@uacam.com)

Maestra Josefa de los Ángeles Paad Estrellas  
Asesora de la investigación

### **RESUMEN**

Uno de los principales agentes ambientales que afectan a la durabilidad de las estructuras de concreto armado es la carbonatación. La carbonatación es un fenómeno natural que ocurre en las estructuras de hormigón armado, cuando el dióxido de carbono reacciona con los álcalis ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KOH}$  y  $\text{NaOH}$ ) y la humedad que se encuentra dentro de los poros del concreto, formando así, carbonato de calcio potasio y sodio.

El proceso de carbonatación comienza cuando el  $\text{CO}_2$  gaseoso de la atmósfera penetra en el hormigón; a través de su red de poros. Anteriormente se pensaba que para que hubiese carbonatación solo se necesitaba el  $\text{CO}_2$ , sin embargo, después de estudiar el comportamiento de las estructuras se llegó a la conclusión de que se necesita humedad y  $\text{CO}_2$  para que pueda haber proceso de carbonatación

La forma más fácil para determinar el avance de la carbonatación en una estructura, es rompiendo o extrayendo una pequeña parte del mismo, después de soplar todo el polvo residual se le agrega una solución de fenolftaleína o timolftaleína o ambos.



Al momento de aplicarle la solución las áreas carbonatadas no cambiarán de color, las áreas no carbonatadas se tornarán de color rosa en caso de aplicarle fenolftaleína o color azul en caso de aplicarle timolftaleína (met 1)

Se utilizó el mismo método y fórmula para calcular la carbonatación tanto como para las probetas que están expuestas a temperatura ambiente y as probetas que están dentro de las cámaras de carbonatación acelerada.

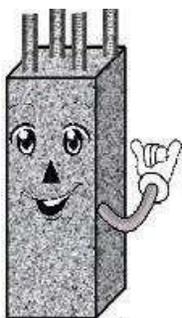
Para llevar a cabo este trabajo se diseñó, construyo y se puso en funcionamiento una cámara de carbonatación acelerada.

Para saber el avance de la carbonatación, se aplica el método mencionado anteriormente cada mes (met 1).

Para calcular el coeficiente de carbonatación se utilizó la formula  $x_c = k\sqrt{t}$  , basado en las leyes de Fick (8,9).

**Palabras clave:** carbonatación, durabilidad, acero, potencial de hidrogeno, corrosión

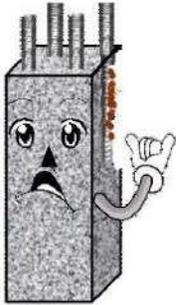
## INTRODUCCIÓN



El concreto armado es el material de construcción más utilizado en el mundo. Por su gran rendimiento en varias estructuras, el deterioro del concreto ha asumido alarmantes proporciones en condiciones de clima, así también en las áreas costeras. El concreto se puede definir como una piedra artificial producida cuando el cemento se mezcla con un agregado fino (arena), un agregado grueso (grava) y agua. El concreto por si solo como material de construcción requiere de ciertas propiedades mecánicas que ésta piedra artificial no puede dar. Por lo que desde hace ya varios años se optó por utilizar un acero de refuerzo (varilla) en el concreto. El concreto reforzado con varillas de acero es uno de los materiales de construcción más usado en todo el mundo, sin embargo, presentan el inconveniente de presentar fallas por corrosión. El problema de la degradación de las estructuras de concreto debido a procesos de corrosión es serio y de implicaciones económicas mayores. La habilidad para evaluar la corrosión de las varillas de refuerzo en estructuras y poder estimar la vida en servicio remanente es tema de estudios en muchas partes del mundo.

El deterioro de las estructuras de concreto reforzado ha sido un tema de gran relevancia para la industria de la construcción en los últimos años. Se calcula un costo de 300,000 millones de dólares por fallas en la infraestructura en los Estados Unidos de América. El deterioro de estas estructuras debido al problema de la corrosión se puede presentar por dos medios, el

ataque por cloruros y el ingreso del CO<sub>2</sub>(carbonatación) al concreto. En este caso se abarca el tema de la corrosión del concreto armado por efectos del CO<sub>2</sub> atmosférico (carbonatación) se presenta en ciudades de altas concentraciones de este gas. Los daños causados al concreto y su armadura por la carbonatación, son el objeto de estudio de esta investigación. La carbonatación es una de las causas principales que afecta al deterioro de las estructuras de hormigón armado, la carbonatación es la pérdida de Ph que sucede cuando el dióxido de carbono reacciona con la humedad que se encuentra dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio en carbonato de calcio, proceso en el cual se deteriora la capa



pasiva del concreto que protege al acero de refuerzo dando paso a la corrosión. Por ende, este es un problema grave para dichas estructuras, ya que tiende a corroer el acero de refuerzo; por consecuencia pierde la adherencia acero-concreto, es decir, cada material trabaja por su lado, por lo tanto, ya no se define como un hormigón armado; la porosidad del concreto se debe a la cantidad de espacios vacíos por unidad de volumen de hormigón.

Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto. Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.

Teniendo en cuenta que los procesos de corrosión del acero en el hormigón armado pueden ser muy variados debido a que: el tiempo de aparición de una patología se puede manifestar después de cinco o más años, dificultad para estudiar el comportamiento de los materiales de construcción puestos en obra y además que la iniciación de la corrosión generalizada no puede evaluarse por simple inspección visual.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la cámara de carbonatación



Se diseñó una cámara de carbonatación acelerada, se desarrolló de material acrílico, en ella se instalaron 2 calentadores eléctricos, 2 pequeños ventiladores, tubos de PVC para que en ella fluyera el CO<sub>2</sub>, y recipientes con contenido de zeolita, para que se pudiera tener un mejor control de la humedad relativa, la temperatura y CO<sub>2</sub>.

se colocaron 66 probetas en las cámaras, en dichas cámaras se mantuvo la humedad relativa entre 50% y 70%, y el CO<sub>2</sub> de 3% y 4%. Porque si se deja que la HR sobrepase el 70% hay pocas probabilidades de que penetre el CO<sub>2</sub> ya que los poros se saturan de agua.

Entre viga y viga se dejó un espacio de 5 centímetros para que el CO<sub>2</sub> pudiese penetrar en todos los lados de la probeta.

### Método



La metodología empleada para la investigación fue básicamente la “metodología cuantitativa”, realizando una comparación del avance de carbonatación en probetas expuestas al medio ambiente y probetas expuestas en una cámara de carbonatación acelerada. Se colocaron 66 probetas dentro de las cámaras de carbonatación acelerada se está manteniendo la humedad relativa entre 50% y 70%. El CO<sub>2</sub> entre 3% y 4%. Así también se colocaron 13 probetas a temperatura ambiente, donde la concentración de CO<sub>2</sub> en promedio es de 0.035%. Para calcular el coeficiente de carbonatación se utilizó la fórmula  $x_c = k\sqrt{t}$ , basado en las leyes

## Descripción del medio ambiente

Según el trabajo realizado por Ocampo I, vuanello...et al. Con el tema de Carbonatación Acelerada en Probetas de Hormigón Armado, consideran que la humedad relativa la concentración de CO<sub>2</sub> en el medio ambiente en promedio es 0,035% molar. Por esa razón varia el proceso del avance de la carbonatación.

## RESULTADOS DEL AVANCE DE CARBONATACIÓN

CARBONATACION POR MES							
Fecha	Hora de inicio	Hora final	Tiempo Promedio por dia	Tiempo	tiempo por mes	Xc	K por mes
26/03/2018	08:50:00 a. m.	04:45:00 p. m.	07:55:00 a. m.	7.92	11.88	0.7	0.20306211
27/03/2018	08:58:00 a. m.	09:25:00 a. m.	12:27:00 a. m.	0.45			
28/03/2018	08:53:00 a. m.	12:24:00 p. m.	03:31:00 a. m.	3.52			
02/04/2018	08:52:00 a. m.	04:40:00 p. m.	07:48:00 a. m.	7.80	31.77	0.7	0.12419732
04/04/2018	08:22:00 a. m.	01:25:00 p. m.	05:03:00 a. m.	5.05			
05/04/2018	09:21:00 a. m.	10:13:00 a. m.	12:52:00 a. m.	0.87			
06/04/2018	08:42:00 a. m.	09:44:00 a. m.	01:02:00 a. m.	1.03			
09/04/2018	09:50:00 a. m.	10:20:00 a. m.	12:30:00 a. m.	0.50			
10/04/2018	10:36:00 a. m.	12:36:00 p. m.	02:00:00 a. m.	2.00			
11/04/2018	09:46:00 a. m.	01:05:00 p. m.	03:19:00 a. m.	3.32			
12/04/2018	09:14:00 a. m.	09:44:00 a. m.	12:30:00 a. m.	0.50			
13/04/2018	10:12:00 a. m.	10:42:00 a. m.	12:30:00 a. m.	0.50			
17/04/2018	07:43:00 a. m.	01:58:00 p. m.	06:15:00 a. m.	6.25			

18/04/2018	09:44:00 a. m.	10:14:00 a. m.	12:30:00 a. m.	0.50			
19/04/2018	09:21:00 a. m.	11:37:00 a. m.	02:16:00 a. m.	2.27			
21/04/2018	10:57:00 a. m.	12:08:00 p. m.	01:11:00 a. m.	1.18			
02/05/2018	01:11:00 p. m.	05:55:00 p. m.	04:44:00 a. m.	4.73			
03/05/2018	09:25:00 a. m.	03:39:00 p. m.	06:14:00 a. m.	6.23			
04/05/2018	09:54:00 a. m.	02:58:00 p. m.	05:04:00 a. m.	5.07			
05/05/2018	09:48:00 a. m.	03:00:00 p. m.	05:12:00 a. m.	5.20			
06/05/2018	09:12:00 a. m.	05:31:00 p. m.	08:19:00 a. m.	8.32			
07/05/2018	09:32:00 a. m.	05:32:00 p. m.	08:00:00 a. m.	8.00			
08/05/2018	12:06:00 p. m.	03:57:00 p. m.	03:51:00 a. m.	3.85			
09/05/2018	11:25:00 a. m.	04:30:00 p. m.	05:05:00 a. m.	5.08			
10/05/2018	09:50:00 a. m.	01:50:00 p. m.	04:00:00 a. m.	4.00	93.53	2	0.20679822
12/05/2018	08:44:00 a. m.	12:42:00 p. m.	03:58:00 a. m.	3.97			
14/05/2018	10:30:00 a. m.	01:48:00 p. m.	03:18:00 a. m.	3.30			
16/05/2018	09:40:00 a. m.	03:48:00 p. m.	06:08:00 a. m.	6.13			
17/05/2018	10:44:00 a. m.	06:00:00 p. m.	07:16:00 a. m.	7.27			
18/05/2018	09:54:00 a. m.	01:55:00 p. m.	04:01:00 a. m.	4.02			
19/05/2018	10:25:00 a. m.	12:21:00 p. m.	01:56:00 a. m.	1.93			
23/05/2018	10:48:00 a. m.	02:37:00 p. m.	03:49:00 a. m.	3.82			
24/05/2018	08:30:00 a. m.	10:43:00 a. m.	02:13:00 a. m.	2.22			

25/05/2018	08:48:00 a. m.	10:37:00 a. m.	01:49:00 a. m.	1.82			
29/05/2018	10:40:00 a. m.	04:10:00 p. m.	05:30:00 a. m.	5.50			
30/05/2018	11:40:00 a. m.	02:45:00 p. m.	03:05:00 a. m.	3.08			
01/06/2018	12:40:00 p. m.	05:48:00 p. m.	05:08:00 a. m.	5.13			
06/06/2018	08:38:00 a. m.	02:07:00 p. m.	05:29:00 a. m.	5.48			
07/06/2018	08:33:00 a. m.	03:15:00 p. m.	06:42:00 a. m.	6.70			
08/06/2018	08:38:00 a. m.	01:27:00 p. m.	04:49:00 a. m.	4.82			
11/06/2018	08:00:00 a. m.	02:50:00 p. m.	06:50:00 a. m.	6.83			
12/06/2018	08:00:00 a. m.	06:43:00 p. m.	10:43:00 a. m.	10.72			
13/06/2018	08:31:00 a. m.	07:05:00 p. m.	10:34:00 a. m.	10.57	75.53	2	0.23012334
14/06/2018	09:00:00 a. m.	01:22:00 p. m.	04:22:00 a. m.	4.37			
18/06/2018	09:00:00 a. m.	01:29:00 p. m.	04:29:00 a. m.	4.48			
19/06/2018	09:20:00 a. m.	12:04:00 p. m.	02:44:00 a. m.	2.73			
20/06/2018	09:30:00 a. m.	02:27:00 p. m.	04:57:00 a. m.	4.95			
21/06/2018	08:51:00 a. m.	01:25:00 p. m.	04:34:00 a. m.	4.57			
22/06/2018	08:47:00 a. m.	12:58:00 p. m.	04:11:00 a. m.	4.18			

CARBONATACION POR SEMANA							
Fecha	Hora de inicio	Hora final	Tiempo Promedio por día	Tiempo	Tiempo por semana	Xc	K por semana
26/03/2018	08:50:00 a. m.	04:45:00 p. m.	07:55:00 a. m.	7.92	11.88	0.7	0.20306211
27/03/2018	08:58:00 a. m.	09:25:00 a. m.	12:27:00 a. m.	0.45			
28/03/2018	08:53:00 a. m.	12:24:00 p. m.	03:31:00 a. m.	3.52			
02/04/2018	08:52:00 a. m.	04:40:00 p. m.	07:48:00 a. m.	7.80	14.75	0.7	0.18226448
04/04/2018	08:22:00 a. m.	01:25:00 p. m.	05:03:00 a. m.	5.05			
05/04/2018	09:21:00 a. m.	10:13:00 a. m.	12:52:00 a. m.	0.87			
06/04/2018	08:42:00 a. m.	09:44:00 a. m.	01:02:00 a. m.	1.03			
09/04/2018	09:50:00 a. m.	10:20:00 a. m.	12:30:00 a. m.	0.50			
10/04/2018	10:36:00 a. m.	12:36:00 p. m.	02:00:00 a. m.	2.00			
11/04/2018	09:46:00 a. m.	01:05:00 p. m.	03:19:00 a. m.	3.32	6.82	0.7	0.26810938
12/04/2018	09:14:00 a. m.	09:44:00 a. m.	12:30:00 a. m.	0.50			
13/04/2018	10:12:00 a. m.	10:42:00 a. m.	12:30:00 a. m.	0.50			
17/04/2018	07:43:00 a. m.	01:58:00 p. m.	06:15:00 a. m.	6.25	10.20	0.7	0.2191785
18/04/2018	09:44:00 a. m.	10:14:00 a. m.	12:30:00 a. m.	0.50			
19/04/2018	09:21:00 a. m.	11:37:00 a. m.	02:16:00 a. m.	2.27			
21/04/2018	10:57:00 a. m.	12:08:00 p. m.	01:11:00 a. m.	1.18			
02/05/2018	01:11:00 p. m.	05:55:00 p. m.	04:44:00 a. m.	4.73			

03/05/2018	09:25:00 a. m.	03:39:00 p. m.	06:14:00 a. m.	6.23			
04/05/2018	09:54:00 a. m.	02:58:00 p. m.	05:04:00 a. m.	5.07			
05/05/2018	09:48:00 a. m.	03:00:00 p. m.	05:12:00 a. m.	5.20			
06/05/2018	09:12:00 a. m.	05:31:00 p. m.	08:19:00 a. m.	8.32			
07/05/2018	09:32:00 a. m.	05:32:00 p. m.	08:00:00 a. m.	8.00			
08/05/2018	12:06:00 p. m.	03:57:00 p. m.	03:51:00 a. m.	3.85			
09/05/2018	11:25:00 a. m.	04:30:00 p. m.	05:05:00 a. m.	5.08			
10/05/2018	09:50:00 a. m.	01:50:00 p. m.	04:00:00 a. m.	4.00			
12/05/2018	08:44:00 a. m.	12:42:00 p. m.	03:58:00 a. m.	3.97	24.90	2	0.40080241
14/05/2018	10:30:00 a. m.	01:48:00 p. m.	03:18:00 a. m.	3.30			
16/05/2018	09:40:00 a. m.	03:48:00 p. m.	06:08:00 a. m.	6.13			
17/05/2018	10:44:00 a. m.	06:00:00 p. m.	07:16:00 a. m.	7.27			
18/05/2018	09:54:00 a. m.	01:55:00 p. m.	04:01:00 a. m.	4.02			
19/05/2018	10:25:00 a. m.	12:21:00 p. m.	01:56:00 a. m.	1.93	22.65	2	0.42023855
23/05/2018	10:48:00 a. m.	02:37:00 p. m.	03:49:00 a. m.	3.82			
24/05/2018	08:30:00 a. m.	10:43:00 a. m.	02:13:00 a. m.	2.22			
25/05/2018	08:48:00 a. m.	10:37:00 a. m.	01:49:00 a. m.	1.82	7.85	2	0.71383061
29/05/2018	10:40:00 a. m.	04:10:00 p. m.	05:30:00 a. m.	5.50			
30/05/2018	11:40:00 a. m.	02:45:00 p. m.	03:05:00 a. m.	3.08			
01/06/2018	12:40:00 p. m.	05:48:00 p. m.	05:08:00 a. m.	5.13	13.72	2	0.54001485

06/06/2018	08:38:00 a. m.	02:07:00 p. m.	05:29:00 a. m.	5.48			
07/06/2018	08:33:00 a. m.	03:15:00 p. m.	06:42:00 a. m.	6.70			
08/06/2018	08:38:00 a. m.	01:27:00 p. m.	04:49:00 a. m.	4.82	17.00	2	0.48507125
11/06/2018	08:00:00 a. m.	02:50:00 p. m.	06:50:00 a. m.	6.83			
12/06/2018	08:00:00 a. m.	06:43:00 p. m.	10:43:00 a. m.	10.72			
13/06/2018	08:31:00 a. m.	07:05:00 p. m.	10:34:00 a. m.	10.57			
14/06/2018	09:00:00 a. m.	01:22:00 p. m.	04:22:00 a. m.	4.37	32.48	2	0.3509132
18/06/2018	09:00:00 a. m.	01:29:00 p. m.	04:29:00 a. m.	4.48			
19/06/2018	09:20:00 a. m.	12:04:00 p. m.	02:44:00 a. m.	2.73			
20/06/2018	09:30:00 a. m.	02:27:00 p. m.	04:57:00 a. m.	4.95			
21/06/2018	08:51:00 a. m.	01:25:00 p. m.	04:34:00 a. m.	4.57			
22/06/2018	08:47:00 a. m.	12:58:00 p. m.	04:11:00 a. m.	4.18	20.92	2	0.43730431

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los avances realizados en los dos meses anteriores; se observó que, en el primer mes, las probetas que están dentro de las cámaras su avance de carbonatación fue de 7mm, en el segundo mes fue de 2 cm; comparado con las probetas que se encuentran expuestas a temperatura ambiente no muestran avance de carbonatación. Por lo tanto, la humedad relativa debe mantenerse entre 50% y 70% para que el concreto absorba el CO<sub>2</sub>, ya que sus poros no están saturados de agua, permitiendo una fácil penetración. Comparado con las probetas expuestas al medio ambiente, donde las condiciones no son controladas.

**REFERENCIAS:**

Ocampo I, vuanello...et al. “Carbonatación Acelerada en Probetas de Hormigón Armado”

Determinación de la profundidad de carbonatación y penetración de cloruros mediante experimentación empleando procesos de difusión térmica en varios diseños de hormigón (Stalyn Humberto Moreno Briones)

<http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>

<http://www.imcyc.com/revistacyt/enero2013/pdfs/ingenieria.pdf>

<https://civilgeeks.com/2011/10/02/la-carbonatacion-el-primer-cancer-del-hormigon-i/>



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores –CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018  
Memorias*

## **OBTENCIÓN DE LA RUTA CORTA EN UN GRAFO**

Daniel Iván Salado Torres (Becario)

Facultad de Matemáticas de la UAGro

Programa Delfín

[danielivansaladotorres@gmail.com](mailto:danielivansaladotorres@gmail.com)

Área VII: Ingenierías

M.C. Fidel González Gutiérrez (Asesor)

Profesor-Investigador de la Universidad Politécnica de Querétaro

[fidel.gonzalez@upq.mx](mailto:fidel.gonzalez@upq.mx)

### **RESUMEN:**

Se propone un procedimiento completo y general capaz de tratar cualquier instancia geométrica representada a través de un grafo. Se trata de un problema de aplicación práctica en el área de optimización de procesos y la Geometría Computacional. Se analizan las coordenadas de los vértices, cumpliendo ciertas características geométricas que se utilizan en los distintos métodos que utiliza el algoritmo tales como la búsqueda de los vértices frontera y de los rectángulos del grafo.

Este trabajo es parte de un proyecto de investigación de *Algoritmos para el cálculo de un árbol extendido de costo mínimo* que realiza el M. en C. Fidel González Gutiérrez, Profesor Investigador de la Universidad Politécnica de Querétaro, los cuales son aplicados a problemas para determinar un corredor de longitud mínima.

**Palabras clave:** Algoritmo, grafo, instancia geométrica.

## **INTRODUCCIÓN:**

En este documento se plasmará el estudio del Problema del Corredor de Longitud Mínima, un problema de la Geometría Computacional en ciertos grafos específicos, el cuál es digno de ser tema de investigación dado que los problemas de optimización en los últimos años han sido un tema importante en la computación actual.

¿Qué se espera obtener de dicha investigación? Muy simple, un código tal que dado un grafo arbitrario pueda obtener un Árbol Solución al problema MLC analizando sus características.

Como un ejemplo de la aplicación de este algoritmo podemos considerar el caso de una compañía de teléfonos que busca iniciar a brindar sus servicios a una colonia debe poner postes en ciertos lugares para poder mandar la señal a cada una de las casas. Supongamos ahora que cada esquina es un punto y cada calle es una arista de un grafo, entonces lo que tenemos ahora es un problema de optimización en el cuál dado que la compañía busca poner el mínimo de postes dando servicio a cada una de las casas de la colonia, se puede aplicar este algoritmo, ya que el árbol solución resultante es por donde viajará la señal telefónica hasta cada cuadra.

## **MATERIALES Y MÉTODOS:**

Para la elaboración del trabajo, se contó con un lenguaje de programación de alto nivel WolframMathematica orientado a un paradigma de programación simbólico y funcional, mismos que son utilizados en distintas áreas de la ciencia, debido a su dinamismo y facilidad para trabajos en áreas computacionales.

En la programación se utilizó el recurso del Algoritmo de Dijkstra, también conocido como Algoritmo de Caminos Cortos, el cual consiste en la búsqueda del camino más corto, dado un vértice origen, hacia el resto de los vértices en un grafo.

El trabajo en cuestión realiza en base a un pseudocódigo que se nos proporcionó, este contaba con el Algoritmo de Búsqueda Voraz y el Algoritmo de Reducción.

A continuación se muestra el código completo junto con el Algoritmo de Reducción, métodos utilizados y una pequeña explicación:

Se crearon dos métodos que funcionan en conjunto con VoraciousSearchAlgorithm (El algoritmo de búsqueda).

El primer método crea una lista de listas de los vértices de cada rectángulo inscrito.

- Pide como parámetros los vértices y coordenadas del grafo.

El método Module obtiene dos parámetros, el primero es un conjunto de variables, mismas que se utilizarán en GetRectangles, y en el segundo especifica qué sucede con ellas en un método.

## ■ Obtención de los Rectángulos del Grafo

```

In[3]:=
GetRectangles[v0_, c0_] := Module[{v, polygons, vertexX, vertexY, vertexXY, vertexYX, n0, m0, i, j, k, p},
    [módulo]
    v = Map[{c0[[#]][[1]], c0[[#]][[2]], v0[[#]]} &, Range[Length[v0]]];
    [aplica a todos] [rango] [longitud]
    polygons = {};

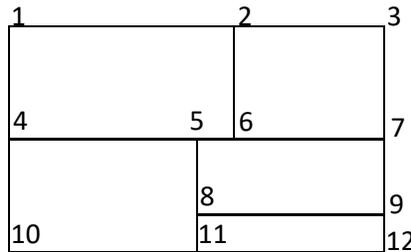
```

Figura 1. Primera parte del código de GetRectangles

Inicializamos variables y se asigna a *v* un mapeo con la función Map, obteniendo una lista de listas con las coordenadas y el número de vértice.

Así, tomando el siguiente grafo como ejemplo,

$$v = \{ \{0, 3, 1\}, \{3, 3, 2\}, \{5, 3, 3\}, \{0, 1.5, 4\}, \{2.5, 1.5, 5\}, \{3, 1.5, 6\}, \{5, 1.5, 7\}, \{2.5, 0.5, 8\}, \{5, 0.5, 9\}, \{0, 0, 10\}, \{2.5, 0, 11\}, \{5, 0, 12\} \}$$



- Por cada vértice se busca si hay otro en la misma altura y a la derecha o que esté alineado verticalmente y hacia abajo.

Se hace *vertexX* una lista con todos los vértices a la derecha y *vertexY* una lista con todos los vértices de abajo.

```

For[i = 1, i ≤ Length[v], i++,
    [para cada] [longitud]
    vertexX = {};
    vertexY = {};
    For[j = 1, j ≤ Length[v], j++,
        [para cada] [longitud]
        If[v[[i]][[2]] == v[[j]][[2]] && v[[i]][[1]] < v[[j]][[1]],
            [si]
            vertexX = Append[vertexX, v[[j]]];
            [añade]
            , If[v[[i]][[1]] == v[[j]][[1]] && v[[i]][[2]] > v[[j]][[2]],
                [si]
                vertexY = Append[vertexY, v[[j]]];
                [añade]
            ]
        ]
    ]
];

```

Figura 2. Segunda parte del código GetRectangles

Así, si  $i = 1$ ,

$$vertexX = \{\{3, 3, 2\}, \{5, 3, 3\}\}$$

$$vertexY = \{\{0, 1.5, 4\}, \{0, 0, 10\}\}$$

- Utilizando Length, que nos da el número de elementos de una lista, abrimos un condicional If donde entra si, y sólo si ambas *vertexX* y *vertexY* contienen elementos.

```

If[(Length[vertexX] * Length[vertexY]) ≠ 0,
|si |longitud |longitud
  vertexXY = {};
  vertexYX = {};
  n0;
  m0;
  vertexX = Sort[vertexX, #1[[1]] < #2[[1]] &];
|ordena
  vertexY = Sort[vertexY, #1[[2]] > #2[[2]] &];
|ordena

```

Figura 3. Tercera parte del código GetRectangles

Se inicializan variables y se ordenan las listas en base a los puntos más cercanos a más lejanos. En nuestro ejemplo las listas ya se encuentran ordenadas, así que el método Sort las deja igual.

- Ahora por cada punto de *vertexX*, se busca si hay otros puntos exactamente debajo y se guardan en *vertexXY*.

```

For[j = 1, j ≤ Length[vertexX], j++,
|para cada |longitud
  p = False;
  |falso
  For[k = 1, k ≤ Length[v], k++,
|para cada |longitud
    If[vertexX[[j]][[1]] == v[[k]][[1]] && vertexX[[j]][[2]] > v[[k]][[2]],
|si
      vertexXY = Append[vertexXY, v[[k]]];
|añade
      p = True;
|verdadero
    ]
  ];
If[p,
|si
  n0 = j;
  vertexXY = Sort[vertexXY, #1[[2]] > #2[[2]] &];
|ordena
  Break[];
|finaliza iteración
]
];

```

Figura 4. Cuarta parte del código GetRectangles

Así, tomando en cuenta el ejemplo anterior, para  $j = 1$ ,

$$vertexXY = \{\{3, 1.5, 6\}\}$$

- Se hace exactamente el mismo proceso para  $vertexY$ , y los datos se guardan en  $vertexYX$ .

```
For[j = 1, j ≤ Length[vertexY], j++,  
  |para cada |longitud  
  p = False;  
  |falso  
  For[k = 1, k ≤ Length[v], k++,  
  |para cada |longitud  
  If[vertexY[[j]][[2]] == v[[k]][[2]] && vertexY[[j]][[1]] < v[[k]][[1]],  
  |si  
  vertexYX = Append[vertexYX, v[[k]]];  
  |añade  
  p = True;  
  |verdadero  
  ]  
  ];  
  If[p,  
  |si  
  m0 = j;  
  vertexYX = Sort[vertexYX, #1[[1]] < #2[[1]] &];  
  |ordena  
  Break[];  
  |finaliza iteración  
  ]  
];
```

Figura 5. Quinta parte del código GetRectangles

Así, para  $j = 1$ ,

$$vertexYX = \{\{2.5, 1.5, 5\}, \{3, 1.5, 6\}\}$$

- Se procede ahora a guardar los resultados.  
Nótese que en los dos pasos anteriores se guardaron valores en  $n0$  y  $m0$ .

```
For[j = 1, j ≤ Length[vertexXY], j++,  
  |para cada |longitud  
  For[k = 1, k ≤ Length[vertexYX], k++,  
  |para cada |longitud  
  If[vertexXY[[j]] == vertexYX[[k]],  
  |si  
  polygons = Append[polygons, Union[{v[[i]][[3]]}, Take[Map[Last, vertexX, {1}], In0], Take[Map[Last, vertexY, {1}], m0], Take[Map[Last, vertexXY, {1}], j],  
  |añade |unión |toma |apl- |último |toma |apl- |último |toma |apl- |último  
  Take[Map[Last, vertexYX, {1}], k]];  
  |toma |apl- |último  
  polygons[[Length[polygons]]] = Sort[Last[polygons], #1 < #2 &];  
  |longitud |ord- |último  
  Break[];  
  |finaliza iteración  
  ]  
  ]  
];  
Return[polygons]  
|retorna  
];
```

Figura 6. Sexta parte del código GetRectangles

$polygons = polygons \cup \{\{1\} \cup \{2\} \cup \{4\} \cup \{6\} \cup \{5,6\}\} = polygons \cup \{\{1, 2, 4, 5, 6\}\}$

Luego, para los demás valores de  $i$ , sólo se repiten los pasos anteriores.

Una vez que cada vértice del grafo haya sido analizado, ya ha sido agregado a *polygons* cada rectángulo inscrito. Se retorna entonces *polygons*.

Ahora pasamos a analizar el segundo método, mismo que genera una lista con todos los vértices de la frontera.

## ■ Obtención de los Vértices en la Frontera del Grafo

```

In[-]:= GetBorder[v0_, c0_] := Module[{v, limitX, limitY, frontier0},
  |módulo
  v = Map[{c0[[#]][[1]], c0[[#]][[2]], v0[[#]]} &, Range[Length[v0]]];
  |aplica a todos |rango |longitud
  frontier0 = {};
  limitX = Max[Map[#[[1]] &, v]];
  |má- |aplica a todos
  limitY = Max[Map[#[[2]] &, v]];
  |má- |aplica a todos
  For[i = 1, i ≤ Length[v], i++,
  |para cada |longitud
  If[v[[i]][[1]] * v[[i]][[2]] == 0 || v[[i]][[1]] == limitX || v[[i]][[2]] == limitY,
  |si
  frontier0 = Append[frontier0, v[[i]][[3]]];
  |añade
  ]
  ];
  Return[frontier0];
  |retorna
]

```

Figura 7. Método de obtención de los vértices en la frontera del grafo.

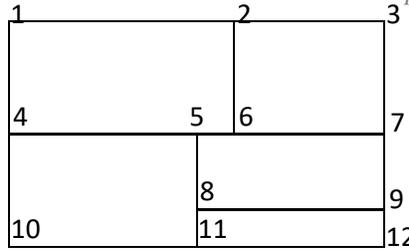
Este método recibe como parámetros los vértices del grafo y sus coordenadas.

GetBorder está definido como un Module.

- Inicia creando una lista de listas de las coordenadas con el número de vértice.

Se puede retomar el ejemplo anterior, así

$$v = \left\{ \{0, 3, 1\}, \{3, 3, 2\}, \{5, 3, 3\}, \{0, 1.5, 4\}, \{2.5, 1.5, 5\}, \{3, 1.5, 6\}, \right. \\ \left. \{5, 1.5, 7\}, \{2.5, 0.5, 8\}, \{5, 0.5, 9\}, \{0, 0, 10\}, \{2.5, 0, 11\}, \{5, 0, 12\} \right\}$$



- Luego se obtiene el máximo valor en el eje X e Y. Se guardan estos valores en *limitX* y *limitY*, respectivamente.

$$limitX = 5$$

$$limitY = 3$$

- Una vez obtenidos estos valores, se hace una búsqueda con cada vértice del grafo en el que si alguna coordenada en X o Y son cero o si son el límite correspondiente de X o Y, simplemente se agrega al conjunto *frontier0*.

$$frontier0 = \{1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 12\}$$

- Al final del ciclo se retorna *frontier0*.

El código antes compartido utiliza dos métodos sencillos que utilizan propiedades geométricas para la obtención de los rectángulos internos y de los puntos de la periferia del grafo. Ahora se explicará a detalle VoraciousSearchAlgorithm, que es el método principal de este proyecto.

- Este método pide como parámetros la raíz, los vértices, aristas y rectángulos así como también el grafo mismo.

El algoritmo empieza con una inicialización de variables.

## ■ Algoritmo

```
In[11]:= (*Raíz, vertices, aristas, cuadriláteros, grafo*)
VoraciousSearchAlgorithm[root_, v0_, e0_, s0_, g0_] :=
Module[{myRoot, v, e, s, vertexS, edgesS, squaresS, i, j, k, l, g, minimumPathDistance, minimumPath, otherMinimumPath, otherMinimumPathDistance, frontier,
módulo
  path, w, deletedEdges, leafVertex, vertexReduction, edgesReduction, squaresReduction, squaresReduction0, minimumDistance},

  v = v0;
  e = e0;
  s = s0;
  g = g0;
  squaresS = {};
  vertexS = {};
  edgesS = {};
  myRoot = root;

  minimumPathDistance = Infinity;
  minimumPath;
  otherMinimumPathDistance = Infinity;
  otherMinimumPath;

  deletedEdges = True;
  squaresReduction = s;
```

Figura 8. Primera parte del código VoraciousSearchAlgorithm

- Se procede a remover de  $s$  todos los rectángulos que contengan al vértice raíz y se agregan al conjunto  $squaresS$  (Rectángulos en la solución).

```

For[i = 1, i ≤ Length[s], i++,
|para cada |longitud
  For[j = 1, j ≤ Length[s[[i]]], j++,
|para cada |longitud
    If[myRoot == s[[i]][[j]],
|si
      squaresS = Union[squaresS, s[[i]]];
|unión
      s = Delete[s, i];
|elimina
      i = i - 1;
      Break[];
|finaliza iteración
    ]
  ]
];

vertexS = Append[vertexS, myRoot];
|añade
v = Complement[v, vertexS];

```

Figura 9. Segunda parte del código VoraciousSearchAlgorithm

Se agrega a  $vertexS$  (Vértices en la solución) la raíz para después removerse de  $v$ .

- Ahora se abrirá un While, ejecutándose mientras haya aún rectángulos que todavía no sean considerados.

```

(*Comienzo del Ciclo While - Búsqueda del Resto del Camino que es Solución al Problema MLC*)
While[Length[s] ≠ 0,
|mient... |longitud
  frontier = {};
  For[i = 1, i ≤ Length[s], i++,
|para cada |longitud
    frontier = Union[frontier, Intersection[s[[i]], squaresS]]
|unión |intersección
  ];
];

```

Figura 10. Tercera parte del código VoraciousSearchAlgorithm

Se inicializa *frontier* como una lista vacía para después agregar todos los puntos que pertenezcan a la intersección entre los rectángulos que ya están en la solución con los que aún no han sido considerados.

- Ahora se encuentra el mínimo camino desde *frontier* hasta cualquier punto del grafo.

```
For[i = 1, i ≤ Length[frontier], i++,  
  |para cada      |longitud  
  For[j = 1, j ≤ Length[v], j++,  
    |para cada      |longitud  
    If[frontier[[i]] ≠ v[[j]],  
      |si  
      path = FindShortestPath[g, frontier[[i]], v[[j]]];  
          |encuentra camino más corto  
      w = GraphDistance[g, frontier[[i]], v[[j]], Method → "Dijkstra"];  
          |distancia en grafo          |método  
      If[w < minimumPathDistance,  
        |si  
        minimumPathDistance = w;  
        minimumPath = path;  
      ]  
    ]  
  ]  
];
```

Figura 11. Cuarta parte del código VoraciousSearchAlgorithm

En esta parte del código se utiliza un algoritmo preestablecido en Mathematica: Dijkstra.

De esta manera al encontrar el mínimo camino posible se guarda en *minimumPath* junto con *minimumPathDistance* que es la magnitud del recorrido.

- En el paso anterior se buscó el menor camino desde cualquier punto de la frontera al

```
For[i = 1, i ≤ Length[vertexS], i++,  
  |para cada      |longitud  
  For[j = 1, j ≤ Length[minimumPath], j++,  
    |para cada      |longitud  
    path = FindShortestPath[g, vertexS[[i]], minimumPath[[j]]];  
          |encuentra camino más corto  
    w = GraphDistance[g, vertexS[[i]], minimumPath[[j]], Method → "Dijkstra"];  
          |distancia en grafo          |método  
    If[w < otherMinimumPathDistance,  
      |si  
      otherMinimumPathDistance = w;  
      otherMinimumPath = path;  
    ]  
  ]
```

Figura 12. Quinta parte del código VoraciousSearchAlgorithm

grafo, pero todavía se deberá encontrar el camino más corto desde cualquier punto de `vertexS`, o sea los que están ya en la solución, a cualquier punto del camino encontrado anteriormente.

Así, el otro camino se guardará en `otherMinimumPath`.

- Por último, se guardan los valores en las listas que serán parte del árbol solución:

```
edgesS = Join[edgesS, Map[{minimumPath[[#]], minimumPath[[# + 1]]} &, Range[Length[minimumPath] - 1]],
             |junta |aplica a todos |rango |longitud
             Map[{otherMinimumPath[[#]], otherMinimumPath[[# + 1]]} &, Range[Length[otherMinimumPath] - 1]];
             |aplica a todos |rango |longitud
vertexS = Union[vertexS, minimumPath, otherMinimumPath];
             |unión
minimumPath = Union[minimumPath, otherMinimumPath];
             |unión
For[i = 1, i ≤ Length[minimumPath], i++,
  |para cada |longitud
  For[j = 1, j ≤ Length[s], j++,
    |para cada |longitud
    For[k = 1, k ≤ Length[s[[j]]], k++,
      |para cada |longitud
      If[minimumPath[[i]] == s[[j]][[k]],
        |si
        squaresS = Union[squaresS, s[[j]]];
                    |unión
        s = Delete[s, j];
                |elimina
        i = i - 1;
        Break[];
        |finaliza iteración
      ]
    ]
  ]
];
minimumPathDistance = Infinity;
                        |infinito
otherMinimumPathDistance = Infinity;
                        |infinito
minimumPath = {};
otherMinimumPath = {};
];
```

Figura 13. Sexta parte del código VoraciousSearchAlgorithm

Así, en cada ciclo del While se irán agregando a `edgesS`, `vertexS` y `squaresS` las aristas, vértices y rectángulos de la solución, respectivamente. En este proceso únicamente se eliminarán los rectángulos ya seleccionados de `s`, puesto que los vértices que están en `v` y aristas que están en `e` se utilizarán más adelante en el algoritmo de Reducción.

- A partir de este paso comienza el algoritmo de Reducción.

```
(*Comienzo del Algoritmo de Reducción*)
While[deletedEdges,
  mientras
  leafVertex = Complement[Map[If[#[[2]] == 1, #[[1]], Nothing] &, Tally[Join[Map[#[[1]] &, edgesS], Map[#[[2]] &, edgesS]]], {myRoot}];
  |complemento |apl- |si |nada |recue- |junta |aplica a todos |aplica a todos
```

Figura 14. Séptima parte del código de VoraciousSearchAlgorithm

Se comenzará por definir como los vértices hoja a aquellos que, sin contar a la raíz, son los extremos del árbol solución. A estos puntos se les guardará en *LeafVertex*.

- Se empieza por buscar las aristas correspondientes de cada vértice hoja, guardándolo en la misma lista de *leafVertex*.

```
For[i = 1, i <= Length[leafVertex], i++,
  para cada |longitud
  For[j = 1, j <= Length[edgesS], j++,
    para cada |longitud
    If[leafVertex[[i]] == edgesS[[j]][[1]],
      |si
      leafVertex[[i]] = {leafVertex[[i]], edgesS[[j]][[2]]};
      Break[],
      |finaliza iteración
    If[leafVertex[[i]] == edgesS[[j]][[2]],
      |si
      leafVertex[[i]] = {leafVertex[[i]], edgesS[[j]][[1]]};
      Break[]
      |finaliza iteración
    ]
  ]
];
For[j = 1, j <= Length[e], j++,
  para cada |longitud
  If[leafVertex[[i]] == Take[e[[j]], 2] || leafVertex[[i]] == Reverse[Take[e[[j]], 2]],
    |si |toma |invierte ... |toma
    leafVertex[[i]] = Join[leafVertex[[i]], {Last[e[[j]]]};
    |junta |último
  ]
]
];
```

Figura 15. Octava parte del código VoraciousSearchAlgorithm

Se hace una nueva búsqueda por cada vértice hoja, pero ahora se trata de encontrar el valor de la arista. Este valor se guarda de la misma manera en *leafVertex*.

- Se procede por ordenar de mayor a menor *leafVertex*, en base al valor de cada arista.

```
leafVertex = Sort[leafVertex, #1[[3]] > #2[[3]] &];
           |ordena
For[i = 1, i ≤ Length[leafVertex], i++,
  |para cada |longitud
  vertexReduction = Complement[vertexS, {leafVertex[[i]][[1]]}];
           |complemento
  edgesReduction = Complement[edgesS, {Take[leafVertex[[i]], 2]}, {Reverse[Take[leafVertex[[i]], 2]}];
           |complemento |toma |invierte ... |toma
  squaresReduction0 = squaresReduction;
```

Figura 16. Novena parte del código VoraciousSerchAlgorithm

Se comienza con un For, Luego, en cada ciclo se inicializan variables que se utilizarán para evaluar si eliminando cada vértice hoja, el árbol resultante aún sigue siendo una solución válida a el problema MLC.

- Se anidan otros For para que por cada *leafVertex* luego se compare si aún se alcanzan todos los rectángulos inscritos del grafo.

```
For[j = 1, j ≤ Length[vertexReduction], j++,
  |para cada |longitud
  For[k = 1, k ≤ Length[squaresReduction0], k++,
    |para cada |longitud
    For[l = 1, l ≤ Length[squaresReduction0[[k]]], l++,
      |para cada |longitud
      If[vertexReduction[[j]] == squaresReduction0[[k]][[1]],
        |si
        squaresReduction0 = Delete[squaresReduction0, k];
           |elimina
        k = k - 1;
        Break[];
        |finaliza iteración
      ]
    ]
  ]
];
```

Figura 17. Décima parte del código VoraciousSearchAlgorithm

- Se valida y termina el For si se alcanzan todos los rectángulos, pero en caso contrario se pasa al siguiente vértice hoja en el ciclo.

```
If [Length[squaresReduction0] == 0,  
  [si [longitud  
    vertexS = vertexReduction;  
    edgesS = edgesReduction;  
    deletedEdges = True;  
                                [verdadero  
  Break[],  
  [finaliza iteración  
    deletedEdges = False;  
                                [falso  
  ]  
]  
];
```

Figura 18. Décima primera parte del código VoraciousSearchAlgorithm

Una vez que en algún ciclo del While no se hayan eliminado vértices hojas, o sea que ya no sea necesario eliminar aristas del árbol solución, se termina el algoritmo de Reducción.

- Se hace un conteo del valor general del árbol solución.

```
minimumDistance = 0;  
For [i = 1, i ≤ Length[edgesS], i++,  
  [para cada [longitud  
    minimumDistance += GraphDistance[g, edgesS[[i]][[1]], edgesS[[i]][[2]]];  
                                [distancia en grafo  
  ];  
Return[{ (*HighlightGraph[myGraphedGraph, Map[First[#] ↔ Last[#] &, edgesS]], *) myRoot, vertexS, edgesS, minimumDistance}]  
[retorna  
]
```

Figura 19. Décima segunda parte del código VoraciousSearchAlgorithm

## RESULTADOS

En el Algoritmo de Búsqueda Voraz los resultados fueron satisfactorios en los grafos que se utilizaron para hacer las pruebas. En el ejemplo siguiente, el algoritmo obtuvo el mejor camino desde el vértice 20 con un tiempo de ejecución de búsqueda de 0.655204 segundos.



Figura 20. Resultado más óptimo y tiempo de ejecución aproximado del algoritmo

## **CONCLUSIONES**

Se realizarán pruebas del algoritmo implementado en el lenguaje de programación Mathematica considerando diferentes puntos de origen de acuerdo a la instancia geométrica que se utilice para generar diferentes árboles extendidos de costo mínimo, con la finalidad de comparar el peso de cada árbol, clasificándolos de acuerdo al costo del recorrido. Es de esperar que cada resultado obtenido, a pesar de que se tengan los mismos datos de entrada, estos sean distintos, ya que cada algoritmo es una aproximación. Aun así, se espera que todos los datos de salida sean una solución al problema MLC.

## **REFERENCIAS**

Bondy, J. A., & Murty, U. S. (2010). Graduate Texts in Mathematics. Jones and Bartlett Publishers.

Cook, W. (29 de Septiembre de 2017). The Traveling Salesman Problem. Obtenido de <http://www.math.uwaterloo.ca/tsp/index.html>

Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). Introduction to Algorithms. London: Massachusetts Institute of Technology, MIT Press.

Garey, M. R., & Johnson, D. S. (2002). Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. W. H. Freeman.

Levitin, A. (2012). Introduction to the Design and Analysis of Algorithms. New Jersey: Addison-Wesley.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018  
Memorias*

## **ANÁLISIS DE IMÁGENES PARA LA DETECCIÓN DE ÁREAS LIBRES DE CÉLULAS EN EL “ENSAYO DE CIERRE DE HERIDA” UTILIZANDO MATLAB**

Estefany Alexa Franco Pérez (**Becaria**)

Facultad de Ingeniería de la UAGro

Programa Verano UAGro

[alexa\\_2896@hotmail.com](mailto:alexa_2896@hotmail.com)

Área VII: Ingenierías

Dr. Antonio Alarcón Paredes (**Asesor**)

Profesor-Investigador de la Facultad de Ingeniería de la UAGro

[aalarcon@uagro.mx](mailto:aalarcon@uagro.mx)

### **RESUMEN**

El ensayo de cierre de heridas es ampliamente utilizado para identificar anomalías en células sanguíneas. La detección de áreas libres de células en este ensayo es crucial ya que permite identificar en qué medida las células han migrado. El contar con una herramienta de software que permita procesar imágenes de células para identificar estas áreas libres, de forma automática, es deseable para los investigadores del área de la salud, ya que propicia un análisis objetivo de la migración celular en el ensayo de cierre de heridas. Este trabajo pretende ser base para futuros desarrollos en los cuales el ensayo de cierre de heridas pueda ser llevado por completo de forma automática. Los resultados plasmados en el presente documento generan buenas expectativas en cuanto al algoritmo implementado para la detección de las áreas libres de células.

**Palabras clave:** Segmentación de imágenes, migración celular, células sanguíneas, ensayo de cierre de heridas.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de las células sanguíneas ha cobrado una gran relevancia desde la última década. Entre otros propósitos es especialmente útil para identificar anomalías en las células, que son indicativas de que esa persona posee algún tipo de enfermedad; el cáncer está entre las más estudiadas. Para este propósito, uno de los procedimientos más empleados en el área de las ciencias de la salud es el ensayo del cierre de herida.

El ensayo de cierre de herida (wound healing assay) tiene como objetivo el estudio de la migración celular. Es un ensayo fácil, barato y ampliamente utilizado por los investigadores.

Este método imita la migración celular durante la cicatrización de heridas *in vivo*. Los pasos básicos implican crear una "herida" en una monocapa celular, capturar las imágenes al principio y a intervalos regulares durante la migración celular, hasta cerrar la herida, así como comparar las imágenes para cuantificar la velocidad de migración de las células. Finalmente, se obtiene un análisis estadístico sobre la migración en las células estudiadas. El protocolo del ensayo de cierre de heridas puede consultarse en [1].

Un problema inherente al proceso del ensayo del cierre de herida es el tiempo empleado por los investigadores para "procesar" las imágenes y posteriormente hacer los cálculos correspondientes para dicho análisis. Aunado a ello, se encuentran factores como el estado anímico del investigador a cargo para realizar esta tarea, por lo cual es deseable automatizar este proceso para dos propósitos: reducir el tiempo de estudio de las imágenes y realizarlo de forma objetiva.

De forma común, el análisis de este ensayo se lleva a cabo de manualmente por la persona encargada de realizarlo, quien con una regla toma diferentes mediciones directamente sobre las imágenes, para obtener un estimado del área que ocupa la zona libre de células.

Si bien, existen algunas herramientas de software que ayudan a realizar esta tarea, *e.g.* ImageJ, estas herramientas dependen en gran medida de la interacción del usuario, pues es el usuario el encargado de dibujar con el puntero del ratón, o con algún lápiz óptico, las zonas sin células. Esto por supuesto, facilita la tarea, pero no permite por ningún motivo la automatización de este proceso, ya que las personas deben estar presentes para analizar una a una las imágenes que se desprenden de este ensayo.

En este trabajo se presenta una primera aproximación para facilitar el análisis de migración celular. Para ello, las imágenes de células son pasadas por un proceso de segmentación de imágenes en el cual las zonas libres de células son identificadas y cuantificadas de forma automática. Es decir, sin necesidad de que el usuario esté presente durante el proceso.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las imágenes capturadas durante el ensayo de cierre de herida son el foco de interés para el trabajo en cuestión. Mediante el procesamiento digital de imágenes las muestras obtenidas por el microscopio son retocadas aislando las células del fondo, utilizando MATLAB [2].

MATLAB es un entorno de cálculo técnico de altas prestaciones para cálculo numérico y visualización. Integra diferentes funciones que permiten el análisis numérico, cálculo matricial, procesamiento de señales y gráficos. Para la realización de este proyecto, se utilizó la versión estudiantil 2015.

Para la obtención de las 20 imágenes aquí probadas, se utilizó un microscopio electrónico con un objetivo de 10x. Las imágenes tienen un tamaño de 2048 x 1536 px. Tras inspeccionar visualmente las imágenes, se observó que en su mayoría contienen variaciones de iluminación, por lo cual se vuelve necesaria la inclusión de una etapa de preprocesamiento de la misma, con el fin de disminuir el ruido inherente a la captura de imágenes, así como para resaltar detalles importantes que servirán para desempeñar un mejor análisis procesar la imagen para su segmentación [3].

El método de segmentación propuesto en este trabajo consta de dos fases: 1) preprocesamiento y 2) segmentación de la imagen, mismas que se detallarán a continuación.



Figura 1.- Ejemplo de imágenes utilizadas para pruebas en el proyecto

## Preprocesamiento

Antes de segmentar la imagen, es necesario pasar por un preprocesamiento el cual consiste en mejorar la imagen utilizando técnicas para reducción de ruido o realce de características.

Las imágenes obtenidas en el ensayo de cierre de herida pueden tener características muy variadas cuando son realizados por diferentes personas o en diferentes laboratorios, ya que es posible que al capturarlas exista exceso de luminosidad en ciertas áreas, lo que hace más complicada su segmentación, como el ejemplo de la Figura 1.

En la Figura 2 se muestra un esquema del algoritmo empleado en cada imagen, el cual consiste en la siguiente:

Para la etapa de preprocesamiento, se lee la imagen original, misma que se convierte a escala de grises de forma ponderada, con el propósito de trabajar sobre un solo plano y no sobre tres planos como lo sería con una imagen a color.

Tras lo anterior, se aplica un suavizado con un filtro de mediana utilizando un kernel de 9x9, con la finalidad de reducir en la medida de la posible el ruido en la imagen. La imagen se invierte y finaliza su preprocesamiento.

## Segmentación

Con la imagen preprocesada se inicia el proceso de segmentación con el propósito de aislar el fondo de las células detectadas y encontrar el área libre.

Para ello, la imagen invertida se umbraliza con un valor de 128 y se obtiene una imagen binaria. Esta imagen binaria servirá para posteriormente enmascarar la imagen en escala de grises obtenida en el segundo paso del algoritmo. Con el enmascaramiento, la imagen gris del segundo paso se tornará negra en aquellos pixeles donde la imagen binaria es negra, dejando los pixeles restantes con su tono de gris original.

Con el fin de reducir el ruido generado en la nueva imagen se aplica nuevamente un filtro de suavizado similar al anterior, con un kernel de 9x9. El siguiente paso del algoritmo consiste en binarizar nuevamente la imagen para obtener una imagen únicamente en dos tonos, blanco y negro; en diferencia al binarizado anterior, en este paso el umbral utilizado para este proceso es del 10% de tonalidad, es decir se utiliza un umbral de 25, dejando en blanco todas las tonalidades de gris superiores a 25, y en negro las restantes.

El área de interés en la imagen binarizada adquiere un tono blanco, sin embargo, de acuerdo con la forma en cómo los algoritmos de los pasos siguientes funcionan, es necesario que ésta sea de un tono negro, por lo cual se invierte la imagen binarizada, de esta manera se muestra el área de interés de color negro.

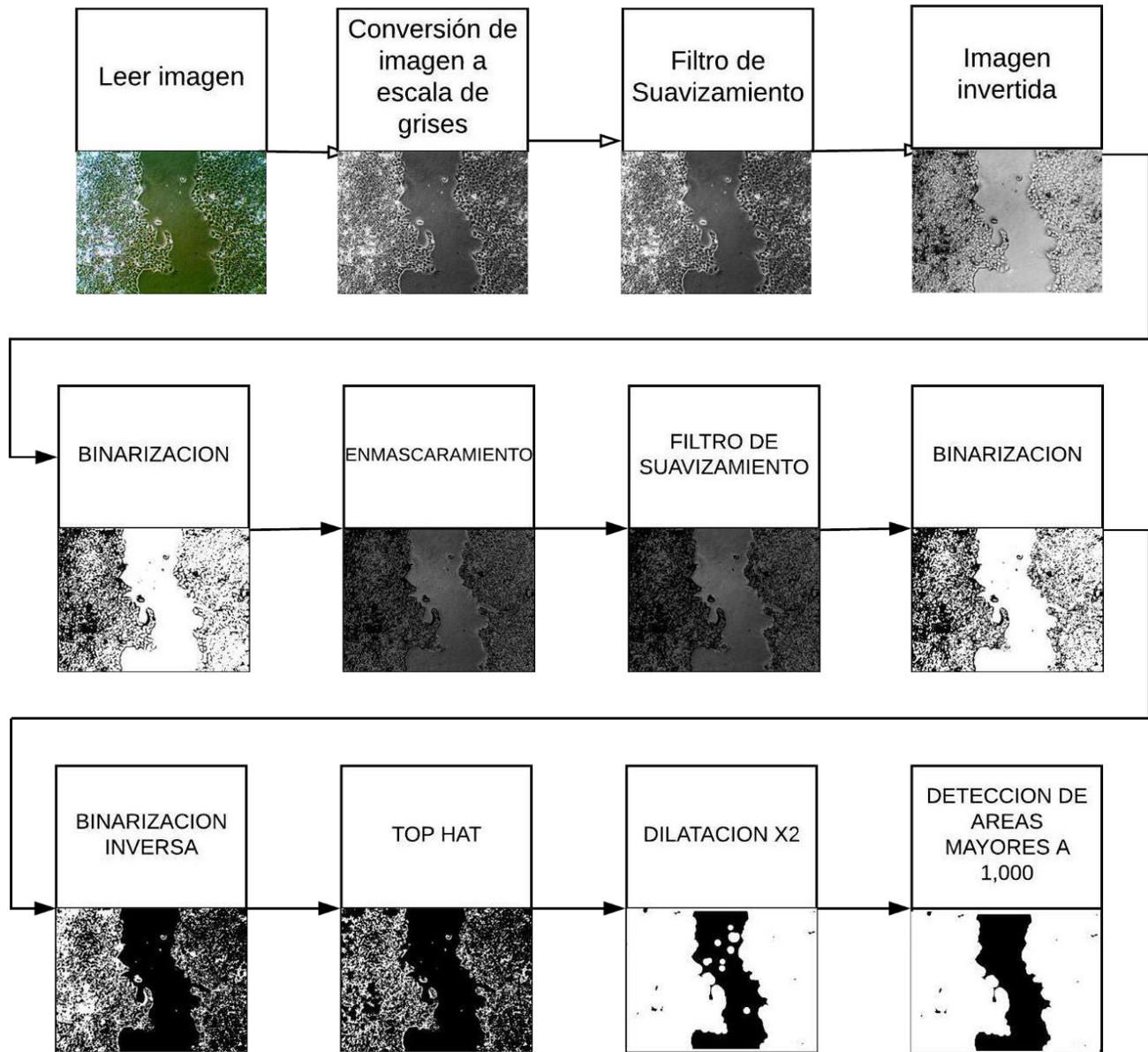


Figura 2.- Esquema del algoritmo utilizado para procesar la imagen

Para segmentar la imagen se utiliza morfología matemática con el fin de identificar las células y aislarlas del fondo, ya que, las operaciones morfológicas simplifican imágenes y conservan las principales características de forma de los objetos [4]. Por tal motivo se toma la imagen binaria invertida y se le aplica una operación top-hat con un elemento estructurante en forma de disco con un radio de 15 px.

Una vez aplicada la operación top-hat, el proceso siguiente es aplicar la operación de dilatación, la cual adiciona píxeles al contorno de objetos presentes en la imagen, este paso se repite dos veces con la intención de llenar los espacios vacíos rodeados de células, y al igual que en tophat se utiliza un elemento estructurante de disco de 15 px, logrando así agrupar las células en un área blanca, dejando el fondo negro. Con la imagen segmentada solo queda definir el área libre de células. Debido a que, durante los procesos anteriores, en ocasiones se forman pequeños objetos en el área libre de células, se lleva a cabo una operación de apertura con la finalidad de excluir de la imagen binaria los objetos con tamaño menor al 5% del área total de la imagen, lo que en este caso corresponde a eliminar objetos con área menor a 157 mil píxeles, aproximadamente.

El área negra que prevalece a todo el procesamiento anterior, es tomada como el área libre de células. Para obtener el tamaño de esta área libre de células, simplemente se obtiene el histograma de la imagen para conocer el número de píxeles negros, brindando así el resultado del procesamiento de cada imagen.

## **RESULTADOS**

En las figuras 3,4 y 5 se observan ejemplos de las imágenes originales y los resultados obtenidos tras procesarlas, respectivamente, con el algoritmo aquí propuesto.

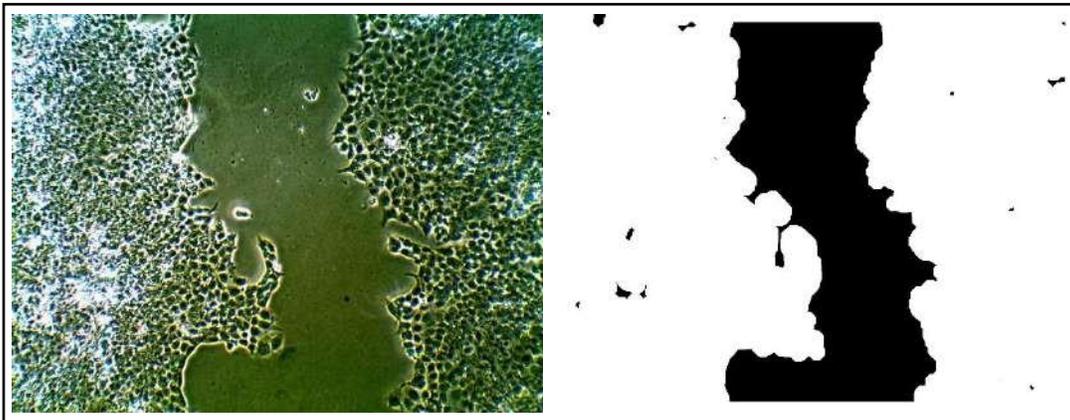


Figura 3.- Del lado izquierdo se muestra la imagen original, mientras que en el lado derecho se muestra la imagen procesada, resaltando área negra como el área libre de células

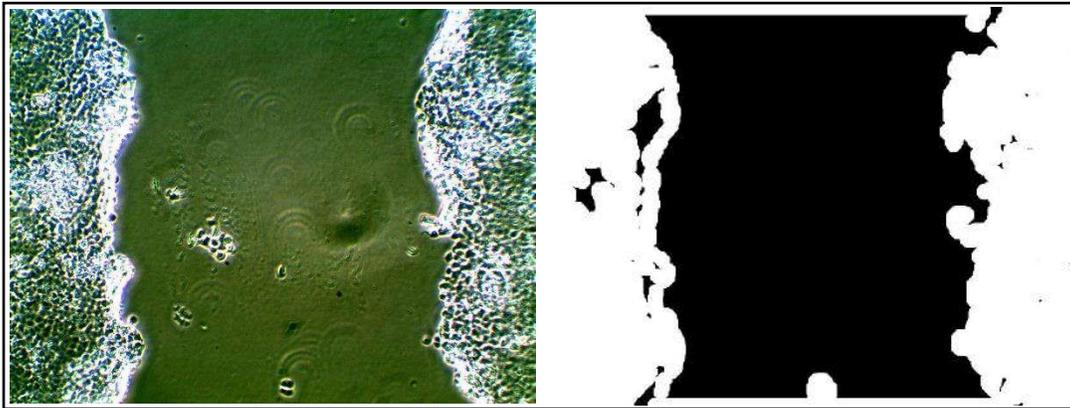


Figura 4.- Segunda imagen de prueba, muestra la segmentación en la imagen final.

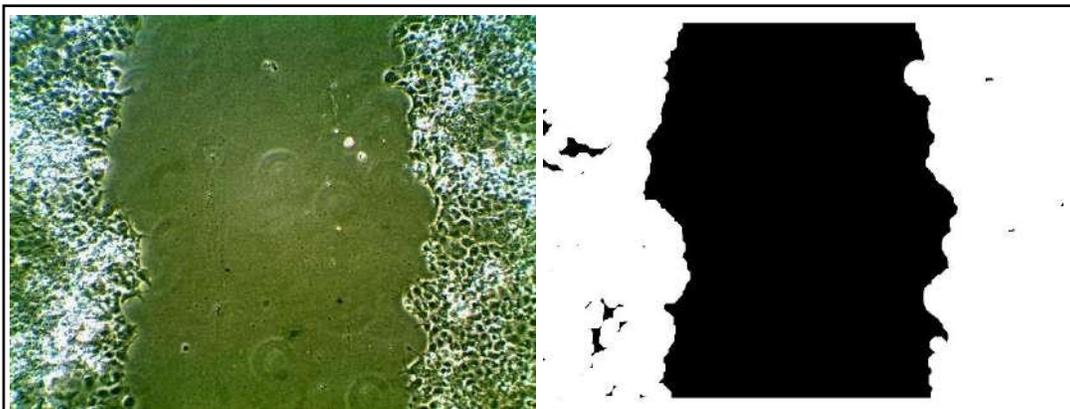


Figura 5.- Segunda imagen de prueba, muestra la segmentación en la imagen final.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

El ensayo de cierre de herida es una práctica muy utilizada hoy en día, sin embargo, la realización de la misma suele ser una tarea tardada, tediosa y subjetiva ya que depende de la experiencia de la persona que la realiza.

Con este proyecto se sientan las bases para el desarrollo de un sistema de automatización de dicho ensayo, con el propósito de realizar el análisis de forma más eficiente, y objetiva.

Como trabajo a futuro se propone llevar a cabo una experimentación más robusta, probando con una gran cantidad de imágenes con el propósito de ir refinando el algoritmo de segmentación, además de incluir un módulo de estadísticas, así como una interfaz gráfica de usuario.

## **AGRADECIMIENTOS**

Externo mi profundo agradecimiento al Dr. Antonio Alarcón Paredes por haber dedicado su tiempo, paciencia y conocimientos; por su gran labor de enseñanza y facilidades proporcionadas para la elaboración de este proyecto.

Quiero agradecer también al Dr. Eduardo Castañeda Saucedo por su colaboración en el mismo, así como las imágenes proporcionadas para el desarrollo de esta investigación.

Al M.C.C. Eric Rodríguez Peralta por el espacio proporcionado como lugar de trabajo, así como su apoyo.

## **REFERENCIAS**

[1] Rodríguez, Luis G., Xiaoyang Wu, and Jun-Lin Guan. "Wound-healing assay." Cell Migration. Humana Press, 2005. 23-29.

[2] MathWorks (2018, Julio). Matlab Documentation. Obtenido en: <https://la.mathworks.com/help/matlab/>

[3] Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2004). Digital image processing using MATLAB (Vol. 624). Upper Saddle River, New Jersey: Pearson-Prentice-Hall.

[4] Soille, P. (2013). Morphological image analysis: principles and applications. Springer Science & Business Media.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018*

**Memorias**

**CEMENTOS Y CERAMICOS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL**

**CEMENTO SUSTENTABLE A BASE DE DESECHO URBANO DE VIDRIO SODA-CAL-SÍLICE ACTIVADO CON ADITIVOS ESPECIALES**

Galilea Escalante Vázquez (Becaria)  
Facultad de Ingeniería de la UAGro  
Programa Delfín  
[galiescavaz@gmail.com](mailto:galiescavaz@gmail.com)  
Área VII: Ingenierías

Dr. José Iván Escalante García (Asesor)  
Investigador del CINVESTAV IPN  
[ivan.escalante@cinvestav.edu.mx](mailto:ivan.escalante@cinvestav.edu.mx)

**Resumen:**

La principal rama de la ingeniería Civil y de gran importancia para el desarrollo de la sociedad es la construcción. El concreto es el principal componente de los materiales de la construcción; mismo que se obtiene tras la mezcla del Cemento Portland con agregados finos y gruesos. Los procesos de producción del Cemento Portland consumen más del 12% de la energía industrial y emite el 10% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, lo cual se considera una problemática ambiental, donde entran también los desechos de vidrio, ya que ocupan grandes volúmenes en los vertederos municipales. Los desechos de vidrio generalmente no se reciclan debido a complicaciones de separación por color y/o composición química.

De acuerdo con SEMARNAT, se estima que el vidrio ocupa el 7% de los residuos depositados en vertederos municipales. Por lo que, en Acapulco, se puede deducir que se generan 70 toneladas de desecho de vidrio al día. Para resolver estas problemáticas ambientales, la idea principal de esta investigación es buscar el modo de reutilizar grandes cantidades de desechos de vidrio en la industria de la construcción, de modo que tras la reutilización y reciclaje haya forma de obtener resultados favorables para la creación de un cemento con la misma resistencia que el cemento portland, pero siendo participe en el cuidado del ambiente.

**Palabras clave:**

Construcción, cuidado ambiental, reciclaje.

**Introducción:**

En la literatura se ha propuesto las grandes cantidades de vidrio como reemplazo del Cemento Portland, ya sea como agregado fino o grueso o como material cementante principal. El cemento Portland (CP) es un ligante o cemento hidráulico que una vez solidificado continúa incrementando en su resistencia mecánica aún bajo agua. El CP es el ligante más usado para producir el concreto, que es el material ingenieril más comercializado del mundo y es esencial para el desarrollo de infraestructura física.

Tabla 1 Países con mayor producción y consumo de cemento Portland en el mundo (millones de toneladas)

PAIS	PRODUCCIÓN DE CEMENTO	
	2015	2016
CHINA	2350	2410
INDIA	300	290
ESTADOS UNIDOS	84.3	85.9
TURQUÍA	71.4	77
RUSIA	62.1	56
MÉXICO	35	36

La manufactura del vidrio data de 3500 a.C.; se cree que los primeros vidrios se produjeron en Egipto y Mesopotamia como joyería y posteriormente como envases. Actualmente el 90% del vidrio es manufacturado por medio del proceso de flotado. Diferentes tipos de vidrio son producidos según la composición química y los aditivos usados; estos se clasifican en:

- sílice vítrea
- silicatos alcalinos
- soda-cal-silíceo
- boro silicatos de plomo
- aluminio-silicatos

El 95% del vidrio comercializado en el mundo es del tipo sílice soda cal. En el año 2015 se produjeron mundialmente 125 millones de toneladas de vidrio con una tendencia a incrementar su producción anual debido a la industrialización y mejora de los estándares de vida de una creciente población mundial.

Estos desechos de vidrio son no tóxicos y no biodegradables, por lo que ocupan grandes volúmenes en los vertederos municipales, teóricamente el vidrio puede reciclarse para producir más vidrio infinitamente sin perder sus propiedades químicas y físicas; no obstante, la mezcla de vidrio con diferente color, causan una variación en la composición química que limita el reciclado, haciendo el reciclaje impráctico y caro

La estructura amorfa y composición química del vidrio sílice-soda-cal hacen de este material un excelente candidato para la activación química mediante soluciones químicas. El principal producto de reacción de los cementos a base de vidrio es un gel de sílice, el cual es soluble en agua. Esto supone de una limitante para algunas áreas y aplicaciones de la construcción, a pesar de sus buenas propiedades mecánicas. Por lo anterior, se añadieron aditivos especiales que hacen que el cemento sea estable bajo agua y pueda implementarse en la construcción.

Reafirmando la importancia del vidrio como cementante para el uso de la construcción es posible mencionar los siguientes beneficios:

- Se reducen los costos de disposición de los DV (vidrios), los cuales se incrementan por los impuestos de los vertederos municipales.
- Se protege el ambiente al ahorrar una enorme cantidad de materias primas en la producción del Cemento Portland.
- Se extiende la vida de los vertederos municipales al liberar el espacio ocupado por grandes volúmenes de vidrio.
- Se ahorra una importante cantidad de energía y se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y otros contaminantes emitidos por la industria del Cemento Portland.
- Se reducen costos de materiales de construcción a base de vidrio comparados con el Cemento Portland, con propiedades similares. La estructura amorfa y composición química del vidrio sílice-soda-cal hacen del desecho de vidrio un excelente candidato para la activación química.

Es importante mencionar que el grupo del Laboratorio de cementos y medio ambiente ya cuenta con el trámite de 2 patentes de estos cementos y concretos a base de vidrio. Por lo cual, se limitará a mencionar solamente como “aditivo a, b, c, etc.” a los diversos activadores de los desechos de vidrio utilizados para obtener un cementante estable en agua.

**Materiales y Métodos:**



Máquina de los Ángeles o molino de bolas de acero.  
Ilustración 1



Aparato de Blaine. Ilustración 2

Método de muestreo y pruebas de materiales. (Ilustración 2)

Capítulo: Finura del cemento por el método de permeabilidad al aire.

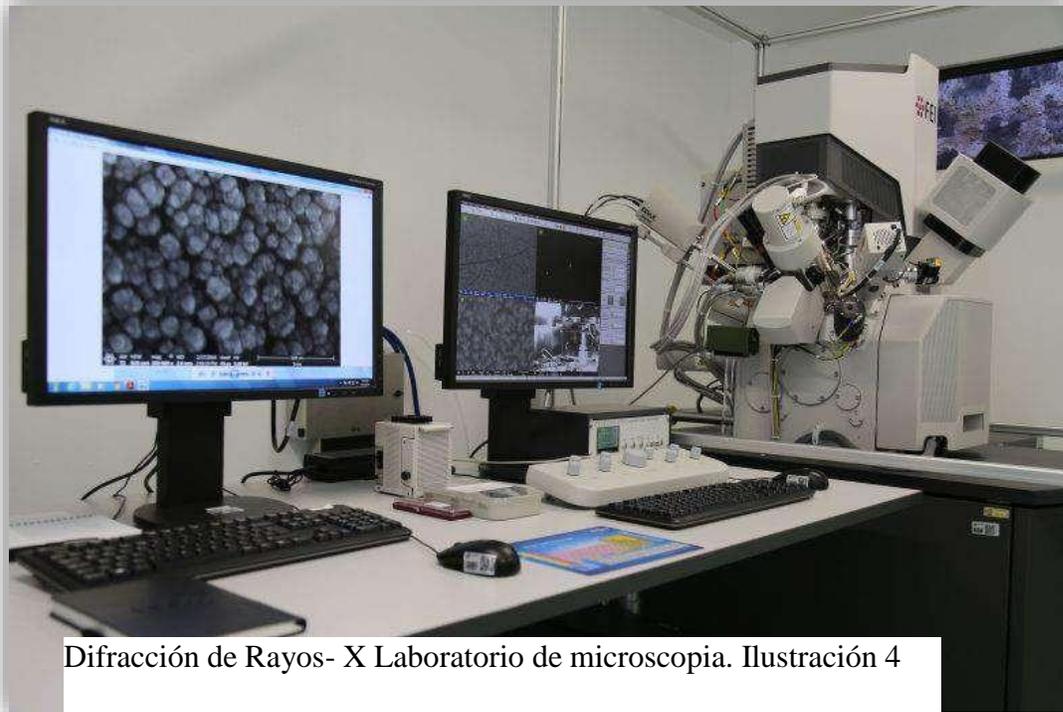
El objetivo de esta prueba es conocer la finura del cemento Portland o Portland especial (en este caso el cemento hecho a base de vidrio) en términos de la superficie específica, expresada como el área total de las partículas en relación con su masa en  $\text{cm}^2/\text{g}$ .

Resistencia a la compresión:

Se empleó una máquina hidráulica (Controls modelo 50-C7024) con una celda de carga de 250 kN y una velocidad de carga constante de 400 N/s y una sensibilidad de 2 kN. Para los cubos de morteros la carga se aplicó en caras diferentes a la de vaciado



Máquina hidráulica en área de ensayo. Ilustración 3



Difracción de Rayos- X Laboratorio de microscopia. Ilustración 4

### **Diseño del experimento:**

En el caso de molino de bolas de acero se usó desecho de vidrio sílice soda cal de una empresa local; éste se recolectó a granel con tamaño máximo de 50 mm y se procesó para reducir el tamaño de partícula usando un molino de bolas de acero con capacidad de carga de 10 kg y con una relación de molienda/material, se determina el tiempo estimado total de molienda y a continuación se procede a determinar el área superficial de molienda. Misma que se verifica en el ‘‘Aparato de Blaine’’

En la utilización del aparato de Blaine (Ilustración 2), se determina el área superficial del cemento, misma que se requiere para llevar a cabo el diseño de mezcla, con el cual se obtendrán los datos correspondientes para la elaboración de mezclas y concretos. Este diseño de experimento se explica de la siguiente manera: se toman aproximadamente 50 gramos de molienda de vidrio y se ingresa en una probeta con filtros de papel, mismos que impedirán el paso del aire o bien nos apoyaran a obtener el dato acerca de la cantidad que pasa por esta molienda.

Resistencia a la compresión (Ilustración 3):

La resistencia a la compresión se siguió en pastas y morteros de 1 a 90 días de curado. Las pastas tuvieron una evolución relativamente heterogénea en comparación con los morteros por las pérdidas y ganancias de resistencia en la evolución de algunas formulaciones.

#### Difracción de Rayos-X (Ilustración 4)

En el laboratorio de microscopia fue posible determinar la estructura y composición química que presentaban los morteros realizados, por lo que se pudieron caracterizar mediante DRX y otras técnicas que en lo personal considero muy importantes.

#### **Resultados:**

La realización de pastas y morteros que se realizaron en esta estancia, nos permitieron conocer el comportamiento de estos cementos, a través de ensayos de resistencia a la compresión. Uno de los puntos principales para obtener buenos resultados de estos morteros y preliminares, fue el estudio cuantitativo y cualitativo.

Se debe de tener cuidado especial a la hora de añadir ciertos aditivos, puesto que si no se tiene el cuidado correspondiente estos cementos pueden presentar ciertas alteraciones negativas. Estas pueden ser inestabilidad en el agua, eflorescencia y pérdida de propiedades mecánicas.

El fruto de esta investigación ha sido la obtención de un cementante hidráulico sustentable de 100% vidrio con propiedades óptimas para la construcción de elementos no estructurales (resistencias entre 3 y 10 MPa). Actualmente, se siguen realizando pruebas para ser usados en la construcción de elementos estructurales (resistencias mayores a 20 MPa).

Respecto a los distintos estudios aplicados a estos cementos, el de mayor impacto fue el del ensayo a la compresión, debido a las propiedades mecánicas de los cementos evolucionan con el tiempo. En pastas y morteros se obtuvieron resultados a 28 días de curado entre 10 y 30 MPa. Y en el caso de los concretos presentaron una resistencia de entre 10 y 16 MPa a 1 día. Estos resultados representan propiedades mecánicas útiles en la industria de la construcción.



Pastas y morteros con 10 y 30 MPa de resistencia.

Los cementos químicamente activados a base de desecho de vidrio tienen buenas propiedades mecánicas y son sustentables, económicos y durables. Tienen como principal producto de reacción el gel de sílice al ser activados con álcalis de sodio y adicionalmente C-S-H al agregar una fuente de calcio como la cal viva o la caliza. La durabilidad de estos cementos depende fuertemente de la estabilidad química del gel de sílice.

### **Discusión y conclusiones:**

La ciencia y la tecnología se han dado a la tarea de buscar soluciones a los diversos problemas ambientales, la ingeniería más avanzada busca producir tecnologías, no solamente para prever y minimizar los impactos ambientales, sino también para ofrecer orientación al gobierno, al sector privado sobre las diferentes alternativas que permitirían crear un futuro que sea más sostenible desde la perspectiva ambiental.

La ingeniería civil de hoy, desde las múltiples ramas, busca contribuir a enfrentar los diversos problemas ambientales ya sea desde la utilización de las tecnologías para el cuidado del ambiente o la utilización de estrategias para cuidar el medio ambiente reduciendo contaminantes y recordando la importancia de aprovechar los distintos recursos que llegan a ser denominados basura. Es por ello que el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados determinó implementar cementos de bajo impacto ambiental participando en el cuidado de este mismo.

La producción de Cemento Portland y concretos pueden incorporar diversos desperdicios tales como: escoria de alto horno, ceniza volante y desechos de vidrio. Mientras los dos primeros se concentran geográficamente en lugares con alta actividad industrial, el DV es más disponible en cualquier zona urbana. Sin embargo, grandes cantidades de DV siguen siendo descartados en vertederos. Diversos estudios han estudiado el uso de los desechos de vidrio (DV) como agregado, reemplazo parcial del CP y cementante.

La metodología científica es de gran importancia para desarrollar cementos innovadores y con gran potencial de impacto social y ambiental. El conocimiento adecuado de la reutilización del vidrio y el correcto manejo de su transformación permite obtener cementos químicamente activados con buenas propiedades mecánicas.

Son cementos sustentables y económicos por la cuestión del reciclaje de un desecho urbano y durable debido a que añadiendo ciertos aditivos se puede teorizar una estabilidad química.

Respecto a los distintos estudios aplicados a estos cementos, el de mayor impacto fue el del ensayo a la compresión, debido a las propiedades mecánicas de los cementos evolucionan con el tiempo. En pastas y morteros se obtuvieron resultados a 28 días de curado entre 10 y 30 MPa. Y en el caso de los concretos presentaron una resistencia de entre 10 y 16 MPa a 1 día. Estos resultados representan propiedades mecánicas útiles en la industria de la construcción.

## **Agradecimientos:**

Principalmente mis más sinceros reconocimientos a mi querida Universidad Autónoma de Guerrero, al área de Dirección General de Posgrado e Investigación, quién a base de distintos conceptos tuvo a bien ofrecerme la oportunidad de representar el Estado pero, sobre todo, la Universidad en un Centro de Investigaciones tan importante como lo es el CINVESTAV por ser parte del Instituto Politécnico Nacional.

Reconozco y agradezco el esfuerzo que los maestros de mi Facultad realizan día con día fomentando en mí el deseo de generar nuevas actividades, enriqueciendo de gran manera mis conocimientos.

Pero sobre todo, a la incansable labor del Doctor José Iván Escalante García, quien además de aceptarme en su equipo de investigación me apoyo en gran manera para ampliar mis criterios acerca de la investigación, recordando durante la estancia lo importante que es esforzarse para lograr el éxito, así como la importancia de rodearse de personas conocedoras del tema para reafirmar los conocimientos y apoyarse en las dudas que puedan presentarse.

En esta ocasión el Doctor Jose Iván me otorgo la oportunidad de enriquecer mis conocimientos con el estudiante de Doctorado el Mtro. Luis Edgar Menchaca Ballinas, a quien también agradezco la paciencia y el esfuerzo establecido.

## **Referencias:**

<https://centrosconacyt.mx/objeto/labmicroscopia/>

Microstructural and strength improvements through the use of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> in a cementless Ca (OH)<sub>2</sub>-activated Class F fly ash system

Reutilización de vidrio residuos urbanos e industriales como una novela activador para pastas de cemento de escoria-alcalinos activado: un estudio de caso F. Puertas, M. Torres-Carrasco, MM Alonso. Instituto Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), Madrid, España

Polimerización en soluciones de silicato de sodio: un proceso fundamental en la tecnología de geopolimerización D. Dimas Æ I. Giannopoulou Æ D. Panias

La estabilidad hidrolítica de los geles de silicato de sodio en la presencia de aluminio I. Giannopoulou • D. Panias

D.L. Summerbell, C.Y. Barlow, J.M. Cullen, Potential reduction of carbon emissions by performance improvement: A cement industry case study, J. Clean. Prod. 135 (2016) 1327–1339. doi:10.1016/j.jclepro.2016.06.155.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018*

**Memorias**

## **ESTUDIO DE MATERIALES PARA ALIGERAR LA MASA DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO HIDRÁULICO**

**Héctor Alejandro Nájera Donjuán (Becario)**

[hector\\_123\\_donjuan@hotmail.com](mailto:hector_123_donjuan@hotmail.com)

*Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero.*

**M.C. Alfredo Cuevas Sandoval (Asesor)**

[acuevass@uagrovirtual.mx](mailto:acuevass@uagrovirtual.mx)

*Unidad Académica de Ingeniería*

*Universidad Autónoma de Guerrero.*

### **Resumen:**

La siguiente propuesta de investigación tiene como objetivo general, el análisis del uso del poliestireno expandido como material aligerante dentro de la masa de piezas de mampostería, de concreto hidráulico. Buscando piezas más livianas y una mejora en sus propiedades que cumplan con los parámetros y normas mexicanas vigentes. Los tabicónes sólidos de concreto hidráulico, son componentes de forma rectangular que se realizan con moldes de diferentes materiales, siempre son macizos y existen de dos tipos, los cuales son estructural y no estructural. Estos productos se realizan con diferentes materiales.

En la industria de la construcción las piezas de tabicón, son muy conocidas ya que su bajo costo y la facilidad de obtenerlas, se encuentran al alcance por ello existen dos clasificaciones de tabicón sólido, estas son conocidas como tabicón pesado y tabicón ligero cuya diferencia son los materiales utilizados para su fabricación, es decir que el tabicón ligero es aproximadamente 30% menor su peso respecto al tabicón pesado.

Es de suma importancia conocer, las diferencias de ellos y donde podremos aplicarlos en obra. El organismo encargado de elaborar normas Mexicanas aplicables a los elementos, componentes tecnologías, procesos y servicios de la industria de la construcción acordes con las condiciones del país es el Organismo Nacional de Normalización Y Certificación de la construcción y edificación, s.c. (onncce)

Relazaremos un estudio y análisis, de los materiales para aligerar la masa de las piezas de mampostería hidráulico. Para poder identificar sus propiedades físicas y mecánicas de dichas piezas elaboradas para así después realizar un diseño de mezcla por el método de volúmenes absolutos con base a los resultados obtenidos con una resistencia de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Realizar un estudio a las piezas elaboradas con dicho aligeramiento utilizando poliestireno expandido como material aligerante dentro de la masa por medio de una maquina semiautomática y ver si estas están dentro de lo establecido en la Norma Mexicana para la elaboración piezas de Mampostería.

**Palabras clave: aligerar, concreto, mampostería, tabicón.**

### **Introducción:**

Los tabicones sólidos fabricados de cemento portland son mezclado con diferentes agregados, su principal uso es en la construcción de muros interiores y exteriores de viviendas. Estos se volvieron muy utilizados para la elaboración de edificaciones de viviendas desde la antigüedad, y han continuado evolucionando con nuevos materiales y métodos para su mejoramiento.

A pesar de los grandes avances tecnológicos y la evolución total de las piezas de mamposterías su diseño aun no es muy exacto, ya que deben considerarse muchos aspectos de seguridad de muy alta exigencia, algunas de sus razones es porque no se cumplen con un control de calidad. Se han desarrollado nuevos métodos y técnicas más avanzadas para su mejoramiento y cumplimiento con las nuevas normas de seguridad, pero dicha fabricación de estas piezas no tiene un control ya que los fabricantes no tienen el conocimiento suficiente para su elaboración además de que su fabricación es realizada en lugares no aptos y que carecen de espacios y no cuenta con el equipo necesario ni la supervisión adecuada de un profesionista. Pero la principal razón es que hay muy pocas investigaciones de las reacciones que esta pueda tener ante diferentes requerimientos. (Castro Hernandez, 2009)

El block de tabicón realizado con cemento, es un material que tiene mucha demanda en la construcción, ya que el 80 % de los chilpancingueños construyen con sistemas de mampostería, principalmente para muros estructurales así como divisiones interiores, ya que dicha mampostería están expuestas a esfuerzos de compresión y tensión. Pero se anotado que los diseñadores y fabricante de tabicón no cumplen con las normas vigentes y hay un descuido por ello, ya que es uno de los materiales principales para obra civiles las piezas de tabicón soy excelente para soportar fuerzas a compresión, pero pésimas para fuerzas a tensión, ya que dicha mampostería se refuerza con columnas y vigas de concreto armado hacen que reduzca su rigidez , la utilización de la mampostería es su bajo costo, facilidad de manejo y disponibilidad por ello debería existir un control más estricto que lleve hacer materiales de calidad y brinden seguridad a su usuario. (Ramos Segura, 2013)

Esta investigación se enfoca al estudio de materiales utilizados para aligerar la masa de las piezas de mampostería de concreto hidráulico. Así poder hacer una comparación respecto a las normas mexicanas vigentes. Así mismo se estudiarán los agregados con los cuales se elaboran estas piezas para determinar su calidad y saber si cumplen o no son aptos para la fabricación de las mismas piezas.

## **Objetivo general:**

- Estudiar los materiales para aligerar la masa de las piezas de mampostería de concreto hidráulico, y ver si afecta su costo y resistencia o no son factibles para la fabricación de tabicón.

## **Objetivos específicos:**

- Aplicar poliestireno para aligerar la masa de las piezas utilizando poliestireno con cenicilla azul (polvo de trituración), para su fabricación.
- Ensayar piezas fabricadas aligeradas, con las pruebas a la edad de 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días para conocer el comportamiento de resistencia en las mismas.

## **MATERIALES Y METODOS.**

Para realizar la investigación se aplicaron procedimientos estandarizados, para obtener sus propiedades físicas y mecánicas, de la cenicilla azul, ya que los agregados ocupan la mayor parte de volumen absoluto de mezcla para elaborar piezas de tabicón (60 a 75 %) por ello la gran importancia de conocer sus propiedades físicas y mecánicas para así hacer las proporciones adecuadas de cada materia. Los materiales a utilizar son; Agua, Cemento, Grava, poliestireno. Así podremos reducir la masa de las piezas de mampostería, hacer un tabicón que cumpla con las exigencias de las normas mexicanas. Así examinar y evaluarlas con las siguientes pruebas correspondientes.

### **Las pruebas realizadas son las siguientes para los agregados pétreos;**

1. Muestreo
2. Reducción de la muestra por método de cuarto.
3. contenido de humedad total de los agregados por secado.
4. Peso volumétrico.
5. Granulometría.
6. separación o clasificación de los materiales.
7. Material que pasa la malla # 200
8. Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino.
9. Absorción de los agregados.

Al realizar estas pruebas a los agregados se procederá hacer la dosificación exacta para aligerar la masa, utilizando poliestireno expandido posteriormente se fabricaran tabicones y así obtener sus características principales de cada espécimen y analizar su comportamientos. De acuerdo a las normas mexicas



**Fig.1.1. Muestreo de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-030**



**Figura 2.1. Método de cuarteo de la muestra.**



**Fig.3.1. Contenido de humedad total de los agregados por secado**



**Figura 4.1. Prueba de peso volumétrico suelto. Establecido en la NMX-C- 073**



**Figura 4.2. Prueba de peso volumétrico compactado. Establecido en la NMX-C-073**



**Fig.5.1 Granulometría de acuerdo a prueba lo establece la NMX-C-077.**



**Figura 6.1. Prueba de separación de material en greña**



**Fig.7.1. Prueba Material que pasa la malla # 200**



**Fig.8.1 Prueba de determinación de impurezas orgánicas**



**Fig.9.1 Densidad de los agregados pétreos, lo establecido en la NMX-C-165.**



**Fig.10.1. Aligeramiento de la masa de concreto hidráulico.**



**Fig.11.1. Elaboración de piezas de mampostería aligeradas.**



Figura.11.2. Prueba a la compresión simple.

### Resultados.

Una vez obtenidos los resultados, a las pruebas de los agregados pétreos se registraron para posteriormente realizar, un diseño de mezcla aligerando la masa de las piezas de mampostería de concreto hidráulico. (Tal como se observa en la tabla de resultados de agregados pétreos)

Obtenido el diseño de mezcla, se realizaron las piezas de tabicón aligerado con sus respectivos porcentajes 20% de poliestireno y 80 % de cenicilla azul, fabricados mediante una maquina semiautomática. Se obtuvieron resultados de los cuales se realizó un análisis con base a las Normas Mexicanas, para piezas de mampostería y observar mediante graficas su comportamiento a la resistencia a compresión.

Resultados de Pruebas	GRAVA 1	Resultados de Pruebas	ARENA 1
PVSS. (Kg/m <sup>3</sup> )	1278.49	PVSS. (Kg/m <sup>3</sup> )	1512.71
PVVS. (Kg/m <sup>3</sup> )	1444.12	PVVS. (Kg/m <sup>3</sup> )	1721.29
Densidad (Gr/cm <sup>3</sup> )	2.8	Densidad (Gr/cm <sup>3</sup> )	2.79
% ABSORCIÓN	0.58	% ABSORCIÓN	2.94
T.M.N.A. (mm)	9.5	M.F.	3.65
% HUMEDAD	11.15	% HUMEDAD	11.15
% DE SOBRETAMAÑO	0	% DE SOBRETAMAÑO	30.83
% DE INFRATAMAÑO	69.17	IMPUREZA ORGANICA	NEGATIVO
BANCO	ROCA ETERNA	BANCO	ROCA ETERNA

Tabla 1. Resultados de agregados pétreos.

**Diseño de mezcla aligerado de poliestireno expandido. Aligerando la masa de las piezas de mampostería de concreto hidráulico. Tal y como se observa en la tabla 1.**

MATERIALES	Kg	DENSIDAD	LITROS
Cemento	54.72688	3.08	17.76847
Agua	141.53192	1.00	141.53192
Grava	538.198719	2.80	192.2138281
Poliestireno	174.66926	1.04	167.95121
Arena	1340.691451	2.79	480.5345702
Totales	2249.81823		1000.00

Tabla 2. Diseño de mezcla 1m<sup>3</sup>

Para mejorar y observar el estudio se realizaron casos estadísticos descriptivos, así poder observar manera más precisa su comportamiento, de los tabicones aligerados sus dimensiones promedio fueron las siguientes de altura es de 9.15, y el ancho de 13.07 y el largo de 26.20, por lo se encuentran dentro de lo establecido en la Norma Mexicana (ONNCCE, NMX-C-404-ONNCCE-2005, 2005). Donde también la norma nos especifica y dice que las especificaciones mínimas conforme a la norma son para la altura 6, ancho 10 y largo 24. Las tolerancias para el dimensionamiento son para el ancho 3 cm, en altura 2mm y 2 mm en el largo. Por lo cual los tabicones aligerados se encuentran en un peso de 5.49 kilogramos.

Con base a la Norma Mexicana (ONNCCE, NMX-C-037-2013), para el caso de absorción total nuestro promedio obtenido fue o 6.06 %por lo que cumple con las especificaciones, ya que las especificaciones mínimas de absorción en piezas de tabicón debe de estar máximo de un 12 % de absorción total.

El valor promedio de resistencia a la compresión en piezas de tabicón aligerado obtenido es de 68.64 kilogramos/ cm<sup>2</sup>, y que con base a lo establecido en la Norma Mexicana (ONNCCE, NMX-C-036-ONNCCE-2013, 2013), por lo que el promedio establecido es de 11 MPA (110 kg/cm<sup>2</sup>) y especificación mínima de 7 MPA (70 kg/cm<sup>2</sup>) por lo cual se observa que las piezas de mampostería aligerada, no cumplen con las especificaciones, por cual se determinar que al no estar en ninguna clasificación que marca la norma , no son actas para su uso en la construcción y si se quiere lograr obtener una pieza aligerada de calidad se debe reajustar el diseño de mezcla para así poder obtener piezas aligeras de calidad con base a la norma.

**Resúmenes de casos**

	ALTO	ANCHO	LARGO	PESO	A_TOTAL	COMPRESION
N	30	30	30	30	30	30
Media	9.1450	13.0737	26.2090	5.4870	6.0557	44.9400
Mediana	9.1400	13.1000	26.2350	5.4800	6.0450	44.9950
Mínimo	9.03	12.76	26.04	5.26	5.95	30.63
Máximo	9.35	13.35	26.36	5.70	6.14	68.64
Rango	.32	.59	.32	.44	.19	38.01
Desv. típ.	.06806	.14986	.09672	.10983	.04561	7.56933
Varianza	.005	.022	.009	.012	.002	57.295

Tabla 3. Estadísticos descriptivos.

En la tabla y grafica de estadísticos descriptivo, se observa la evolución de la resistencia a la compresión a través del paso de los días de las piezas elaboradas, identificando la variación de resultados, se le atribuye a la dosificación del material aligerantes ya que el poliestireno expandido se notó no tener mucha adherencia a la mezcla.

El promedio máximo de resistencia se obtuvo a edad de 28 días con un resultado de 50.58 kg/cm<sup>2</sup>. El promedio mínimo de resistencia se obtuvo a la edad de 7 días con 30.63 kg/cm<sup>2</sup>. La edad de garantía del concreto es a los 28 días donde se sabe que el concreto alcanza su mayor resistencia. En el cual obtuvo una resistencia de 50.58 kg/cm<sup>2</sup>.

**Resúmenes de casos**

**COMPRESION**

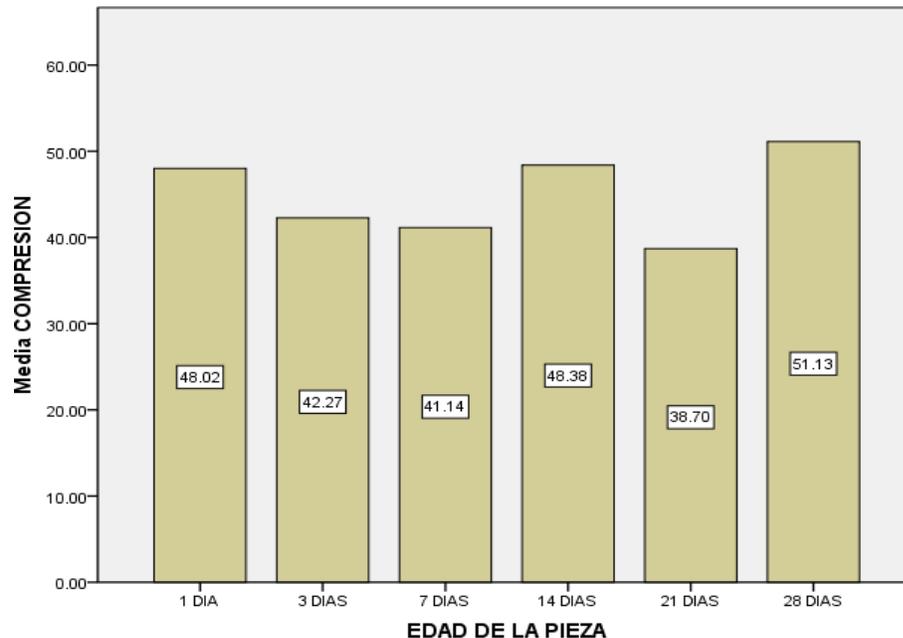
EDAD DE LA PIEZA	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. típ.	Varianza
1 DIA	5	48.0160	41.3700	41.17	68.64	27.47	11.84313	140.260
3 DIAS	5	42.2680	42.2200	35.47	46.87	11.40	4.40662	19.418
7 DIAS	5	41.1440	41.5600	30.63	50.45	19.82	7.02952	49.414
14 DIAS	5	48.3840	47.0100	44.63	52.93	8.30	3.73253	13.932
21 DIAS	5	38.7020	37.8500	32.92	47.44	14.52	6.13178	37.599
28 DIAS	5	51.1260	50.5800	48.13	53.83	5.70	2.16791	4.700
Total	30	44.9400	44.9950	30.63	68.64	38.01	7.56933	57.295

Tabla 4. Edad de resistencia a la compresión.



Grafica 1. De edad resistencia a edad de 1, 3, 7, 14, 21 y 28.

En esta grafica de barras se puede detectar fácilmente que la edad de 28 días se obtiene la resistencia promedio máxima, se nota claramente la evolución de los tabicones aligerados, ya que al pasar los días aumenta su resistencia, pero también disminuyen esto se debe que las piezas fueron fabricadas con maquinaria semiautomática, ya que en el proceso no se le dio la vibro compactación adecuada.



*Grafica de barras 2. Edad de resistencia a la compresión.*

### **Discusión y conclusiones**

En la presente investigación se analizaron y se estudiaron, materiales para aligerar la masa de piezas mamposterías, utilizando poliestireno expandido como aligerante, se observaron que las piezas no cumplen con la resistencia de diseño, ya que la dosificación de poliestireno expandido afecto a la resistencia al ser sometidos a compresión simple.

Se observó que el poliestireno no tiene mucha adherencia con los demás elemento que componen las piezas, por lo cual el problema se encuentra en el diseño de mezcla y es necesario reajustar el diseño para obtener la resistencia deseada.

A diferencia de las piezas de tabicón solido que se realizan de manera artesanal o empírica, las piezas aligeradas de poliestireno requieren un mayor cuidado en la dosificación y producción y realizar experimentos de especímenes, para así tener una mezcla ajustada de acuerdo a las normas mexicanas vigentes.

Esta investigación está en proceso por lo que se recomienda el ajuste al diseño de mezcla para hacer un tabicón aligerado que cumpla con las exigencias constructivas y de seguridad estructural, además de probar con otros materiales aligerantes, con los que se busca producir piezas más livianas y una mejora en sus propiedades y parámetros de calidad.

### **Agradecimientos**

Le agradezco al equipo de investigadores del CA-107-UAGro, Calidad de los Materiales de construcción por darme el privilegio de participar y ser parte de las investigaciones en la cual desarrolle conocimientos nuevos sobre los materiales de construcción, así también les agradezco su ayuda y dedicación ya que inspiran mi formación como profesional.

### **Referencias.**

- Ramos S. Manuel, 2013, Verificación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Piezas de Tabico y Block Elaboradas por una Fabrica Bloqueara en la Localidad de Chilpancingo, Flores Corona, M.I. Leonardo; SMIE, CENAPRED, CICM, ONNCCE. (14 de agosto 2015). Normas NMX para estructuras de mampostería. México: SEGOB.
- Sandoval, M.C. Alfredo (septiembre 2008). TECNOLOGÍA DEL CONCRETO: AGREGADOS PÉTREOS. Chilpancingo, Gro., México: UAI, Universidad Autónoma de Guerrero.
- NMX-C-021. (2010.). Norma mexicana de la Industria de la construcción. *Cemento para albañilería (mortero) – Especificaciones y métodos de ensayo*. México, D.F.: ONNCCE.
- NMX-C-030-ONNCCE. (2004). *C-030*. CIUDAD DE MEXICO: ONNCCE.
- NMX-C-159. (2004). Norma Mexicana de la Industria de la Construcción. *Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio*. Mexico, D.F.: ONNCCE.
- NMX-C-170. (1997). Norma Mexicana de la Industria de la Cosntrucción. *Reduccion de las Muestras de Agregados Obtenidas en el Campo al Tamaño Requerido para las Pruebas*. Mexico, D.F: ONNCCE.
- ONNCCE. (2004). *Industria de la Construcción - Agregados - Muestreo*. Ciudad de Mexico: ONNCCE.
- ONNCCE. (2005). *NMX-C-404-ONNCCE-2005*. Ciudad de Mexico: ONNCCE.





*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018*

**Memorias**

## **CARACTERIZACIÓN DE USO DE SUELO MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT EN EL ESTADO DE QUERETARO**

Itzel Guadalupe Fernández Morales (**Becaria**)  
Escuela Superior de Ciencias Ambientales de la UAGro  
Programa de Verano Delfín  
[itzelgf27@gmail.com](mailto:itzelgf27@gmail.com)

Área en la que participa: VII Ingeniería e Industria

Dr. Christian Eduardo Hernández Mendoza (**Asesor**)  
Profesor-Investigador  
Universidad Autónoma de Querétaro  
[ceduardo.hernandez@gmail.com](mailto:ceduardo.hernandez@gmail.com)

### **Resumen**

Las imágenes satelitales se han convertido en una fuente valiosa de información ya que tienen la ventaja de abarcar una zona extensa, lo que facilita numerosas aplicaciones, los datos satelitales ofrecen considerables ventajas para el conocimiento de la variación espacial y seguimiento temporal de múltiples fenómenos, esto es posible gracias al desarrollo del tratamiento digital de imágenes, razón por la cual el presente estudio utiliza algunas técnicas de tratamiento digital con imágenes del satélite Landsat 8, para la caracterización de uso de suelo en el estado de Querétaro.

El procesamiento digital de imágenes satelitales Landsat 8 se ejecutó en ArcGIS 10.3 en primer lugar se realizó una corrección de las imágenes por conversión a reflectancia y radiansa. Posteriormente para la caracterización de uso de suelo se calculó el índice de vegetación (NDVI), índice de suelo (NDSI), índice de agua (NDWI) y se les unió en una sola imagen sobre la que se realizó una clasificación digital obteniendo el mapa de uso de suelo.

Los mapas obtenidos constituyen insumos para el análisis del territorio, se observan los diferentes usos del suelo para el estado de Querétaro, en donde se tienen zonas de uso agrícola, conservación y protección, pecuario, antrópico, entre otros usos. La cartografía

obtenida será comparada con la base de datos de INEGI, para la validación de los resultados obtenidos mediante procesamiento digital de imágenes multiespectrales Landsat 8.

Palabras Clave: imágenes satelitales, suelo, landsat 8.

## **Introducción**

La búsqueda de una nueva visión de los paisajes terrestres ha sido uno de los principales deseos de la humanidad, razón por la cual desde épocas muy remotas volar se convirtió en la herramienta para hacer realidad esos sueños. Desde ese momento, el avance de la innovación tecnológica ha sufrido un vertiginoso avance, lo que ha permitido enriquecer notablemente nuestro conocimiento sobre el planeta y sus habitantes (Chuvienco, 2010).

La observación remota de la superficie terrestre constituye el marco de estudio de la teledetección, la misma que se define como la ciencia y arte de obtener información útil sobre los objetos, áreas o fenómenos bajo investigación, mediante análisis de datos adquiridos por dispositivos que no están en contacto físico con estos (Posada, 2008).

Antes de 1972, la idea de utilizar datos de satélites para la vigilancia terrestre, la cartografía o la exploración era un concepto visionario. Hecho que da origen al Programa Landsat, el cual se constituye en una serie de misiones de observación de la tierra por satélite gestionadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), (IGAC, 2013).

Con el lanzamiento del primer satélite comercial LANDSAT-1 (USA), la comunidad científica y el público en general empezaron a beneficiarse de las imágenes que ofrecían observación periódica y amplia perspectiva de la superficie terrestre, así como sus recursos, actividades humanas y sus impactos (Chuvienco, 2010).

Las imágenes satelitales se han convertido en una fuente valiosa de información ya que tienen la ventaja de abarcar una zona mucho más extensa que las imágenes aéreas, lo que facilita numerosas aplicaciones, tales como el inventario de recursos naturales, planificación urbana y rural, monitoreo y gestión del medio ambiente, agricultura, infraestructuras, obras civiles, exploraciones mineras, respuestas rápidas a desastres y operaciones militares, entre muchas otras (Arozarena, 2001).

Dichas aplicaciones son posibles gracias al desarrollo que ha tenido por otra parte el Tratamiento Digital de Imágenes, herramienta fundamental de la teledetección cuyo procesamiento contempla técnicas matemáticas, estadísticas y computacionales, que permiten mejorar, corregir, analizar y extraer información de las imágenes captadas por los sensores a bordo de los satélites, permitiendo realizar operaciones complejas, muy costosas e inaccesibles para el análisis visual. Una de sus grandes ventajas es la rapidez del

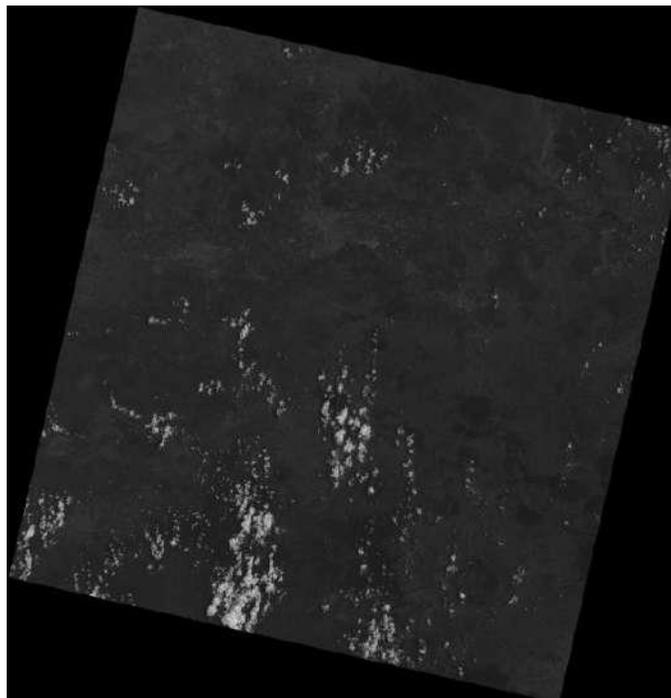
procesamiento de la información digital disponible hoy en día para cada proyecto (Chuvieco, 2010).

El presente trabajo se desarrolló en el estado de Querétaro, el objetivo fundamental de esta investigación es procesar digitalmente imágenes multiespectrales Landsat 8, para generar cartografía e identificar el uso de suelo. Para lograr dicho objetivo, se calcula el índice de Agua, índice de Vegetación e índice de suelo.

## **Materiales y métodos**

Se empleó el método que se presenta a continuación, para lograr los objetivos de la investigación:

Búsqueda y revisión bibliográfica especializada de trabajos relacionados con imágenes landsat, con enfoque en caracterización de uso de suelo. Se adquirió imágenes de las cuales se seleccionó aquellas que tenían menos del 10 % de nubes, las mismas fueron nuevamente seleccionadas hasta obtener una imagen, cuyos datos satelitales multiespectrales, corresponden al satélite Landsat 8, con fecha de toma 8 de mayo de 2018, posee 9 bandas reflectivas con resolución espacial de 30 metros en la región del visible e infrarrojo (1-7,9) a excepción de la banda (8) pancromática, cuya resolución es de 15 metros, además el sensor TIRS provee dos bandas termales la (10 y 11), tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30 metros. Las mismas están disponibles en la página web: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.



*Ilustración 1: Imagen Landsat 8, utilizada para el estudio*

### Conversión a reflectancia

La imagen presenta niveles digitales (ND) enteros, según la metodología de conversión para landsat 8 del USGS, los mismos se deben transformar a valores de reflectividad.

Los datos del sensor OLI pueden ser convertidos a valores de reflectancia (TOA) en el techo de la atmosfera, usando para ello los coeficientes de reflectancia reescalados, suministrados en el archivo de metadatos MTL. La siguiente ecuación es usada para convertir los ND niveles digitales a valores de reflectancia para los obtenidos por el sensor OLI:

$$P\lambda = MpQcal + Ap$$

Donde:

$P\lambda$  = Es el valor de reflectancia planetaria.

$Mp$  = Es el factor multiplicativo de escalado específico por banda obtenido del metadato (REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, donde x es el número de la banda).

$Ap$  = Es el factor aditivo de escalado específico por banda obtenido del metadato (REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, donde x es el número de la banda).

$Q cal$  = Es el producto estándar cuantificado y calibrado para valores de pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen.

<b>COEFICIENTES MULTIPLICATIVOS</b>	<b>FACTOR</b>
REFLECTANCE_ADD_BAND_1	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_2	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_3	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_4	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_5	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_6	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_7	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_8	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_9	-0.1

*Tabla 1: Metadato de la imagen Landsat*

<b>COEFICIENTES MULTIPLICATIVOS</b>	<b>FACTOR</b>
REFLECTANCE_ADD_BAND_1	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_2	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_3	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_4	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_5	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_6	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_7	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_8	-0.1
REFLECTANCE_ADD_BAND_9	-0.1

Tabla 2: Metadato de la imagen para calcular la reflectancia

### Índice de vegetación (NDVI)

Este índice es derivado de la combinación de las reflectancias captadas en el rango espectral del rojo e infrarrojo cercano; con la finalidad de resaltar la vegetación con respecto a los objetos identificados en la imagen. Para la imagen Landsat 8, las bandas utilizadas corresponden a las bandas 4 y 5 respectivamente. La fórmula utilizada fue:

$$NDVI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4}$$

### Índice de suelos (NDSI)

Son operaciones que se realizan entre bandas, dividiendo los valores digitales de una banda por los correspondientes en otra banda espectral y que permiten discriminar de mejor manera el tipo de suelo para enfatizar distintas cubiertas. (Pineda, 2010). En este caso lo que se desea es realzar los suelos, lo que se logra dividiendo la banda SWIR sobre la banda NIR en las que se realzarán áreas en proceso de erosión, la misma se deriva del siguiente algoritmo (Verduga, 2002).

$$NDSI = \frac{B6 - B5}{B6 + B5}$$

### Índice de agua

Son cocientes para determinar o resaltar agua. Se utiliza como medida para estimar la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo. Tiene uso extendido en ciencias ambientales e hídricas, ya que brinda información relevante para utilizar en modelos de balance hídrico, predicción climática entre otros.

El cálculo del índice de agua de diferencia normalizada se realiza mediante el algoritmo:

$$NDSI = \frac{B5 - B7}{B5 + B7}$$

### Índice combinado

Es una composición a color de los tres índices, asignando los índices a los canales de color, es así como en el rojo se ingresa el índice de suelo, en el verde el índice de vegetación, en el azul el índice de agua, dando como producto final una imagen con detalles muy marcados y muy fáciles de interpretar (Pineda, 2010).

El mismo queda definido de la siguiente manera:

$$NDXI \left\{ \begin{array}{l} R = NDSI \\ G = NDVI \\ B = NDWI \end{array} \right.$$

Donde:

NDXI = Índice combinado

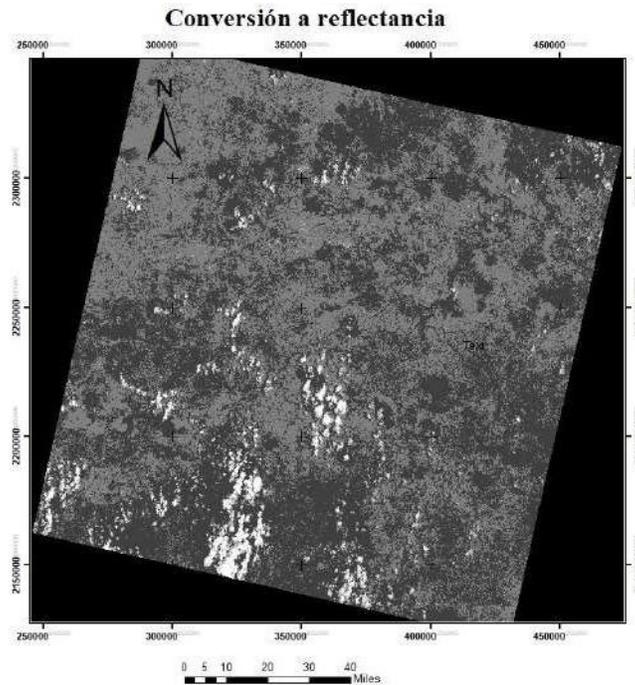
R = Canal de color rojo

G = Canal de color Verde

B = Canal de color azul

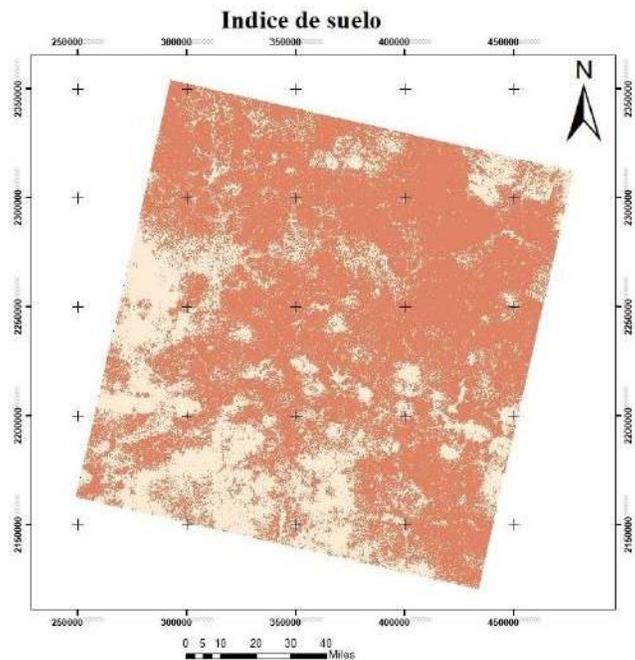
### Resultados

La imagen Landsat presenta niveles digitales (ND) enteros, los mismos se deben transformar a valores de reflectividad, para su posterior análisis de acuerdo a su variación en distintos rangos espectrales. Los datos del sensor OLI fueron convertidos a valores de reflectancia en el techo de la atmosfera (TOA), usando para ello los coeficientes de reflectancia reescalados, suministrados en el archivo de metadatos, el resultado se aprecia en la ilustración 2.



*Ilustración 2: Conversión de los valores a reflectancia*

El índice de suelo permitió discriminar suelos intervenidos por el hombre es decir de uso Antrópico, así como suelos en proceso de erosión, suelos, sin cobertura vegetal. Este pre-producto sirve como una nueva banda al momento de realizar el índice combinado.



*Ilustración 3: Mapa de índice de suelo*

En la ilustración 3 se observa el mapa de índice de suelo, resultado del procesamiento digital de imágenes multiespectrales Landsat 8.

La determinación de los diferentes usos que tiene un territorio, es una información muy útil a la hora de tomar decisiones, ya que la información que proporciona facilita la visión de cómo está distribuido el suelo respecto a los habitantes de un territorio.

El Mapa de uso de suelo se obtuvo mediante el procesamiento digital de imágenes multiespectrales Landsat 8, en combinación con una base de datos en este caso INEGI. El resultado se muestra en la ilustración 4.

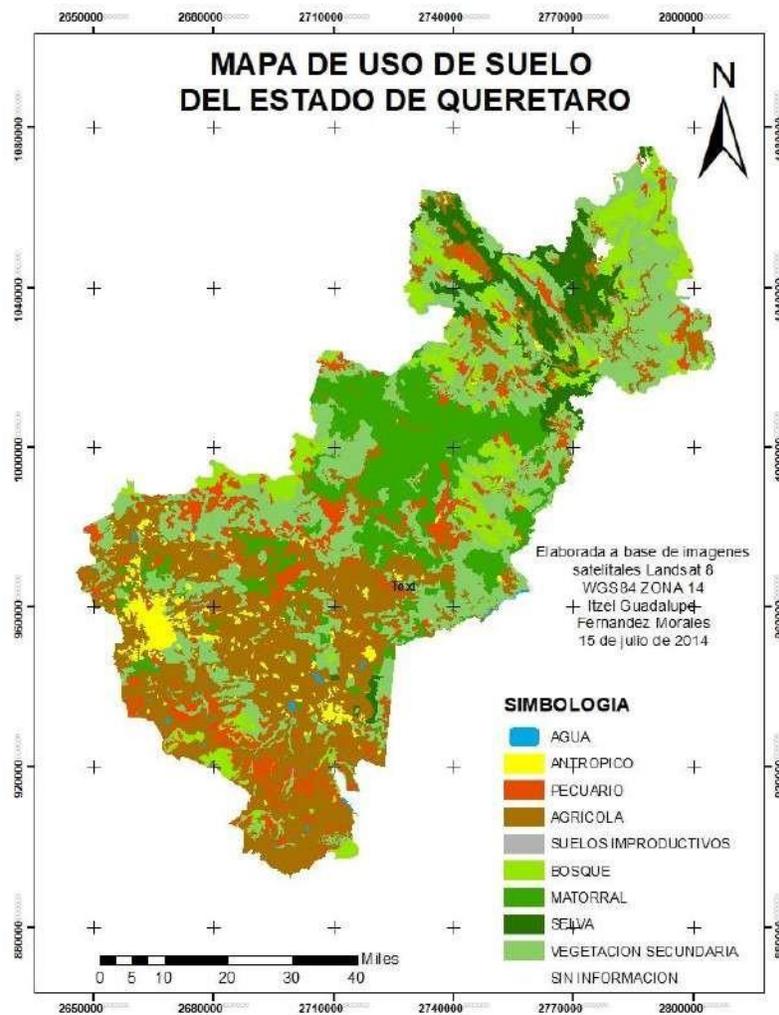


Ilustración 4: Mapa temático de los usos de suelo en el estado de Querétaro

## **Discusión y Conclusiones**

Los datos satelitales ofrecen considerables ventajas para el conocimiento de la variación espacial y seguimiento temporal de múltiples fenómenos, esto es posible gracias al desarrollo del tratamiento digital de imágenes, herramienta fundamental de la Teledetección.

El estado de Querétaro tiene una extensión territorial alta respecto a cobertura vegetal, en donde se tiene, bosque, selva, matorral, vegetación secundaria, lo cual respecta en gran parte extensión a la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda declaradas Patrimonio de la humanidad por la UNESCO en el 2003.

Así también, prevalece el uso agrícola, en menor uso se considera el pecuario, el mismo hace referencia a los pastizales, de igual manera se observan las zonas pobladas por los humanos, los suelos improductivas se consideran como zonas en proceso de erosión.

Es importante comparar los cambios que han ocurrido en el uso de suelo, por el avance de la zona de la zona urbana, en los diferentes estados del país, para percatarse del daño antrópico.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, gracias, a dios por permitir vivir, y así mismo agradezco la oportunidad realizar el verano de investigación.

A mi familia, por brindarme la confianza y apoyo en esta etapa.

Gracias, de corazón, al Dr. Christian Eduardo Hernández Mendoza por los conocimientos compartidos, dedicación, paciencia, motivación y buen criterio, cuya colaboración es la base de este proyecto.

Agradezco a mis compañeras de verano, Dania y Alexia por el apoyo mutuo. De manera especial, gracias a mi compañera Yameli por su motivación, apoyo y simpatía.

Gracias al programa delfín y la UAGro por darme la oportunidad de realizar el verano de investigación, también por seguir fomentando actividades de investigación.

## Referencias

Arozarena, A. (2001). Teledetección y Sistemas de tratamiento Digital de Imágenes. s.n.t.

Castaño, S., Ruíz, J., & Vela, A. (2008). La teledetección y sus Bases. Sección de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Ecuador: Instituto de Desarrollo Regional.

Chuvieco, E. (2010). Teledetección Ambiental. Alcalá de Henares, España: Planeta.

CONABIO. (14 de julio de 2018). Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Gonzaga, C. (2014). Aplicación de Índices de vegetación derivados de Imágenes Satelitales

Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia de Loja.

Pérez, C., & Muñoz, A. (2006). Teledetección Nociones y Aplicaciones. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.

Pineda, B. (2010). Análisis Multitemporal de Cobertura Vegetal y Uso del suelo en el Cantón

Rumiñahui 1999-2007, Mediante Técnicas de Teledetección. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Posgrado. Quito: Universidad Central del Ecuador.

USGS. (3 de julio de 2018). *Imágenes Landsat 8*. Obtenido de <https://earthexplorer.usgs.gov/>  
Olaya, A. (2007). Fundamentos de Procesamiento digital de Imágenes. Bogotá, Colombia: I.G.A.C.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018*

*Memorias*

## **Caracterización de componentes de tabicón pesado producidos mediante una planta semiautomática**

**Jose Manuel Rodriguez Cisneros (Becario).**

**[josep\\_1315@hotmail.com](mailto:josep_1315@hotmail.com)**

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero.  
Área VII: Ingenierías.

**M.C. Alfredo Cuevas Sandoval (Asesor).**

**[acuevass@uagrovirtual.mx](mailto:acuevass@uagrovirtual.mx)**

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero.  
Profesor Investigador de la UAGRO.

### **RESUMEN:**

La cenicilla azul es un componente importante para la elaboración de las piezas de tabicón. ya que a su forma de la cenicilla es angular y con un alto contenido de partículas finas lo hace un elemento adecuado para la elaboración de piezas de tabicón pesado.

Para conocer los elementos que componen dichas piezas se realizaron las pruebas que nos marca la Norma Mexicana para los agregados y conocer sus propiedades físicas y mecánicas para así después proponer un diseño de mezcla por el método de volúmenes absolutos con base a los resultados obtenidos con una resistencia de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Para posteriormente realizar el análisis de las piezas elaboradas por medio de una maquina semiautomática de vibro – compactación y ver si estas están dentro de lo establecido en la Norma Mexicana para piezas de Mampostería.

**Palabras clave:** Materiales, Concreto, Tabicón, Mampostería.

## **INTRODUCCION:**

Se le llama mampostería al elemento constructivo hecho de piezas de piedras (artificiales o naturales) y un cementante (generalmente mortero de cemento-arena), el cual a pesar de ser ampliamente usado para hacer muros que deben soportar cargas tanto verticales como laterales, su diseño aun no es muy exacto, ya que deben considerarse factores de seguridad muy altos. Algunas de las razones por las que no se han desarrollado métodos de diseño más avanzados o exactos es, que el proceso de producción de estas piezas no tiene un control de calidad y los fabricantes carecen de los conocimientos técnicos para su fabricación; además de que su construcción es realizada in-situ y es muy poco o nulamente controlada, pero la principal razón es que hay muy pocas investigaciones de las reacciones que esta pueda tener ante diferentes requerimientos. (Ramos, 2013)

Hoy en día se han desarrollado métodos constructivos y técnicas más profundizadas para un mejoramiento y cumplimiento con la normatividad de seguridad estructural, para que los fabricantes de las piezas tengan el conocimiento para que su producto sea de calidad e implementarlo en tres clasificaciones como lo marca el reglamento de mamposterías estructurales, no estructural y divisorio. (Flores Corona, 2015).

En el Estado de Guerrero, el 80% de las personas que construyen una vivienda utilizan el tabicón y block de concreto (pesado o ligero) y la mayoría de los enraques de estas son construidos con block debido a las dimensiones de este, la facilidad de trabajo y la disminución de volumen en mortero para juntarlo que hacen que a su vez sea más rentable económicamente. (Ramos, 2013)

El trabajo se enfoca al estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes agregados pétreos que fueron extraídos del banco de materiales “Roca Eterna”, sobre la carretera nacional Chilpancingo – Chichihualco, realizando diversas pruebas de acuerdo a Las Normas mexicanas y calcular un diseño de mezcla para finalmente fabricar piezas de tabicón pesado, fabricados con una máquina de vibro – compactación modelo JM – 200, que la comprenden una mezcladora de material de capacidad de 300 lt, una banda transportadora de 6 metros de largo con una producción en día laboral de 10,000 piezas, en la planta de prefabricados “La Bloquera”, ubicada en la ciudad de Chilpancingo.

La cenicilla azul es una piedra triturada resultado del proceso de obtención de la grava un componente importante en la elaboración de dichas piezas y que por su bajo costo y buena disposición en la región lo hacen un elemento crucial para la elaboración de piezas de tabicón pesado, que al dosificar con el cemento portland y mezclarlo con agua lo hacen un material resistente y duradero ideal para elaborar piezas de tabicón.

### **OBJETIVO GENERAL:**

Realizar pruebas de calidad a los componentes del tabicón pesado para calcular un diseño de mezcla que se aplique en la producción de piezas mediante una maquina semiautomática.

### **OBJETIVO ESPECÍFICOS:**

Ensayar los componentes regionales básicos para la elaboración de piezas de tabicón pesado para calcular un diseño de mezcla.

Fabricar piezas y ensayarlas a las edades de 1, 3, 7, 14,21 y 28 días de su elaboración.

### **MATERIALES Y METODOS.**

Con la finalidad de disminuir la variación al llevar acabo la caracterización de los componentes, los ensayos de laboratorio se llevaron acabo de acuerdo a los criterios establecidos en las normas mexicanas. Para ello se tomaron muestras de los materiales en diferentes puntos del banco (NMX-C-030-ONNCCE, 2004). En caso de pruebas de laboratorio se aplicó el método de cuarteo (NMX-C-170, 1997).

Para obtener sus características principales de cada pieza elaborada de tabicón asi como la dosificación de los elementos que lo componen como son el mortero, el agua y los agregados pétreos (cenicilla o polvo de trituración), los cuales fueron muestreados en el banco de material “Roca Eterna” analizados y ensayados en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería.

Las pruebas básicas que se ejecutaron a los materiales empleados en la elaboración de piezas de tabicón pesado, son:

1. Muestreo.
2. Contenido de humedad total de los agregados por secado.
3. Separación o clasificación de los materiales.
4. Peso Volumétrico Suelto y Compactado.
5. Granulometría.
6. Material que pasa la malla N°200.
7. Determinación de impurezas orgánicas.
8. Absorción de los agregados.
9. Densidad de los agregados pétreos.

Posteriormente se realizará la elaboración de las piezas de tabicón y los 5 ensayos por edad de las piezas para poder obtener resultados y verificar su calidad con las Normas Mexicanas y saber si estas piezas están dentro de las especificaciones.

Las pruebas de laboratorio que se aplicaron a los componentes, Cenicilla (material empleado como agregado fino), de las piezas de tabicón se ilustran en las Fig. 1, 2, 3, 4, 5 y 6.



**Fig. 1. Muestra por cuarteo.**



**Fig. 2. Determinación de contenido de humedad total.**



**Fig. 3. Separación de material en greña.**



**Fig. 4. Prueba de peso volumétrico.**



**Fig.5. Prueba de Granulometría.**



**Fig. 6. Determinación de impurezas orgánicas.**

Se describen solamente las características de los componentes de las piezas y el proceso de fabricación de los tabicones, así como los ensayos correspondientes además de las gráficas comparativas para comparar con lo especificado en las Normas Mexicanas.

### **Fabricación, muestreo y pruebas en piezas de tabicón pesado**

Con las cantidades obtenidas en el diseño de mezcla se fabricaron piezas de tabicón con una máquina de vibro - compactación y se muestrearon piezas de forma aleatoria del lote producido, para posteriormente realizar las pruebas que establecen las normas mexicanas vigentes y así poder hacer una comparación de los resultados obtenidos.



**Fig.7. Mezcladora con capacidad de 0.3 m<sup>3</sup>.**

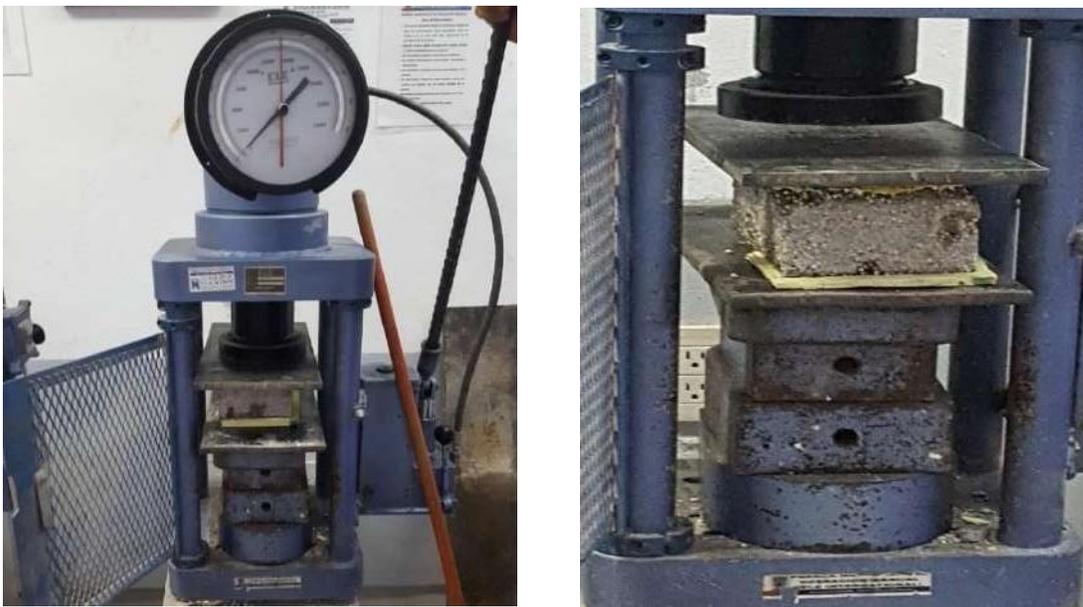


**Fig.8. Dosificación de cemento y agua.**

Posteriormente se inicia el vibrado y se compacta el material dentro del molde para obtener la pieza de tabicón pesado, después de todo el proceso pasa a ser transportada en tarimas de madera a un patio donde se da el proceso de fraguado y curado por método de riego aplicado durante la noche.



**Fig.10. Transporte de la tarima y descarga en el lugar de fraguado.**



**Fig.11. Ensayo de piezas en prensa universal, aplicando carga constante.**

## Resultados

Los resultados obtenidos después de las pruebas realizadas a los componentes de las piezas son los siguientes, Tabla 1:

Resultados de Pruebas	GRAVA 1	Resultados de Pruebas	ARENA 1
PVSS. (Kg/m <sup>3</sup> )	1278.49	PVSS. (Kg/m <sup>3</sup> )	1512.71
PVVS. (Kg/m <sup>3</sup> )	1444.12	PVVS. (Kg/m <sup>3</sup> )	1721.29
Densidad (Gr/cm <sup>3</sup> )	2.8	Densidad (Gr/cm <sup>3</sup> )	2.79
% ABSORCIÓN	0.58	% ABSORCIÓN	2.94
T.M.N.A. (mm)	9.5	M.F.	3.65
% HUMEDAD	11.15	% HUMEDAD	11.15
% DE SOBRETAMAÑO	0	% DE SOBRETAMAÑO	30.83
% DE INFRATAMAÑO	69.17	IMPUREZA ORGANICA	NEGATIVO
BANCO	Roca eterna	BANCO	Roca eterna

TABLA.1. Datos de pruebas a agregados pétreos.

## DISEÑO DE MEZCLAS POR EL METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS.

El diseño de mezclas, consistió en determinar las cantidades de cemento, arena y agua que intervienen en la elaboración de **1 m<sup>3</sup>** de mortero de máxima compacidad y con resistencia a la compresión de **100 kg/cm<sup>2</sup>** a la edad de 28 días. Se dispuso de una arena con un peso volumétrico de 1512.71 kg/m<sup>3</sup> y una densidad de 2.79 g/cm<sup>3</sup>. El cemento CPO 30 R marca Fortaleza con un peso volumétrico de 1420 kg/m<sup>3</sup>.

F`c = (kg/cm2)	100
Revenimiento (cm):	0.0 cm
T.M.A.N.:	3/8 pulgadas
Condiciones Ambientales:	Normales
Elemento Estructural:	Tabicón
Volumen de Concreto:	0.1 M3

TABLA.2. DATOS DE PROYECTO PARA DISEÑO DE MEZCLA.

Con los resultados obtenidos de las pruebas y el diseño de mezcla, se calculó el diseño y se obtuvieron los resultados Tabla 3.

<i>Materiales</i>	<i>Kg</i>	<i>densidad</i>	<i>litros</i>
Cemento	204.88	3.00	68.29
Agua	168.00	1.00	168.00
Grava	765.38	2.80	273.35
Aire	-	-	20.00
			461.35
Arena	1502.83	2.79	538.65
Totales	2641.09		1000.00

TABLA.3. CANTIDAD DE MATERIALES.

Para un mejor análisis se calcularon estadísticos descriptivos para poder observar el comportamiento de los datos donde el promedio de la altura es de 9.14 así mismo el ancho promedio de 12.99 y el largo de 26.24 cumplen conforme a lo establecido en la Norma Mexicana (ONNCCE, NMX-C-404-ONNCCE-2005, 2005), la cual indica en sus especificaciones mínimas para la altura 6, ancho 10 y largo 24. Las tolerancias para el dimensionamiento son para el ancho 3 mm, en altura 2mm y 2 mm en el largo, por lo que si cumple con las especificaciones dadas al respecto.

Para el caso del peso se obtuvo un peso de 228 kilogramos por metro cuadrado de piezas por lo que se considera un tipo de pieza maciza y con un peso moderado ya que las piezas se encuentran dentro de un rango de 6 a 7 kilogramos.

Con base a la Norma Mexicana (ONNCCE, NMX-C-037-2013), para el promedio de absorción total obtenido fue de 5.36 %, por lo que cumple con las especificaciones, ya que el valor especificado de absorción en piezas de tabicón debe ser máximo 12 % de absorción total.

El valor promedio de resistencia a la compresión en piezas de tabicón obtenido es de 75.69 kilogramos/cm<sup>2</sup>, y que con base a lo establecido en la Norma Mexicana (ONNCCE, NMX-C-036-ONNCCE-2013, 2013), el valor promedio establecido es de 11 MPA (110 kg/cm<sup>2</sup>) y especificación mínima de 7 MPA (70 kg/cm<sup>2</sup>) por lo que dichas piezas cumplen con la especificación de la Norma y quedan bajo una clasificación de piezas de tipo “C”, por lo que son aptos para la albañilería bajo cargas moderadas de compresión axial, por lo que si se quiere obtener una calidad de pieza de tipo “A” se tendrá que realizar un ajuste en el diseño de mezclas para producir piezas y alcanzar la calidad deseada.

#### Resúmenes de casos

	ALTO	ANCHO	LARGO	PESO	A_TOTAL	COMPRESION
N	30	30	30	30	30	30
Media	9.1370	12.9903	26.2427	6.2900	5.3550	75.6907
Mediana	9.1400	12.9850	26.2350	6.3000	5.3400	76.1050
Mínimo	8.57	12.70	26.05	5.98	5.11	29.47
Máximo	9.43	13.28	26.61	6.58	5.65	105.09
Rango	.86	.58	.56	.60	.54	75.62
Desv. típ.	.13611	.16145	.11905	.13107	.11646	20.30655
Varianza	.019	.026	.014	.017	.014	412.356

**TABLA 4. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE DIMENSIONAMIENTOS DE PIEZAS.**

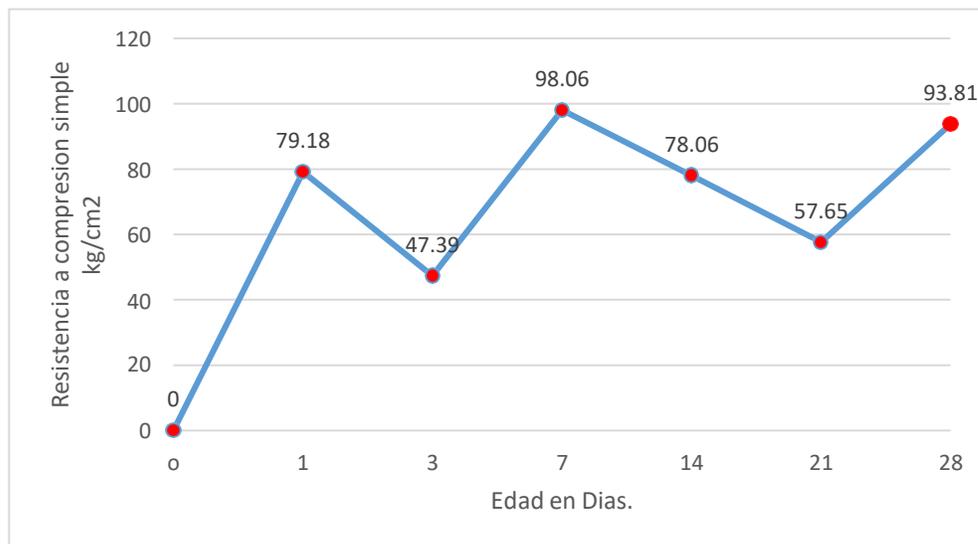
En la tabla 5 y gráfica 1 se observa la evolución de la resistencia a través del paso de los días de las piezas fabricadas, identificando una variación en resultados, que se puede atribuir al muestreo de piezas que se realizó, al lote producido o una variación en la dosificación de los materiales para producir las piezas. El promedio máximo de resistencia se obtuvo a edad de 7 días con un resultado de 98.06 kg/cm<sup>2</sup>. El promedio mínimo de resistencia se obtuvo a la edad de 3 días con 47.39 kg/cm<sup>2</sup>. La edad de garantía del concreto es a los 28 días en el cual se obtuvo una resistencia de 93.81 kg/cm<sup>2</sup>.

Resúmenes de casos

COMPRESION

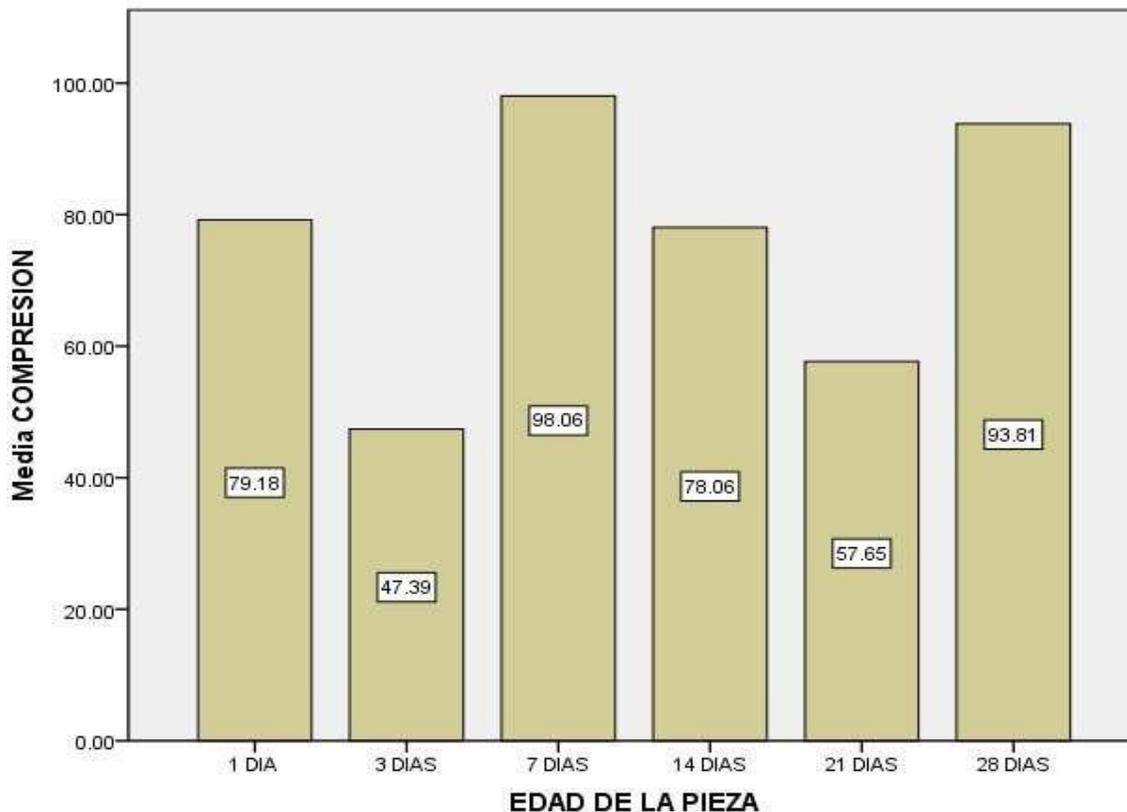
EDAD DE LA PIEZA	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. típ.	Varianza
1 DIA	5	79.1840	76.0200	72.82	96.34	23.52	9.68604	93.819
3 DIAS	5	47.3860	53.3900	29.47	56.10	26.63	10.95585	120.031
7 DIAS	5	98.0580	100.9700	88.34	105.09	16.75	6.56801	43.139
14 DIAS	5	78.0560	78.1600	60.22	88.89	28.67	11.53411	133.036
21 DIAS	5	57.6540	60.7100	48.55	60.90	12.35	5.30326	28.125
28 DIAS	5	93.8060	95.6100	79.51	104.07	24.56	10.27183	105.510
Total	30	75.6907	76.1050	29.47	105.09	75.62	20.30655	412.356

TABLA . 5. TABLA DE ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS DE RESISTENCIA.



Grafica 1. Evolución de promedios de resistencia a edad de 1, 3, 7, 14, 21 y 28.  
 Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 2 podemos observar el comportamiento de la resistencia de acuerdo a la edad de ensaye, la mínima a la edad de tres días y la máxima a los sietes días, a pesar de que las condiciones de curado y ensaye fueron controladas. Esto también permite vislumbrar cuales en donde debo poner mayor atención en el ensaye de piezas producidas.



**TABLA. 2. GRAFICA DE PROMEDIOS DE RESISTENCIA A EDADES RESPECTIVAS.  
FUENTE: ELABORACION PROPIA.**

### Discusión y conclusiones

Los materiales analizados son componentes de muy buena calidad para la elaboración de piezas de tabicón, ya que se encuentran dentro de lo establecido en las especificaciones en la Norma Mexicana C-111.

En las edades de ensayo se detectó que los mayores valores de resistencia se obtiene a los 7 y 28 días teniendo fluctuaciones en las demás edades, motivo por el cual se debe ajustar el diseño de mezclas y las dosificaciones al momento de fabricar piezas de tabicón, para que de esta manera se alcance la resistencia a la edad de 28 días con un valor promedio de 11 MPA (110 kg/cm<sup>2</sup>). Debido a que con lo calculado en el presente trabajo se obtienen promedios de resistencia de 7.5 Mpa (75.69 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que se clasifican dichas piezas como tipo “C”, por lo que al efectuar la anterior recomendación se obtendrían piezas con una calidad de tipo “A”.

Cabe mencionar que la investigación está en proceso y se continúa ajustando el diseño de mezclas para poder obtener finalmente las proporciones de materiales para las piezas de tabicón pesado, donde se utilizaran diferentes materiales de la región y así emplear estas dosificaciones bajo los estándares que indica la Norma Mexicana.

## **Agradecimientos**

Al CA-107-UAGro, Calidad de los Materiales de construcción por darme la oportunidad de formar parte de este proyecto de investigación conjuntamente con su equipo de investigadores, por las atenciones, colaboración, sugerencias y orientación brindada, con lo cual fue posible lograr los objetivos de esta estancia de investigación.

Al M. en Construcción. Manuel Ramos Segura, por las atenciones y facilidades brindadas para la fabricación de piezas en la planta de producción que atinadamente administra, en donde fue posible aplicar los cálculos de gabinete de esta investigación.

## **Referencias.**

- ACI-311-1999. (2009). *Manual para supervisar obras de concreto*. México, D.F.: Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto.
- ALFREDO, C. S. (2006). *EL LABORATORIO, NORMAS, REGLAMENTOS Y CALIDAD*. CHILPANCINGO, GRO: UAGRO.
- ALFREDO, C. S. (2008). *AGREGADOS PETREOS*. CHILPANCINGO, GRO: UAGRO.
- ALFREDO, C. S. (2008). *TABIQUES (LABRILLOS Y BLOQUES)*. CHILPANCINGO, GRO: UAGRO.
- Flores Corona, L. (2015). *NORMA MEXICANA- PIEZAS PARA USO ESTRUCTURAL*. Ciudad de Mexico: ONNCCE.
- Hornbostel, C. (1999). *Materiales para construcción: tipos, usos y aplicaciones*. México: Limuna.
- NMX-C-021. (2010.). Norma mexicana de la Industria de la construcción. *Cemento para albañilería (mortero) – Especificaciones y métodos de ensayo*. México, D.F.: ONNCCE.
- NMX-C-030-ONNCCE. (2004). *C-030*. CUIDAD DE MEXICO: ONNCCE.
- NMX-C-159. (2004). Norma Mexicana de la Industria de la Construcción. *Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio*. Mexico, D.F.: ONNCCE.
- NMX-C-170. (1997). Norma Mexicana de la Industria de la Cosntrucción. *Reduccion de las Muestras de Agregados Obtenidas en el Campo al Tamaño Requerido para las Pruebas*. Mexico, D.F: ONNCCE.
- ONNCCE. (2004). *Industria de la Construcción - Agregados - Muestreo*. Ciudad de Mexico: ONNCCE.
- ONNCCE. (2005). *NMX-C-404-ONNCCE-2005*. Ciudad de Mexico: ONNCCE.

ONNCCE. (2013). *NMX-C-036-ONNCCE-2013*. Ciudad de Mexico: ONNCCE.

ONNCCE. (s.f.). *NMX-C-037-2013*. ONNCCE.

Ramos, M. (2013). *VERIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS PIEZAS DE TABICÓN Y BLOCK ELABORADAS POR UNA FÁBRICA BLOCKERA EN LA LOCALIDAD DE CHILPANCINGO, MUNICIPIO DE CHILPANCINGO DE LOS BRAVO, GUERRERO*. Chilpancingo, Gro: UAGRO.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018*

**Memorias**

## **CLASIFICADOR MEJORADO DE TEXTOS PARA EL CONTEXTO DE MEDIO AMBIENTE USANDO NAIVE BAYES MULTINOMIAL EN MÉXICO**

Lorena García García  
Facultad de Ingeniería de la UAGro  
Programa Delfín  
[rockero.blue@gmail.com](mailto:rockero.blue@gmail.com)  
Área VII: Ingeniería e Industria

Dr. Miguel Félix Mata Rivera (Asesor)  
Profesor-Investigador del IPN  
[migfel@gmail.com](mailto:migfel@gmail.com)

MC. Roberto Zagal Flores  
Profesor-Investigador del IPN  
[zagalmmx@gmail.com](mailto:zagalmmx@gmail.com)

### **Resumen:**

Existen diversos datos de opiniones, denuncias y hechos sobre medio ambiente en la red social Twitter, sin embargo, estos datos son difíciles de extraer y categorizar de manera masiva. Se habla de una creciente cantidad de información que engloba el término Big data. De forma manual no es posible analizar todos los datos sociales, esto nos podría dar una radiografía social sobre el contexto de dicho tema. Teniendo los datos extraídos se explora y realiza el filtro de los mismos para obtener exclusivamente información de México, posteriormente clasificar una porción de los textos para realizar limpieza, y con esto hacer un concentrado de los datos limpios.

El principal propósito del desarrollo de este proyecto está basado en la mejora del desempeño de un clasificador de texto usando algoritmos Machine Learning y datos extraídos de Twitter. El algoritmo que se utiliza es Naive Bayes Multinomial, es de una familia que se basa en la aplicación del teorema de Bayes con una fuerte suposición (ingenua), donde cada característica es independiente de las otras, esto con el fin de predecir la categoría de una muestra dada. Son clasificadores probabilísticos, por lo tanto, calcularán la probabilidad de cada categoría usando el teorema de Bayes, y se generará la categoría con la probabilidad más alta. Aplicar todos los datos extraídos de Twitter de la percepción social que tiene la

gente que se ha expresado en la red social y así probar el algoritmo que tan eficiente es y entregar resultados de cómo funciona la clasificación automática.

**Palabras clave:**

Clasificador de datos de redes sociales; Ciencias de Datos; Naive Bayes Multinomial; Percepción social;

**Introducción:**

Existe un gran interés científico como periodístico por la explotación de las grandes cantidades de datos textuales (Big Data) disponibles en internet en los denominados medios sociales (Facebook, Twitter, blogs, etc.) y de otras fuentes textuales de información. Para poder procesar se utiliza el Aprendizaje Automático (Machine Learning).

Big data se refiere fundamentalmente a volúmenes masivos y complejos de información tanto estructurada como no estructurada (en este caso usaremos no estructurada), que es recogida durante cierto período de tiempo y que requiere de métodos computacionales para su procesamiento.

El aprendizaje automático es una rama de la inteligencia artificial. Usando la informática, se diseñan sistemas que pueden aprender de los datos, siendo una manera de ser entrenados. Los sistemas podrían aprender y mejorar con la experiencia, y con el tiempo refinar un modelo que se puede usar para predecir resultados de preguntas basadas en el aprendizaje previo. (Bell, 215)

Lo que se pretende con la clasificación automática es poner en acción un sistema artificial sobre un conjunto de elementos para ordenarlos en clases o categorías. Si bien los elementos a clasificar pueden ser de cualquier tipo. Es la clasificación automática de textos una de las áreas de investigación que ha cobrado mayor importancia en los últimos años debido, en parte, a los grandes volúmenes de textos digitales que se almacenan en bases de datos empresariales, páginas web y redes sociales.

Hay varios algoritmos diferentes que pueden emplearse en el aprendizaje automático. Característicamente caen en uno de dos tipos de aprendizaje: supervisado o aprendizaje no supervisado. La clasificación automática de textos es por lo general un proceso supervisado (Baeza-Yates & Ribeiro-Neto, 1996). Esto significa que requiere de un conjunto de documentos previamente clasificados por expertos humanos que funcionan como entrenamiento para el sistema. (Bell, 215) Los clasificadores de la familia de Naive Bayes son muy usados en la tarea de Clasificación de Textos debido a que producen resultados comparables con los obtenidos por otros métodos más sofisticados y son relativamente sencillos.

En México se tiene una gran contaminación y una manera de conocer las diferentes opiniones sobre el tema, está basado en extraer la creciente información de textos que aplican una

clasificación para identificar la percepción social que tienen la gente sobre la contaminación del medio ambiente, todo este proceso es de forma aleatoria y aplicando el clasificador textos con Bayes. En un futuro con estos tipos de experimentos no tan lejano estarán remplazando las encuestas.

El reporte se estructura de esta manera. En la siguiente sección se introduce a la metodología y materiales que se utilizaron para poder realizar este trabajo entre ellos se encuentra un algoritmo propuesto para clasificar textos, posteriormente se explica el teorema de Bayes, así como los resultados de su desempeño en la clasificación de textos digitales. Finalmente, se presentan las conclusiones más relevantes del trabajo desarrollado, y los agradecimientos a las personas que aportaron parte de esta investigación, así como las referencias que se aplican en este documento.

## **Materiales y Métodos**

Los materiales proporcionados para poder llevar a cabo la investigación son los siguientes:

Extractor Social: Software implementado por Instituto Politécnico Nacional UPIITA para la extracción de post de las redes sociales como son Facebook, Twitter, YouTube. (UPIITA, 2018).

Tableau: Es un software de empresa que produce interactivos de visualización de datos de productos centrado en la inteligencia de negocio (Wikipedia, 2018).

Spyder: Es un poderoso entorno de desarrollo interactivo para el lenguaje Python con funciones avanzadas de edición, pruebas interactivas, depuración e introspección. (anaconda.org, 2018).

Jupyter Notebook: Es una aplicación web de código abierto que le permite crear y compartir documentos que contengan códigos, ecuaciones, visualizaciones y textos narrativos en vivo. (Jupyter.org, 2018).

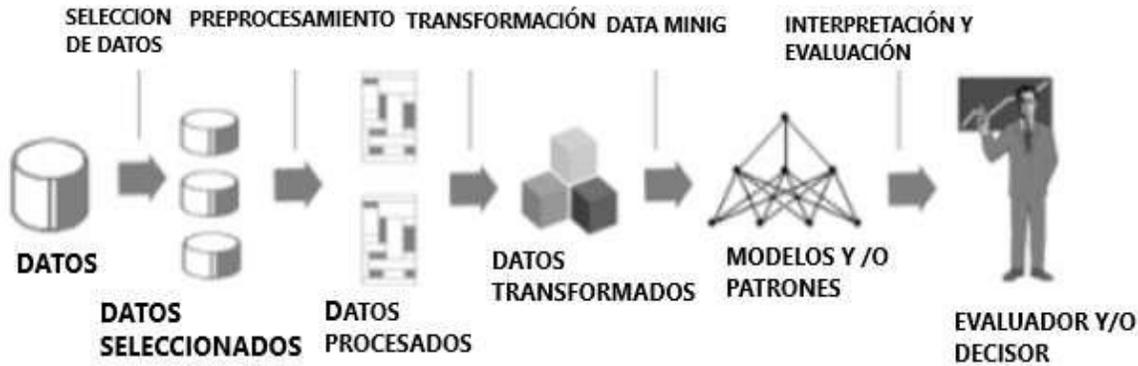
Pentaho: es un software de inteligencia empresarial (BI) que proporciona integración de datos, servicios OLAP, generación de informes, tableros de información, extracción de datos y capacidades de extracción, transformación y carga (ETL). (pentaho.com, 2018)

MySQL: Es la base de datos de código abierto, lo que permite la entrega rentable de aplicaciones de base de datos integradas y confiables, de alto rendimiento y escalables.

Microsoft Excel: es una hoja de cálculo desarrollada por Microsoft. Cuenta con herramientas de cálculo, gráficos, tablas dinámicas y un lenguaje de programación. (Wikipedia.Org, 2018).

***La metodología que se maneja para esta investigación es KDD: Proceso de Extracción de conocimiento.*** La Extracción de conocimiento está principalmente relacionado con el proceso de descubrimiento conocido como Knowledge Discovery in Databases (KDD), que

se refiere al proceso no-trivial de descubrir conocimiento e información potencialmente útil dentro de los datos contenidos en algún repositorio de información. No es un proceso automático, es un proceso iterativo que exhaustivamente explora volúmenes muy grandes de datos para determinar relaciones. Es un proceso que extrae información de calidad que puede



usarse para dibujar conclusiones basadas en relaciones o modelos dentro de los datos ver figura 1. (webmining.cl, 2018)

Figura 1. Interpretación grafica de las etapas de la metodología KDD. (webmining.cl, 2018)

Teniendo las herramientas y la metodología con la que se trabajara se procede a desarrollar las etapas:

### **Selección de datos.**

#### *Concentración de Archivos extraídos de Twitter*

El asesor dio propuesta de archivos .csv para trabajar en ellos, fueron 6 archivos que contenían un total de 22,000 registros extraídos previamente de Twitter desde diferentes ubicaciones alrededor del mundo. Para poder realizar la unión de los archivos se utilizó el software Pentaho y así obtener un solo archivo .csv que concentrará todos los registros e importarlo a una base de datos, el manejador que se utilizó fue Workbench MySQL. Teniendo importado los registros en la base de datos se agiliza el proceso realizando consultas y así identificar lugares, fechas, etc.

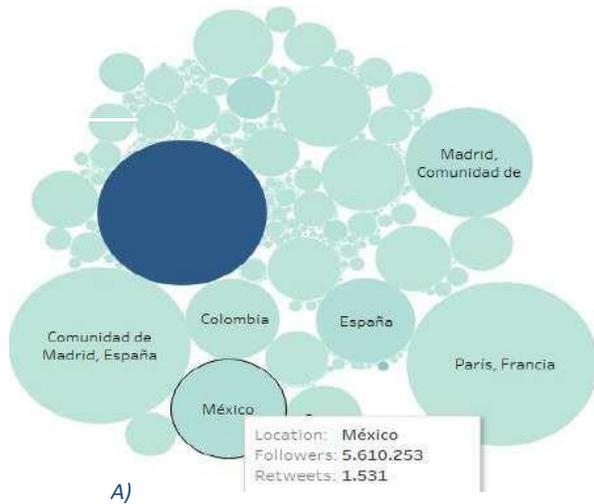
### **Preprocesamiento.**

#### *Exploración de Datos con Tableau*

Tableau se conecta desde la base de datos directamente accediendo a los registros que se requiere explorar de forma gráfica y visualiza los lugares en que están presentes los tweets ver figura 2 y el objetivo principal es tener un conjunto de registros exclusivamente de México, pero los registros que se tienen son de diferentes ubicaciones, pues recordemos que la selección de estos datos fue de forma aleatoria, entre otras observaciones, y para resolver

ese problema se tienen que realizar un filtrado y dejar solo los que interesa. Para realizar esta actividad se utiliza Tableau prep.

### AireedomexCdMx



### Pirotecniacdmxedomex

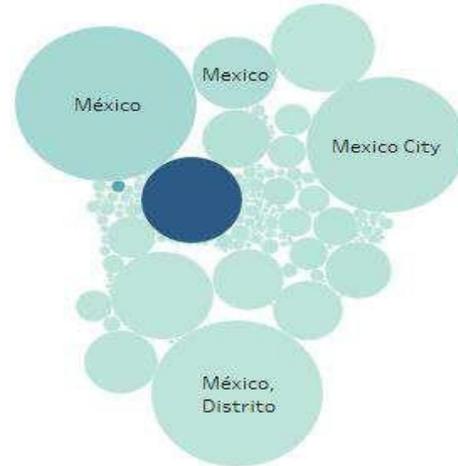


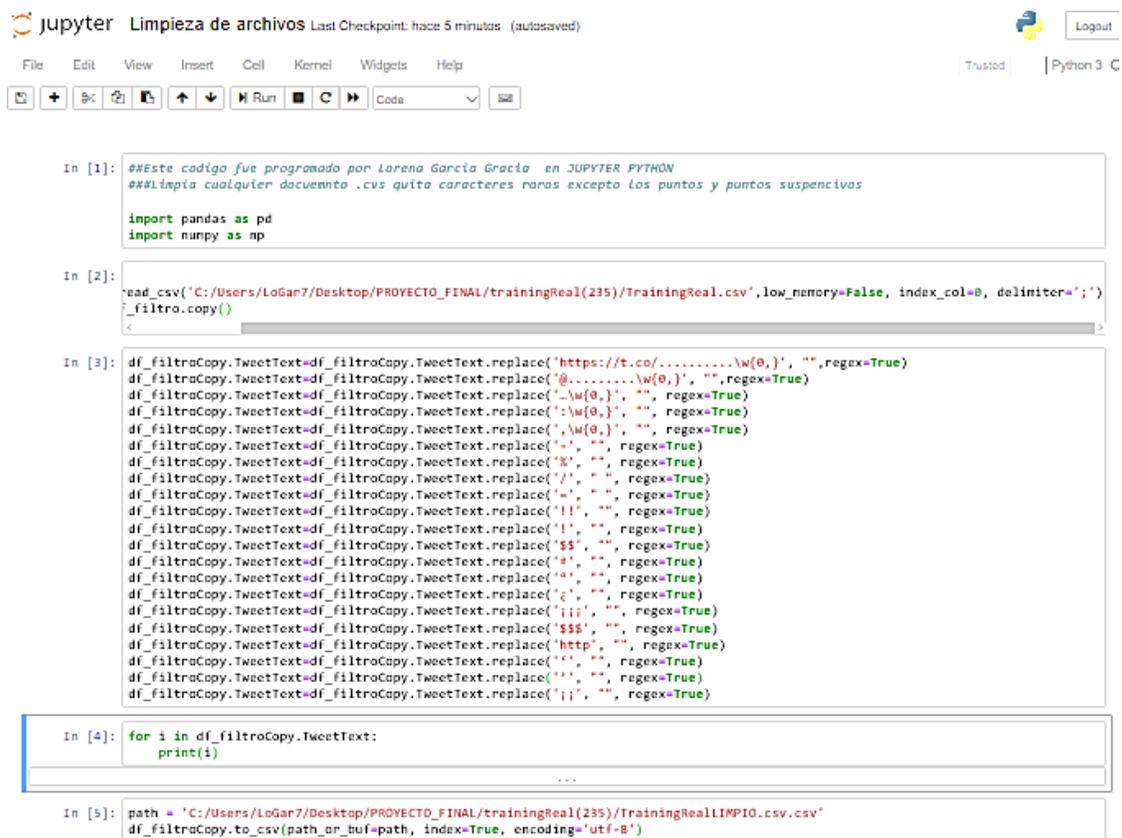
Figura 2 Se muestra a) las diversas ubicaciones que tienen los tweets explorados los más representativos son París, Francia; Madrid España, México, Colombia entre otros. b) Se filtran exclusivamente ubicaciones de México.

En la exploración se detectaron otros datos relevantes como son: el periodo de tiempo de inicio con mayores incrementos de tweets del medio ambiente. A partir del año 2008 hasta el año actual, se registraron millones de Retweets, Followers.

Después de realizar el filtro con Tableau Prep se obtiene el resultado de 13,535 registros exclusivamente de México pero se encontró otro inconveniente, con la exploración de los mismos se detecta que hay muchos Retweets que no sería de gran ayuda tenerlos ahí para eso se tienen que eliminar los tweets repetidos con Microsoft Excel se realizan filtros de los registros y con facilidad se obtienen 5081 registros únicos son con los que realmente serán candidatos para trabajar con el clasificador de textos Naive Bayes Multinomial y realizar limpieza .

## Limpieza de textos con *Jupyter Python*

Para la limpieza de los textos extraído de Twitter se aplica el siguiente código en Jupyter Notebook para realizarlo de una manera práctica, rápido y eficaz ver figura 3. En el código se importan las librerías que se ocupan, recibe un archivo.csv y con esto se pretende eliminar todos los caracteres diferentes a las letras como son “ , , \$ , & , % , / , ( , ) , ! , | , = , ' , j , ? , ¿ , - , ; , : , \_ , < , > entre otros y como resultado después de eliminar los caracteres anteriores genera un archivo. Csv totalmente limpio para ser procesado.



```

jupyter Limpieza de archivos Last Checkpoint: hace 5 minutos (autosaved)
File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted | Python 3 C

In [1]: ##Este código fue programado por Lorena García Gracia en JUPYTER PYTHON
      ##Limpia cualquier documento .csv quita caracteres raros excepto los puntos y puntos suspensivos

import pandas as pd
import numpy as np

In [2]: read_csv('C:/Users/LoGar7/Desktop/PROYECTO_FINAL/trainingReal(235)/TrainingReal.csv', low_memory=False, index_col=0, delimiter=',')
      df_filtroCopy()

In [3]: df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('https://t.co/.....\w{0,}', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('@.....\w{0,}', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('_\w{0,}', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace(':\w{0,}', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('\w{0,}', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('-', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('$', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('%', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('/', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('=', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('!', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('!', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('!', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('$$', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('#', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('@', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('¿', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('¿', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('¿', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('http', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('!', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('!', '', regex=True)
      df_filtroCopy.TweetText=df_filtroCopy.TweetText.replace('!', '', regex=True)

In [4]: for i in df_filtroCopy.TweetText:
      print(i)

In [5]: path = 'C:/Users/LoGar7/Desktop/PROYECTO_FINAL/trainingReal(235)/TrainingRealLIMPIO.csv.csv'
      df_filtroCopy.to_csv(path_or_buf=path, index=True, encoding='utf-8')
  
```

Figura 3. Código realizado en Jupyter Python para la limpieza de textos

quitando caracteres diferentes de las letras.

## Transformación

*Crear datos de entrenamiento:* esta fase se caracteriza en dividir los datos en dos conjuntos: uno con 80 por ciento de los datos de origen para el entrenamiento del modelo y otro con 20 por ciento de los datos fuente, para probar el modelo. Se eligió este valor predeterminado porque con frecuencia se usa una proporción de 80-20 en la extracción de datos. En este caso el asesor proporcionó el dataset testing, y el dataset Training que se tenía previamente en otras exploraciones, a esto se agregó el 4% de los registros propios. Son los que se procedió

a la limpieza obteniendo un total de 235 registros limpios. La distribución de los archivos se muestra en la figura 4.

Archivos	Cantidad de registros
Dataset Testing	366344
Dataset Training	592(Previamente)+ 4% DB MA = 827
Clases	827(18 clases distintos)
Dataset Real	2530 (45% de la base de Medio Ambiente)

Figura 4. Tabla de Distribución específica de los dataset

*Crear una etiqueta de entrenamiento:* En el dataset Real se procedió a etiquetar de manera manual los 2530 registros existentes con las 11 clases que se tenían con las investigaciones anteriores dado este caso se detectan 6 clases nuevas que se incorporan para el análisis con el clasificador.

Las clases con la que se estaban trabajando son Agua, Aire, Efecto, Contingencia, Controlar, Daño, Fuente, Industria, Prevención, Polución y Tierra, las clases que se agregaron son: Transporte, Tráfico, Atmosférica, Ambiental, Pirotecnia, Basura.

### **Data Mining.**

Clasificador de Textos *Naive Bayes*.

La tarea de clasificación de textos consiste en asignar a cada documento de una colección una etiqueta que designa a la clase a la que este documento pertenece. La decisión sobre qué etiqueta debe asignarse a un documento determinado se toma a partir de un modelo construido con una parte de la colección denominada conjunto de entrenamiento. El objetivo de la tarea es construir un modelo que prediga correctamente la clase de un conjunto de documentos, llamado de prueba, que no intervinieron en la construcción del modelo (Alvarez Romero, 2009). Cuando se desea mejorar la clasificación para un dominio dado suelen usarse dos enfoques (Karl-Michael, 2004):

- Modificar el modelo del clasificador: ya sea cambiándolo por otro o alterando sus parámetros para adaptarlo a los datos que debe clasificar. Existe una gran cantidad de clasificadores usados en esta tarea como Árboles de Decisión, Maquinas de Vectores de Soporte, k-NN o modelos probabilistas entre los que se encuentran las Redes Bayesianas y Naive Bayes.
- Modificar la representación de los datos: diferentes clasificadores producen mejores o peores modelos según la representación de los datos que se desea procesar, la elección de una representación adecuada dado un clasificador es un problema por sí mismo. Hay varias maneras de representar un documento antes de procesarlo en un clasificador pero entre las más usuales destaca el modelo vectorial en que cada documento es representado como un vector de dimensión igual al tamaño del vocabulario de la colección y en que el valor de cada

atributo corresponde al conteo de apariciones del término correspondiente en el documento aunque también suele usarse una representación binaria (1 si el término aparece en el documento sin importar el número de apariciones, 0 si no es así) u otros esquemas de pesado.

Este trabajo se emplea un modelo probabilista, particularmente Naive Bayes Multinomial para clasificar documentos de una colección de tweets de México para el entrenamiento del modelo. Posteriormente los resultados se plasmarán en tablas de comparación de la efectividad.

Código de Naive Bayes Multinomial realizado en Python en el entorno de Spyder ver figura 5. La funcionalidad general es recibir archivos en .txt como son :Data Training, classes, bagOfWords2, dataTesting para entrenar el algoritmo en donde primero se tienen que vectorizar los archivos, convertirlo en una colección de matriz de características TF-IDF, terminando el entrenamiento muestra que tan eficiente fue y posteriormente agregar el dataset Real para empezar a trabajar con lo ya entrenado y genera un archivo .csv con los textos y las clases pertinentes y así ver los resultados que arrojó el algoritmo con los resultados manualmente realizado de qué tanto coincide .

```

1 from sklearn.model_selection import GridSearchCV
2 from sklearn.model_selection import cross_val_score
3 from sklearn.svm import SVC
4 from sklearn.feature_extraction.text import TfidfVectorizer
5 from sklearn.naive_bayes import MultinomialNB
6 from sklearn.externals import joblib
7 from time import time
8 import numpy as np
9 import csv
10 ##### Recuperación de clases, conjunto de entrenamiento, bolsa de palabras
11 print("Cargando archivos...")
12 tiempo0 = time()
13 x_setEntrenamientoTweets = [line.rstrip('\n') for line in open('dataTraining.txt', encoding='utf8')]
14 y_clases = [line.rstrip('\n') for line in open('classes.txt', encoding='utf8')]
15 bolsaDePalabras = [line.rstrip('\n') for line in open('bagOfWords2.txt', encoding='utf8')]
16 x_setTesting = [line.rstrip('\n') for line in open('dataTesting.txt', encoding='utf8')]
17
18 tiempoFinal = time() - tiempo0
19 print("Se cargaron datos de clasificación en: " + str(tiempoFinal))
20
21 ##### Vectorización
22 print("-----")
23 print("\n Creando la representación numerica (vectorizando tweets)")
24 tiempo0 = time()
25
26 vectorizador = TfidfVectorizer(max_features=54)
27 #vectorizador = TfidfVectorizer(max_features=4)
28 #TfidfVectorizer: Convert a collection of raw documents to a matrix of TF-IDF features.
29 vectorizador.fit(bolsaDePalabras)
30 #fit(raw_documents, y): learn vocabulary and idf from training set.
31 x_matrizSetEntrenamientoVect = vectorizador.fit_transform(x_setEntrenamientoTweets)
32 print(x_matrizSetEntrenamientoVect)
33 x_matrizPruebas = vectorizador.transform(x_setTesting)
34 #matrizVectorizada = np.array(matrizVectorizada, dtype='float')
35 tiempoFinal = time() - tiempo0
36 print("Se ha creado la matriz TF-IDF en "+format(tiempoFinal))
37 ##### Clasificación
38 ##### Bayes multinomial
39 print("Se ha creado la matriz TF-IDF en "+format(tiempoFinal))
40 ##### Clasificación
41 ##### Bayes multinomial
42 print("Training con clasificador MultinomialNB bayes:")
43 t0 = time()
44 multinomialNB = MultinomialNB()
45 #fit(x_matrizVectorizada, y_clases)
46 multinomialNB.fit(x_matrizSetEntrenamientoVect, y_clases)
47
48 print("Testing: clasificador bayesiano...")
49 t0 = time()
50 res1 = multinomialNB.predict(x_matrizPruebas)
51 scores = cross_val_score(multinomialNB, x_matrizSetEntrenamientoVect, y_clases, cv = 10)
52 print(np.mean(scores))
53 tiempoFinal = time() - tiempo0
54 print("Termino en "+format(tiempoFinal))
55 ##### Guardando en disco del entrenamiento...
56 tiempo0 = time()
57 print(multinomialNB.score(x_matrizSetEntrenamientoVect, y_clases))
58 joblib.dump(vectorizador, 'matvectorizador.dat')
59 joblib.dump(multinomialNB, 'ModelEntrenado.dat')
60 tiempoFinal = time() - tiempo0
61 print("Finalizo en " + str(tiempoFinal))
62 #.....Incorporando el dataset con los datos reales.....#
63 x_setRealTesting = [line.rstrip('\n') for line in open('DatasetReal.txt', encoding='utf8')]
64 x_matrizReal = vectorizador.transform(x_setRealTesting)
65 res1 = multinomialNB.predict(x_matrizReal)
66 pathCsvFile = "datasetRealTesting7.csv"
67 with open(pathCsvFile, 'w', encoding='utf-8', newline='') as csvFile:
68     fieldnames = ['text', 'class']
69     writer = csv.DictWriter(csvFile, fieldnames=fieldnames)
70     writer.writeheader()
71     for i in range(len(res1)):
72         writer.writerow({'text': "x_setRealTesting [i]"+str(i), 'class': "res1[i]"+str(i)})
73 print("Termino con la datasetReal")

```

Figura 5. Código del Clasificador de texto Usando Naive Bayes Multinomial

## Interpretación y Evaluación

En la ejecución del algoritmo muestra que se tiene un 68% de eficiencia en el entrenamiento, en la ejecución con Datos reales extraídos sin limpiar el texto y comparando los resultados que proporciona el Clasificador Naive Bayes con las clasificaciones que se hicieron de manera manual donde 1016 coinciden de los 2530 textos procesados. Se determina un 40.1 % de eficiencia tal vez se esperaba un poco más de eficiencia, pero también afecta la calidad de texto.

## Descubrimientos

En la exploración y limpieza de textos de Twitter se encuentran casos como Retweets que tienen el mismo texto solo llega diferenciarse con el link que tienen, en otros casos también diferencia con usuarios mencionados en el post y eso al hacer el filtrado de textos atípicos toma como texto único, aunque a simple vista sea repetido muchas veces.

## Formulas y ecuaciones

Naive Bayes es uno de los modelos probabilistas más simples y más usados en clasificación de texto porque produce resultados tan buenos como otros modelos más sofisticados

$$P(h|D) = \frac{P(D|h)P(h)}{P(D)}$$

Teorema de Bayes Donde: -  $P(h)$  es la probabilidad a priori de la hipótesis  $h$ . -  $P(D)$  es la probabilidad de observar el conjunto de entrenamiento  $D$ . -  $P(D|h)$  es la probabilidad de observar el conjunto de entrenamiento  $D$  en un universo donde se verifica la hipótesis  $h$ . -  $P(h|D)$  es la probabilidad a posteriori de  $h$ , cuando se ha observado el conjunto de entrenamiento  $D$ . (Mitchell)

## Resultados:

El clasificador de textos procesó 2,530 tweets, representa un 45 % del total extraído son únicos y exclusivos de México sin limpiar, previamente se etiquetó manualmente esos textos y poder compararlos con los resultados que nos arroje el clasificador, se junta los resultados en una tabla de Excel y compararan como se muestra en la figura 6. Para poder distinguir bien se realiza una tabla más detallada de las clases que se tiene y cuantos de esos datos coincidieron y se llega como resultado final un 40.1 % de eficiencia del algoritmo ver figura 7.

Claramente podemos observar en la figura 7 que en una de las clases en que menos se equivoco fue el de Tráfico, también se muestra que en donde se presentó una mayor cantidad de aciertos fue en la clase Aire ya que se tenía muchos textos con esa clasificación. De acuerdo a esto se obtuvieron 5 clases principales detectadas en los tweets que son: Aire, Tráfico, Pirotecnia, Ambiental y Agua.

CLASIFICADOR DE TEXTOS NAIVE BAYES MULTINOMIAL				
TweetText	Etiqueta Mar	Algoritmo	Coincide	indiadores
Pues la causa, es la contaminación de aire por eso el desequilibrio atmosférico.	Aire	'Tráfico'		1 <i>Coincide</i>
"A los jóvenes españoles les preocupa más la contaminación del aire que el estado de la economía"	Aire	'Tráfico'		no
"Contaminación Acústica" Los vecinos de Algeciras demostrando las consecuencias del tráfico m	Tráfico	'Tráfico'	1	
"Cruzada estudiantil contra la contaminación en Barcelona" https://t.co/1Urna6Viv9 de @Qualit	Aire	'Tráfico'		
"El amor está en el aire". Se lo están agregando a la contaminación (Dijo una pibita en Instagram	Aire	'Tráfico'		
"El respaldo del maestro significa un soplo de aire fresco frente a tanta contaminación." José Tor	Aire	'Tráfico'		
"La contaminación del aire es el mayor riesgo ambiental contra la salud." Mira cómo pue	Aire	'Ambiental'		
#2018SeraMejor si se deja de vender pirotecnia en forma indiscriminada! Esta sólo provoca accidentes,	Pirotecnia	'Tráfico'		
#Actualidad OMS alerta de la urgencia de combatir la contaminación del aire https://t.co/xBRxJHO2sN	Aire	'Tráfico'		
#Agua contaminada, una amenaza latente en México: La contaminación del agua puede representar e	Agua	'Agua'	1	
#AirACT útil recurso sobre contaminación de @ecologistas: AirACT: una aplicación para consultar el ai	Aire	'Tráfico'		
#AirACT, una #app que te informa de la calidad del aire que respiras #contaminación #salud https://t.co	Aire	'Tráfico'		
#Air @echezfabian: en este sentido hoy nos reunimos con un equipo de investigadores de la UTN que	Aire	'Tráfico'		
#AirPollution is a global problem, requiring a global solution. #maps Contaminación del aire por ciudad	Aire	'Aire'		1
#alcala La @UAHes crea una niebla capaz de limpiar la contaminación en el aire https://t.co/Pin6VvEg	Aire	'Tráfico'		
#AlMomento El Sistema de Monitoreo Atmosférico registra #CalidadDelAire REGULAR en la Zona Metro	Aire	'Tráfico'		
#AMBAutoridadAmbiental El Área Metropolitana de Bucaramanga contará con 5 estaciones que permiti	Ambiental	'Tráfico'		

Figura 6. Tabla realizada en Microsoft Excel para la comparación de los datos hecho manualmente y los que se realizó con el algoritmo.

RESULTADOS			
Clases	Cantidad de datos Manual	Cantidad de datos Algoritmo	Porcentaje de la eficiencia
Aire	1702	554	
Agua	113	32	
Ambiental	89	40	
Basura	35	5	
Contingencia	13	2	
Controlar	8	2	
Daño	21	1	
Efecto	14	2	
Fuente	29	1	
Industria	22	1	
Pirotecnia	77	43	
Polución	8	0	
Prevención	9	0	
Tierra	10	0	
Tráfico	293	292	
Transporte	47	20	
Atmosférica	40	21	
<b>Total, de datos</b>	<b>2530</b>	<b>1016</b>	<b>40,15810277</b>

Figura 7. Tabla demostrativa del conteo de los datos realizados de manera manual y del clasificador de textos Naive Bayes Multinomial

### **Discusión y conclusiones:**

Los resultados que arrojó el clasificador de texto usando Naive Bayes Multinomial no fue el más óptimo todo debido al escaso tiempo de preprocesamiento. Para este tipo de pruebas y análisis, tiene que haber un tiempo considerado, ya que se tiene que tomar en cuenta muchos factores pues los procesos a realizar se requieren de exploración profunda, y seguir trabajando con este algoritmo y con estos mismos datos u otros, para mejorar la clasificación. Sin embargo, el clasificador NBM demostró un buen desempeño obteniendo un 40.1 % de eficiencia aun así con el poco tiempo dedicado, es decir considerando el número de apariciones de cada término en el documento que se está evaluando, aun cuando los conjuntos de entrenamiento y prueba estaban desbalanceados. Sería necesario reentrenar el modelo con un conjunto de datos más específicos para obtener resultados concluyentes.

### **Agradecimientos:**

Quiero expresar mi agradecimiento a mis asesores Dr. Miguel Félix Mata Rivera y Mc. Roberto Zagal Flores por todo su apoyo, confianza y guía a lo largo de este trabajo de investigación.

A los encargados de impartir los talleres que me ayudaron enormemente con sus comentarios para mejorar este trabajo Ing. Jacobo León Gonzales, Ing. Guillermo Orozco, Ing. Jairo,

Un especial agradecimiento a UPIITA y al programa DELFÍN por la oportunidad de conocer un poco del trabajo de sus grandes investigadores.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Guerrero por la beca proporcionada durante mi estancia en el programa del Verano Delfín en el Instituto Politécnico Nacional UPIITA.

Estoy agradecida con mis compañeros y personal de este verano Delfín por el conocimiento compartido de una manera extraordinaria.

**Lorena García 2018**

## Referencias

- Alvarez Romero, J. d. ( 2009). *Clasificación Automática de Textos*(Tesis de Mestría). México.
- anaconda.org. (23 de 07 de 2018). *anaconda*. Obtenido de <https://anaconda.org/anaconda/spyder>
- Bell, J. (215). Machine Learning. En *Machine Learning Hands-On for Developers and*. WILEY.
- Jupyter.org. (23 de 07 de 2018). *Jupyter.org*. Obtenido de <http://jupyter.org/>
- Karl-Michael, S. (2004). *Techniques for Improving the Performance of Naive Bayes for Text Classification*. Germany: General Linguistics. Passau,.
- meaningcloud.com. (23 de 07 de 2018). *meaningcloud.com*. Obtenido de <https://www.meaningcloud.com/>
- Mitchell, T. M. (s.f.). “*Machine Learning*” Capítulo 6. McGraw-Hill International.
- pentaho.com. (23 de 07 de 2018). *www.pentaho.com*. Obtenido de <https://www.pentaho.com/marketplace/>
- UPIITA. (2018). *Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas*. Obtenido de <https://148.204.86.104/bealert/extractorsocial/estadisticas.php>
- webmining.cl. (23 de 07 de 2018). *www.webmining.cl*. Obtenido de <http://www.webmining.cl/2011/01/proceso-de-extraccion-de-conocimiento/>
- Wikipedia. (23 de 07 de 2018). *wikipedia*. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Tableau\\_Software](https://en.wikipedia.org/wiki/Tableau_Software)



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018*

**Memorias**

## **ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS ZONAS INUNDABLES Y SU RELACIÓN CON LA AMPLIFICACIÓN SÍSMICA EN TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS**

Luis Manuel Rendón Carreto (Becario)  
Facultad ingeniería de la UAGro  
Programa educativo: ingeniero constructor  
[manueldeker@gmail.com](mailto:manueldeker@gmail.com)

Área VII: Ingenierías

Dr. Raúl González Herrera (Asesor)  
Profesor-investigador de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas  
[Ingraul@yahoo.com](mailto:Ingraul@yahoo.com)

### **Resumen:**

Los sismos viajan en forma de ondas a través del terreno desde su fuente de origen el movimiento producido por el paso de las ondas sísmicas después de un sismo, no produce el mismo efecto en todas las zonas por donde éstas pasan. La concentración de los daños en ciertas áreas se asoció a que el terreno donde éstas se localizaban presentaba mayores amplificaciones de las ondas en el suelo. A este fenómeno local del comportamiento del terreno se le conoce como “efecto local”, “respuesta local” o “efecto del sitio” (Rodríguez, 2005). El presente trabajo se enfoca principalmente al estudio del efecto de sitio y su correlación con las zonas inundables en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Los sondeos de microzonificación por medio de un acelerómetro en 100 puntos, esto nos proporciona los parámetros que se utilizan en estudios de microzonificación sísmica, tales como; el periodo fundamental de vibrar del suelo y el incremento en amplificación que se presenta en este periodo fundamental. Los resultados permitieron mostrar que las diferentes técnicas de estimación, utilizando registros de sismos o de vibración ambiental. Elaborando mapas digitales nos han permitido relacionar, las zonas con mayor amplificación sísmica y establecer la relación entre zonas de inundación. Teniendo en cuenta esto se lograr tener más información de zonas de riesgo. Y a si prevenirlo, permitiendo tomar consideraciones relevantes con respecto a edificaciones y estructuras en construcción para así tomar las mejores decisiones en reducción del riesgo sísmico.

**Palabras clave:** Efecto de sitio, microzonificación, periodos, riesgo.

### **Introducción:**

En sismología la intensidad de un movimiento del terreno es función de parámetros tales como la magnitud del sismo, la distancia epicentral, las características de la fuente sísmica y las condiciones locales del terreno. Sin embargo, la geología local es uno de los parámetros más importantes, ya que influye grandemente en el tipo de respuesta de sitio para cualquier sitio en particular. Es decir que, para un terremoto dado, la intensidad sísmica depende en gran medida del lugar donde se mide. Estudios de la magnitud de los daños causados por terremotos recientes y su distribución espacial confirman la importancia de los efectos locales de sitio, ya que la severidad de los daños suele estar relacionada con amplificaciones locales debidas a las condiciones geológicas y geotécnicas del lugar. Por lo tanto es necesario anticipar el daño que ese fenómeno puede llegar a causar. El término microtemblor se utiliza para denotar todo tipo de ruido sísmico ambiental o vibraciones ambientales: *a*) vibraciones producidas por actividades humanas, generalmente de alta frecuencia, *b*) vibraciones causadas por fuentes superficiales locales como las industrias y el tráfico. En Japón, por ejemplo, el fenómeno de efectos de sitio ha sido documentado desde principios del siglo XVIII (Ohsaki, 1972). Por lo tanto, conocer las características dinámicas de depósitos de suelos en regiones con potencial para una actividad sísmica intensa es muy importante para determinar las posibles amplificaciones de los movimientos sísmicos e identificar probables condiciones de resonancia en las edificaciones.

La relación espectral de las componentes horizontal y vertical de registros de movimiento sísmico ha sido utilizada frecuentemente en sismología. Para el caso de ondas superficiales, Nogoshi e Igarashi (1971) concluyeron que se obtiene una buena correlación de la relación espectral  $H/V$  entre el modo fundamental de las ondas de Rayleigh y microtemblores en sitios con alto contraste de impedancia. Por otro lado, Nakamura (1989 y 2000) definió teóricamente la técnica  $H/V$  con múltiples refracciones de ondas SH de incidencia vertical. El autor explicó que hay un grupo de investigadores (Konno y Ohmachi, 1998; Lachet y Bard, 1994; Nogoshi e Igarashi, 1971) que tratan de interpretar el pico del cociente  $H/V$  con la evidencia de ondas de Rayleigh.

Lermo y Chávez-García (1994) revisaron la aplicabilidad de las mediciones de microtemblores para evaluar la respuesta de sitio de suelos blandos de México. Las técnicas que compararon fueron: interpretación del espectro de amplitudes de Fourier, cocientes espectrales respecto a una estación de referencia y, finalmente, cocientes espectrales  $H/V$  (la técnica de Nakamura). Los mejores resultados fueron obtenidos con la técnica de Nakamura, la cual también da una estimación aproximada de la amplificación de las ondas sísmicas cuando la geología local es relativamente simple.

## Materiales y Métodos:

### Descripción de la Propuesta Tecnológica

#### Mediciones de vibración ambiental

Las mediciones de vibración ambiental fueron realizadas utilizando un acelerógrafo Etna de la compañía Kinometrics, así como un sensor marca EpiSensor modelo FBA ES-T. En configuración a 15 minutos como acelerógrafo de movimiento fuerte, el Etna incluye internamente un acelerómetro triaxial de fuerza balanceada (EpiSensor ES-T). Se utilizaron dos tipos de instrumentos Etna, uno con un rango dinámico de medición de  $\pm 2,0g$  (siendo  $g$  la aceleración de la gravedad) y otro con un rango dinámico de medición de  $\pm 0,25g$ .

Para realizar un estudio de microzonificación sísmica en Tuxtla Gutiérrez y confeccionar un mapa de isoperiodos de suelo, se llevaron a cabo dos campañas de mediciones de vibración ambiental que cubrieron un total de 100 estaciones

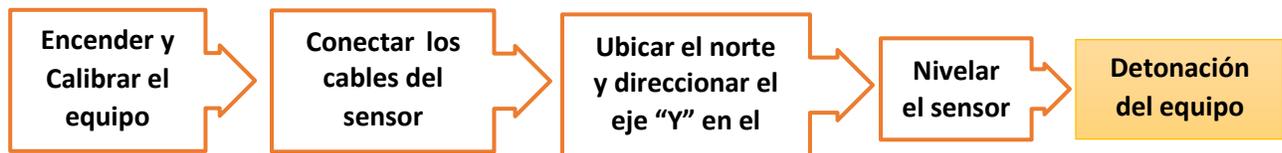


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de medición de cada punto



Figura 2. Acelerómetro, sensor y brújula

### **Procesado de datos obtenidos**

- 1) Extracción de señales de la memoria del equipo
- 2) Recopilación de datos obtenidos por las encuestas
- 3) Procesamiento de las vibraciones del suelos a través de MatLab
- 4) Cálculo de la media de los espectros de Fourier de todas las ventanas y finalmente
- 5) Cálculo de los cocientes espectrales (donde son las componentes horizontales combinadas)
- 6) análisis de graficas de cocientes espectrales y obtención de amplificación y periodos
- 7) Elaboración de mapa de riesgo de estaciones de amplificación sísmica, zonas inundables y relación entre estos dos a través de ArcMap

### **Campaña de mediciones de vibración ambiental y encuestas de riesgo de inundación**

Se realizaron 100 puntos durante campaña de mediciones, cada medición duró 15 minutos donde la respuesta esperada dependerá de las características geotécnicas de cada estrato sitios no se lograron obtener un valores tales como; el periodo fundamental de vibrar del suelo y el incremento en amplificación que se presenta en este periodo fundamental. En algunos sitios donde el suelo era demasiado rígido y en ese caso no hay amplificación en ninguna frecuencia, o si la hay, es en alguna frecuencia muy alta, mientras que en otros casos simplemente no se obtuvo una frecuencia dominante sobre el resto.

Adicionalmente, en la segunda campaña se realizaron 100 encuestas sobre riesgo de inundación en las zonas bajas y cercanas a ríos. Donde se planteó el riesgo de inundación, de esto se obtuvo el nivel de agua pluvial proporcionado por testimonios reales de habitantes de dichas zonas, donde muchos de estos han sido afectados por alguna inundación ya sea en su vivienda o negocio, y que medidas de prevención están tomando para evitar este riesgo. Registro y procesamiento de información obtenida en campo, para ellos fue necesaria la utilización de software tales como; hojas de cálculo, ArcMap y MatLab. Este últimos sirvió para el procesamiento de las señales de respuesta del suelo, en algunas de estas señales se observaron gráficas fuera de los parámetros, lo cual pudieron ser afectadas por factores exteriores como los ya mencionados. Ya obtenidos los periodos y amplificaciones se tomó esta información para realizar un mapa digital de dichas zonas usando ArcMap.

Tupak (2009) afirma que los aspectos más significativos a considerar en los estudios de microzonificación son los siguientes:

- Propiedades geotécnicas de los suelos, espesor, densidad, velocidad de ondas transversales, módulo de rigidez, resistencia, profundidad del nivel freático, etcétera.

- Susceptibilidad frente a la licuación, deslizamiento y roturas superficiales por fallas.
- Susceptibilidad de laderas de sufrir procesos de remoción.
- Condiciones topográficas que puedan amplificar la respuesta sísmica.

### Resultados:

La primera parte del análisis de la señal registrada consiste en la visualización de las trazas para seleccionar aquellos segmentos de registro que no estén contaminados por transitorios de corta duración que puedan afectar la estacionalidad de las señales (principalmente vehículos y peatones en la proximidad del instrumento).

En las figuras 3 se presentan los resultados en gráficas de los datos obtenidos al aplicar la técnica de Nakamura, se presentan los ejemplos de los cocientes obtenidos en la zona. Las componentes N-S y E-W son empleadas para obtener una suma vectorial.

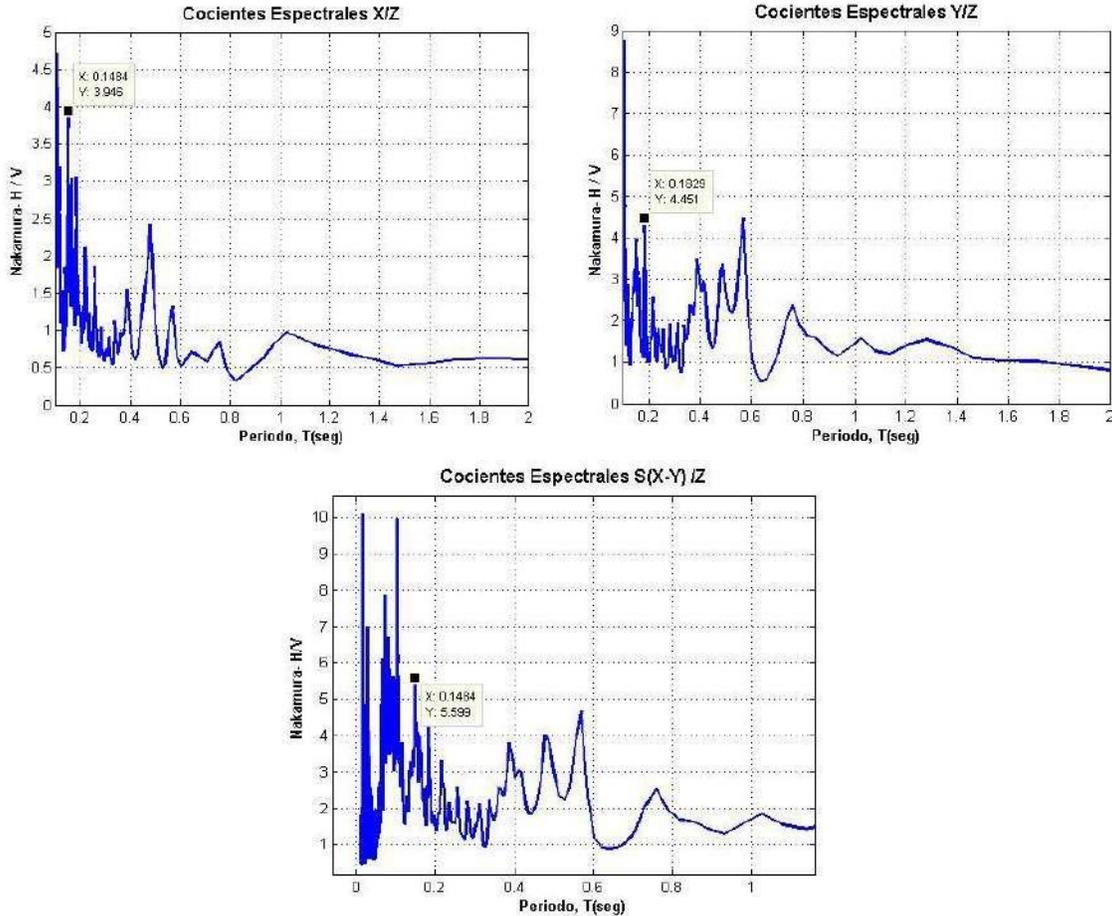


Figura 3. Espectros de amplitud y periodo fundamental obtenidos de la microzonificación.

Con respecto a los resultados obtenidos por las encuestas generadas en las zonas bajas y de riesgo de inundación. Los registros fueron limpiados y se elaboró una hoja de cálculo donde contempla estos datos, obteniendo los siguientes resultados; con un nivel máximo de 120 cm en la colonia El Triunfo en las demás colonias con un promedio de 15 a 60 cm como se muestra en la figura 4. Concentrando el mayor nivel de agua en las zonas muy cercanas a los márgenes de ríos como se ve en la figura 5.

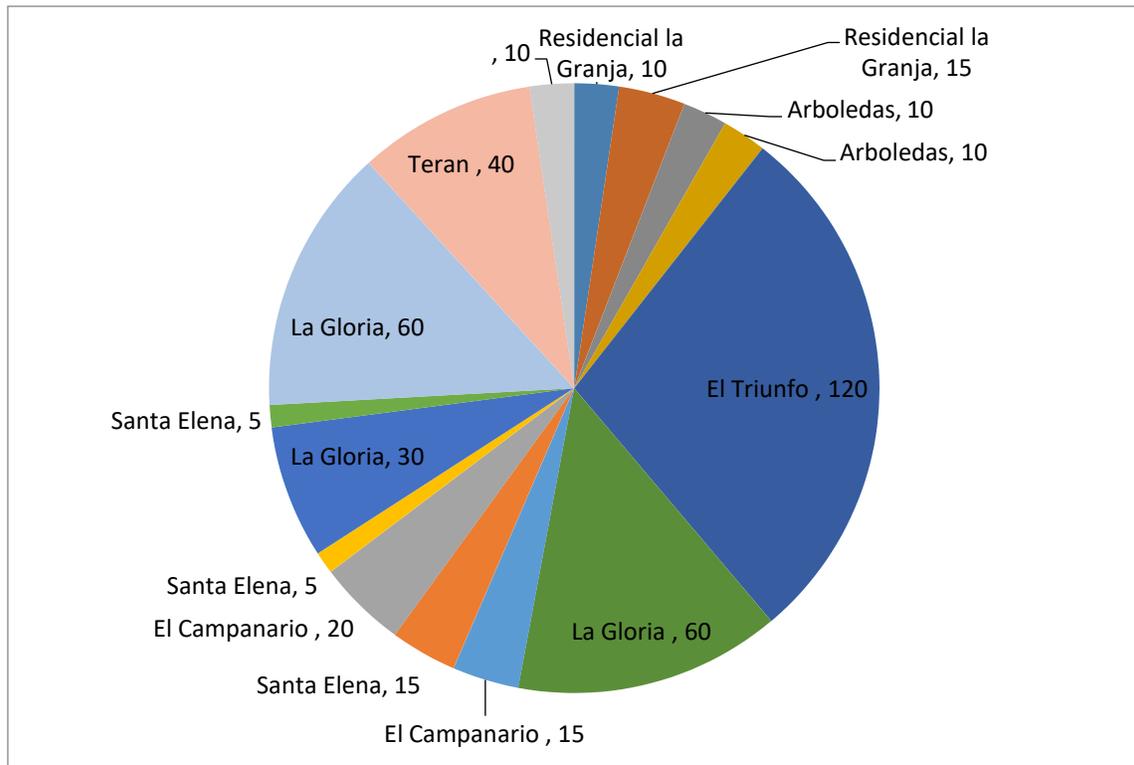


Figura 4. Grafica de nivel de agua en cm en las colonias donde realizaron las encuestas

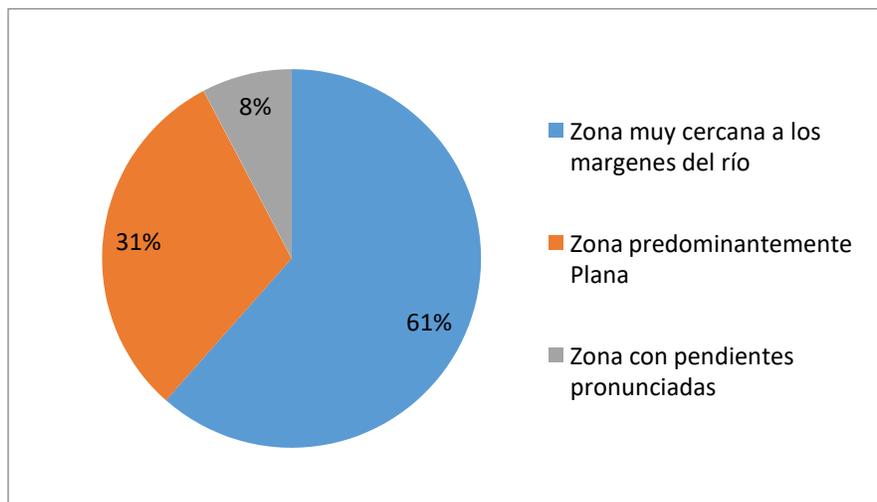


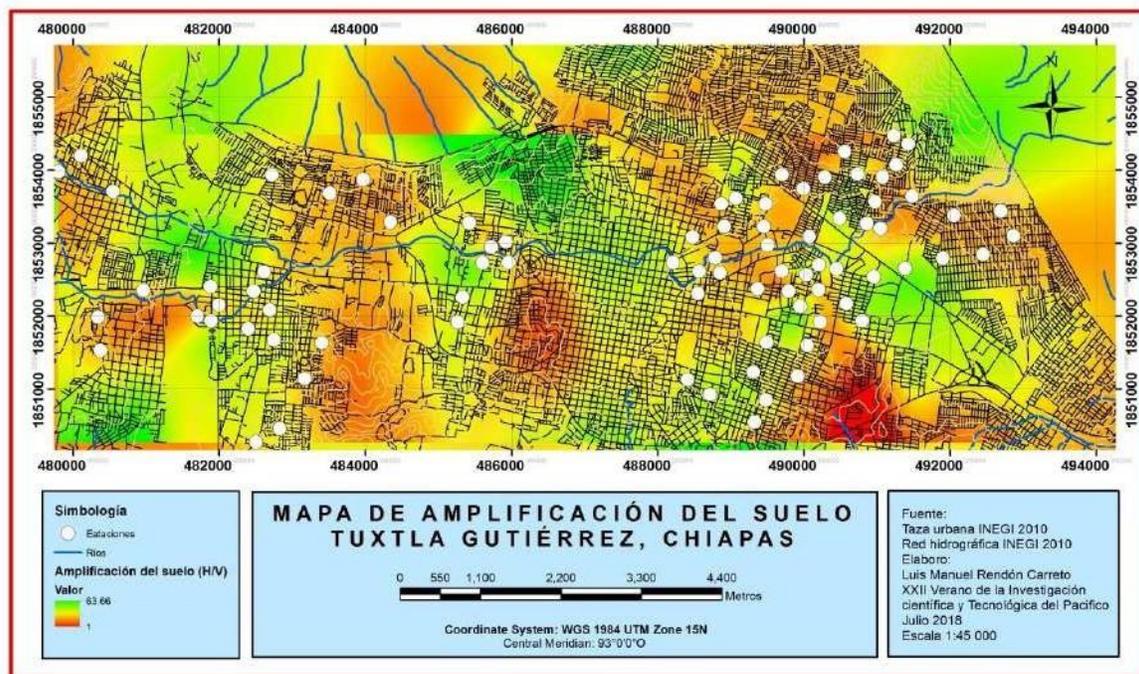
Figura 5. Grafica de porcentaje de zonas donde se presenta mayor nivel de inundación

## Mapa de isoperíodos de suelo para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

El resultado de estos estudios fue el mapa de isoperíodos para la ciudad, los resultados se observan en la figura 6. El estudio señaló que los periodos naturales de vibración de los suelos de Tuxtla Gutiérrez están entre 0.12 y hasta 1.37 segundos, las amplitudes relativas encontradas hace conciencia de la vulnerabilidad sísmica de la cuenca sedimentaria donde se desplanta la ciudad capital.

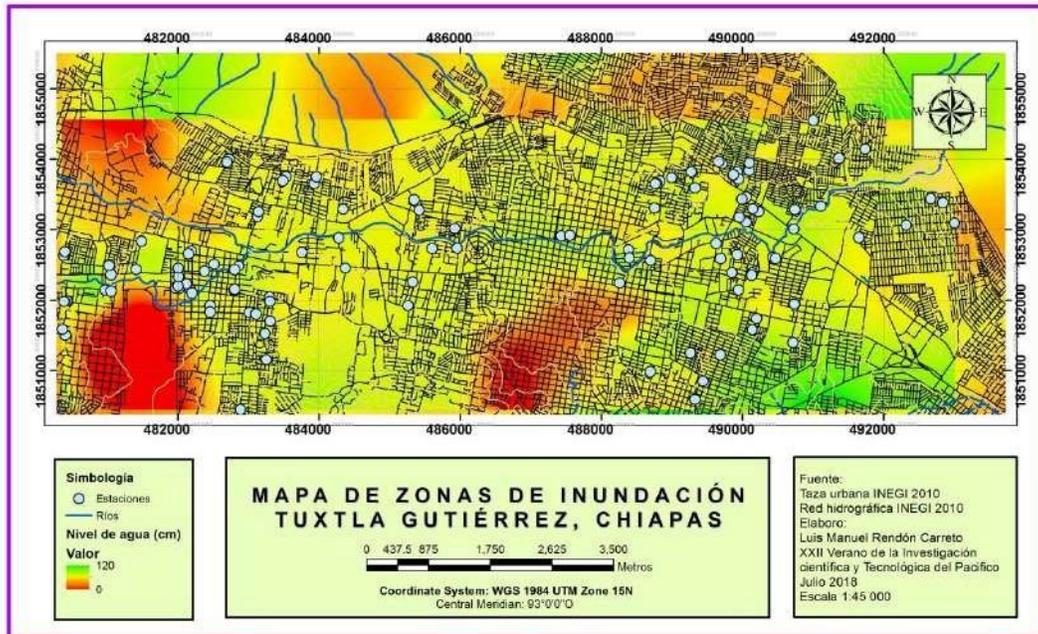
Al procesar las 100 mediciones realizadas durante la campaña de mediciones, en 6 de los sitios no se logró obtener un valor claro de período fundamental. En algunos sitios, esto se debió a que el suelo era demasiado rígido y en ese caso no hay amplificación en ninguna frecuencia, o si la hay, es en alguna frecuencia muy alta, mientras que en otros casos simplemente no se obtuvo una frecuencia dominante sobre el resto.

A partir de los resultados obtenidos de las 100 mediciones de vibración ambiental que se llevaron a cabo durante el trabajo de investigación y con la ayuda del programa ArcMap (<http://www.esri.com/>) se confeccionó un mapa de isoperíodos de suelo para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



*Figura 6. Mapa de amplificaciones relativas asociadas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en el cual se logra determinar el periodo fundamental del suelo. Una vez que los sitios fueron ubicados geográficamente en el mapa.*

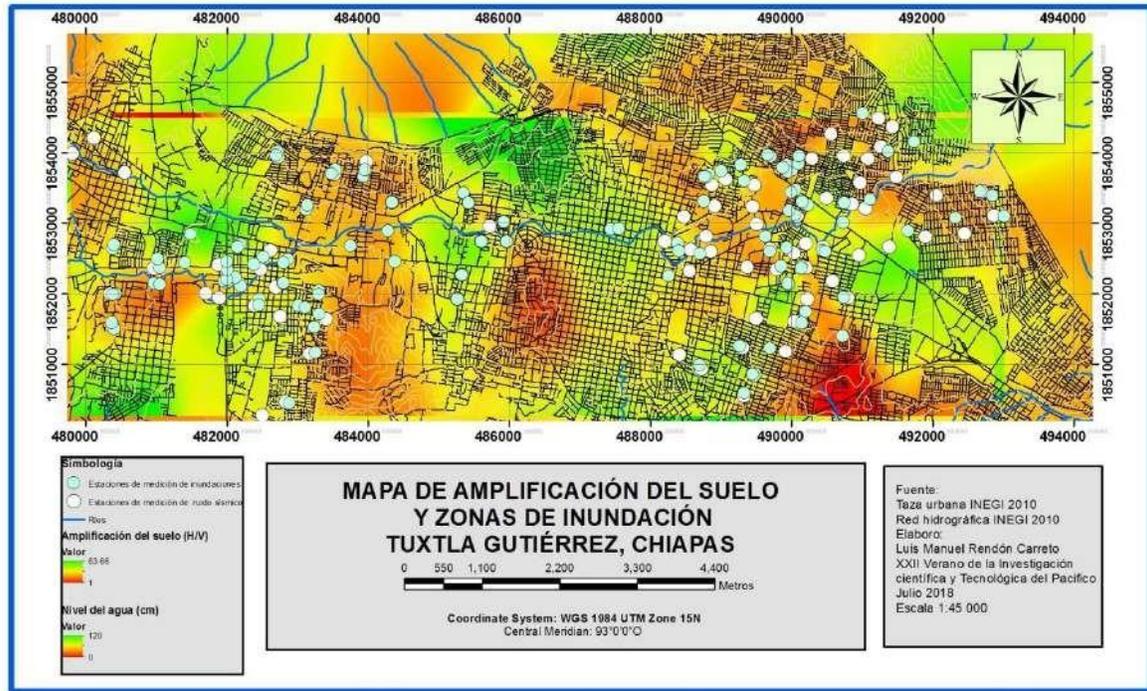
Para las encuestas también se elaboró un mapa digital con información obtenida en referente a las encuestas de zonas de inundaciones, en el cual contempla los siguientes aspectos como son; nivel de agua en cm y las zonas en las en las cuales se presenta el mayor nivel.



**Figura 7. Mapa interpolado de zonas con mayor nivel de riesgo de inundación (nivel de agua en cm).**

Finalmente, del análisis de estos puntos en la ciudad, donde se estimó el efecto de sitio, y el riesgo de inundación se presenta un mapa con la distribución espacial de este efecto y zonas de riesgo de inundación. En el mapa de la figura 8 se presenta la ciudad en dos tipos de estaciones, amplificación del suelo (H/V) y nivel de agua (cm).

Con el tercer mapa digital se logró establecer la relación entre zonas de inundación y amplificación sísmica. Con esta información se logra obtener si hay relación entre puntos con mayor amplificación con los de mayor riesgo de inundación, teniendo puntos con relación de 60 cm de nivel de agua pluvial con un SH/V de 37.43, teniendo en cuenta esto se lograr tener más información de zonas de riesgo.



**Figura 8.** Mapa con la distribución espacial de estaciones de amplificación del suelo en relación con zonas de inundación.

**Tabla 1.** Posible fuente generadora de microtemores y su rango de frecuencia (Bard, 1998; tomado de Flores, 2001).

Fuente	Periodo	Rango de frecuencia
Son causadas por las ondas oceánicas que ocurren a grandes distancias	largos	Por debajo de 0.3 a 0.5 Hz
Son generadas por las olas del mar cercanas a la costa	Intermedios	Entre 0.3-0.5 Hz y 1 Hz
Estas fuentes se relacionan con actividades antrópicas	cortos	Frecuencias mayores a 1 Hz

### **Discusión y conclusiones:**

De la presente investigación del análisis de puntos registrados en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, con sensores de aceleración, se obtuvo el efecto de sitio, para lo cual en el mapa se presenta la distribución de este efecto mediante la propuesta de zonificación. Considerando los datos obtenidos con la metodología descrita anteriormente, y obtenido el mapa de trabajo aporta una idea más clara de las zonas en particular con una respuesta de amplificación de las ondas sísmicas, con ello llegó a la conclusión que los efectos de sitio agrupan un conjunto de factores que puede afectar de forma importante el movimiento sísmico. Los resultados permitieron mostrar que las diferentes técnicas de estimación de efectos de sitio, utilizando registros de sismos o de vibración ambiental.

Los mapas digitales que fueron elaborados nos han permitido relacionar, las zonas con mayor amplificación sísmica teniendo un SH/V de 1.00 hasta 63.66 como máximo, cabe mencionar que algunos puntos fueron descartados por ser valores demasiado altos para esas zonas. A partir de los resultados obtenidos se concluye que el uso de vibración ambiental es una excelente alternativa, que brinda muy buenos resultados, comparados con los obtenidos con otras técnicas. Además, cabe aclarar que el uso de vibración ambiental es una herramienta muy simple y económica, que se puede aplicar en cualquier momento y no requiere esperar, como con otras técnicas, la ocurrencia de un terremoto. Esto es una importante ventaja, sobre todo para aquellas regiones de baja sismicidad. Además, como se demostró, la técnica del cociente espectral H/V es estable con el tiempo. Esto quiere decir, que el periodo fundamental obtenido no depende del momento en el cual se tomó la medición.

Por ello estoy convencido de la utilidad de estrechar esa relación al atacar un problema que tiene tanta relevancia para la sociedad al ser determinante en la seguridad de las estructuras y de las personas que las ocupan.

### **Agradecimientos:**

A la incansable labor del Dr. Raúl Gózales Herrera, por sus investigaciones y su compromiso con la prevención de riesgo sísmico, al Ing. Mario Ordaz Ordaz, por su labor y asesoría en la investigación. Agradezco a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por la hospitalidad brindada a lo largo de esta estancia. A la Universidad Autónoma de Guerrero, que gracias al apoyo económico brindado fue posible este verano de investigación científica, que ha reforzado mi formación académica al permitir conocer nuevos ambientes de enseñanza y aprendizajes. Al Programa Delfín por promover actividades académicas de movilidad de estudiantes y de divulgación científica y tecnológica, entre las instituciones integrantes para contribuir con mayor impacto en la generación y aplicación del conocimiento.

## **Referencias:**

Aguilar, J., Cruz, R., González, R., Narcía, C., Figueroa, J.A. y H., San Sebastián. (2004). Normas mínimas de seguridad estructural para el estado de Chiapas. Memoria en extenso del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural “Retos de la Ingeniería Estructural”. Acapulco, Guerrero, 29, 30 y 31 de octubre y 1 de noviembre.

Alonso, G., Cruz, R., Cruz, F., Ramírez, M., Ruiz, M. y J. Iglesias. (1999). Resultados de la zonificación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, México, D.F.

CENAPRED. “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligro y Riesgo. Fenómenos Geológicos, 2006.

Chávez-García, F. Gonzalo A. “Efecto de sitio para Ingenieros Geotécnicos, estudios del valle de Parkway”. Obras y proyectos 16, 6-30, 2014.

Cuadra-Monreal, P. E. “Aplicación de técnicas de vibraciones ambientales: análisis de microtemores y vibraciones naturales, para la caracterización de sitio”. Tesis de Licenciatura, Universidad Simón Bolívar, 2007.

Espinosa, L. (1976). Propuesta de zonificación geotécnica de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.

Flores, H. “Métodos alternos para la estimación del efecto de sitio mediante el uso de arreglos de microtemores”. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM. Ciudad Universitaria, 2001.

González, R., Tena, A., Mora, J.C., Borraz, M.A., Aguilar, J.A., Cruz, R., Figueroa, J.A., Chan, J.A., Ramírez, M.S., Vera, R. y C., Narcía. (2011a). El sismo de Villaflores, Chiapas, su realidad y consecuencias. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Colección Jaguar, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 400 p.

González, A. (2010). Análisis de la peligrosidad sísmica en el sureste de México con base en el catálogo del Servicio Sismológico Nacional de 1974 a 2009. Tesis de licenciatura de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, en revisión.

González, R., Borraz, M.A., Sánchez, P.A., De la Cruz, Y., Aguilar, J.A. y J.A., Ruiz, J.A. (2010). Construcción histórica de la vulnerabilidad sísmica en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Memoria en extenso del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, León, Guanajuato, 3 al 6 de noviembre.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018  
Memorias*

## **IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMO GENÉTICO SOBRE JUEGO DEL GATO EN UN ROBOT HUMANOIDE NAO**

Luz Clarita Pérez Solano (**Becaria**)  
Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Información de la UAGro  
Programa Delfín  
[l.perez.s@outlook.com](mailto:l.perez.s@outlook.com)  
Área VII: Ingenierías

Dr. Horacio Rostro González (**Asesor**)  
Profesor-Investigador de la Universidad de Guanajuato  
[hrostrog@ugto.mx](mailto:hrostrog@ugto.mx)

### **Resumen:**

En este trabajo se presenta el desarrollo de un algoritmo genético para el robot NAO que le permitirá jugar al gato con un humano de forma autónoma. El desarrollo del juego incluye una técnica de programación que imita a la evolución biológica como estrategia para resolver problemas, dicha estrategia recibe un conjunto de soluciones potenciales codificadas de alguna manera, y una métrica llamada función de aptitud que permite evaluar cuantitativamente a cada solución candidata para continuar jugando, con el objetivo de que el algoritmo genético las mejore para las partidas del robot.

La finalidad del trabajo es conseguir que el robot NAO aumente el componente social e interactúe cada vez mejor con los humanos mediante juegos de mesas sencillos que todos conocemos, pues este trabajo sirve de base para desarrollar otros módulos con otros juegos diferentes.

**Palabras clave:** Robótica, Algoritmo genético, Juego de Mesa.

## **Introducción:**

En una sociedad en la que la tecnología avanza con una velocidad vertiginosa, la continua aparición de todo tipo de dispositivos como son los smartphones, computadoras, videoconsolas, televisiones, entre otros. Todo lo anterior hace que la innovación sea uno de los pilares clave para que las empresas sigan recibiendo grandes cantidades de beneficios. Cada vez queremos que nuestra vida sea más cómoda y placentera; todo esto va ligado al avance de la tecnología. Ya nos hemos acostumbrado a estar rodeados de dispositivos electrónicos y de estar conectados a Internet constantemente. La mayoría de los dispositivos, objetos o servicios web, llevan detrás un gran desarrollo de técnicas pertenecientes a la inteligencia artificial.

Desafortunadamente, en el área de la robótica, el costo y la complejidad de desarrollo de un robot como es el modelo NAO v5 es bastante alto. El hardware evoluciona mucho más rápido que el software y esto provoca que haya robots muy robustos. Habitualmente, los robots se diseñan para resolver un número finito de tareas ordinales de forma individual o colectiva, por ejemplo, algo tan sencillo como que los robots sean capaces de levantarse y sentarse de forma autónoma puede ser un gran obstáculo para el desarrollo de programas más complejos.

Entre las diferentes líneas de investigación de la robótica están centradas principalmente en disminuir la brecha tecnológica para poder conseguir un comportamiento inteligente o similar al de un humano, pero no en todos los casos es posible, ya que los robots deben obedecer las instrucciones que se le programan. Pero en la actualidad los robots que más se acercan a esto son aquellos que por sus características comunicativas con el entorno y su forma de actuar. Dichas ideas para la reducción de la brecha tecnológica entre los seres humanos y la robótica es la que se pretende estudiar en este proyecto es para proponer alguna solución desde los algoritmos de optimización, búsqueda y aprendizaje inspirados en los procesos de evolución natural además de la evolución genética. Estos algoritmos son los genéticos que conllevan a mejorar las nuevas soluciones para obtener la más óptima para un juego de mesa sencillo que es el juego del gato, también conocido como el juego al tres en raya o tic tac toe.

Los juegos de mesa no sólo sirven para distraer o divertir, también influyen de manera significativa en nuestro aprendizaje y en mejorar la adaptación social. Por lo que algunos pueden ser muy educativos como es el juego del ajedrez, y nos ayudan para desenvolver capacidades motoras, mentales y sensoriales, manteniendo nuestra mente activa y nos conceden conocimientos mejor a sí mismos.

Centrándonos en los juegos de estrategia, que son el tipo de reflejos para implementar un algoritmo genético que permita a un robot NAO jugar el gato de manera autónoma con un ser humano.

## **Materiales y Métodos:**

En la realización del proyecto se ha utilizado el simulador Choregraphe versión 2.1.4 y el API de NaoQi, desarrollados por Alderaban Robotics para trabajar expresamente con el robot NAO y las librerías de programación OpenCV, para el procesamiento de imágenes, para el desarrollo del algoritmo genético del juego del gato. El código se ha desarrollado en Python 2.7.12.

Profundicemos entonces, más técnicamente en los conceptos relacionados al proyecto.

Basado en el concepto de la Real Academia de la lengua española (RAE), un robot es “*Una máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetivos y realizar operaciones antes reservadas sólo a las personas*”. Algunos robots pueden trabajar por sí mismos u otros necesitan tener constantemente a una persona cerca para manipularlo manualmente.

El robot NAO.

NAO es una línea de robots programables y autónomos puestos a la venta por una empresa francesa conocida como *Aldebaran Robotic*, perteneciente al grupo SoftBank, en el año 2008.

Los robots NAO tienen forma humanoide, y cuentan con un sistema multimedia a bordo basado en Linux llamado NAOqi que hace uso de los recursos disponibles en los robots NAO, incluyendo dos cámaras HD, cuatro micrófonos, un sonar, dos emisores y receptores de infrarrojos, una unidad de medición inercial, nueve sensores táctiles y ocho sensores de presión. También cuenta con Wi-Fi y conexión Ethernet, Un conector USB que nos permite conectar Kinect o el sensor 3D Asus o un dispositivo Arduino. Funcionan con batería. Y tienen 25 grados de libertad, por lo que poseen una amplia movilidad.

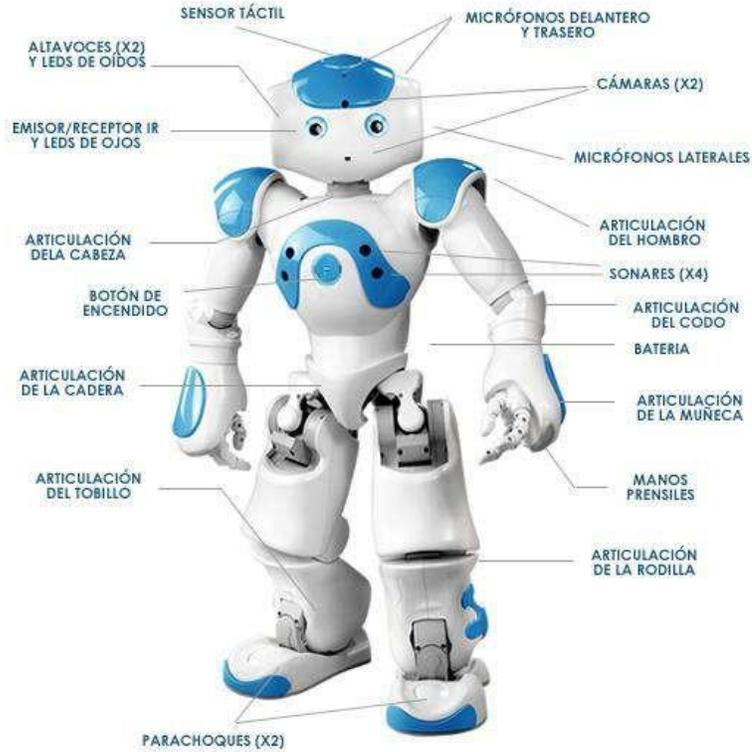


Figura 1.- Componentes que integran a NAO

Las características más sobresalientes se muestran en la siguiente tabla:

Altura	58 cm
Peso	4.3 kg
Energía	Batería Li-Ion, 6 celdas en seria, Vnom=21.6 V, I= 2 A
Autonomía	60 minutos en uso activo y 90 minutos en uso normal
Grados de libertad	Entre 21 y 25 grados retroalimentados.
CPU	Intel Atom @1.6 GHz
Desarrollado en el SO	NAOqi sistema basado en Linux
SO compatibles	Windows, Mac OS, Linux
Lenguaje de programación	C++, Python, Java, MATLAB, Urbi, C, .NET, Visual Basic, entre otros.
Vision	Dos cámaras 1280x960 HD
Conectividad	Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth y comunicación por Infrarrojo.
Sensores	Giroscopio de 2 ejes, Acelerómetro de 3 ejes, Bumpers, Sonar, I/R, Ultrasónicos.

Tabla 1. Tabla de características

Los robots NAO vienen con un paquete de software que incluye una herramienta gráfica de programación que es *Aldebaran Choregraphe*, un software de simulación y un kit de desarrollo software que se describen a continuación.

#### NAOqi OS.

NAOqi es el Framework desarrollado por Aldebaran y usado por los robots NAO, responde a las necesidades básicas de los robots NAO como es la utilización de recursos, la sincronización, eventos, etc., Este framework permite la comunicación entre los diferentes módulos como son los de audio, video, además de la programación y la compartición de recursos de manera homogénea.

El framework NAOqi permite acceder al robot a través de una conexión Wi-Fi para darle órdenes sin necesidad de cargar los códigos en la propia memoria del robot. Por tanto, el framework sirve de puente entre la computadora y el robot NAO, controlando la ejecución de cualquier comportamiento y capturando la información de todos los sensores con el único objetivo de que todo se produzca con éxito y sin incidentes. NAOqi se encuentra tanto dentro del robot, a modo de cerebro, como también en el ordenador desde el que se envían las órdenes.

#### Simulador Choregraphe.

Choregraphe es una aplicación multi-plataforma de escritorio con el fin de facilitar al desarrollador la programación de los robots NAO y que permite trabajar y/o probar los códigos tanto en un robot real como en un robot virtual.

Choregraphe permite diseñar y ejecutar distintos comportamientos, animaciones, accede a los recursos del robot, monitorearlo y controlarlo, e incluso añadirle código “Python”. Choregraphe es una herramienta fundamental para conocer el estado del robot y para poder trabajar independientemente con cada uno de sus recursos.

Todo lo que puedes hacer a través de NAOqi se puede hacer también a través de Choregraphe, ya que Choregraphe tiene acceso a toda la API de NAOqi. Por otra parte, Choregraphe facilita la interacción con el robot NAO ya que proporciona la opción de crear animaciones y programas rápidamente, en ocasiones incluso sin escribir una sola línea de código, tan solo gracias a la interfaz gráfica, sencilla e intuitiva de Choregraphe.

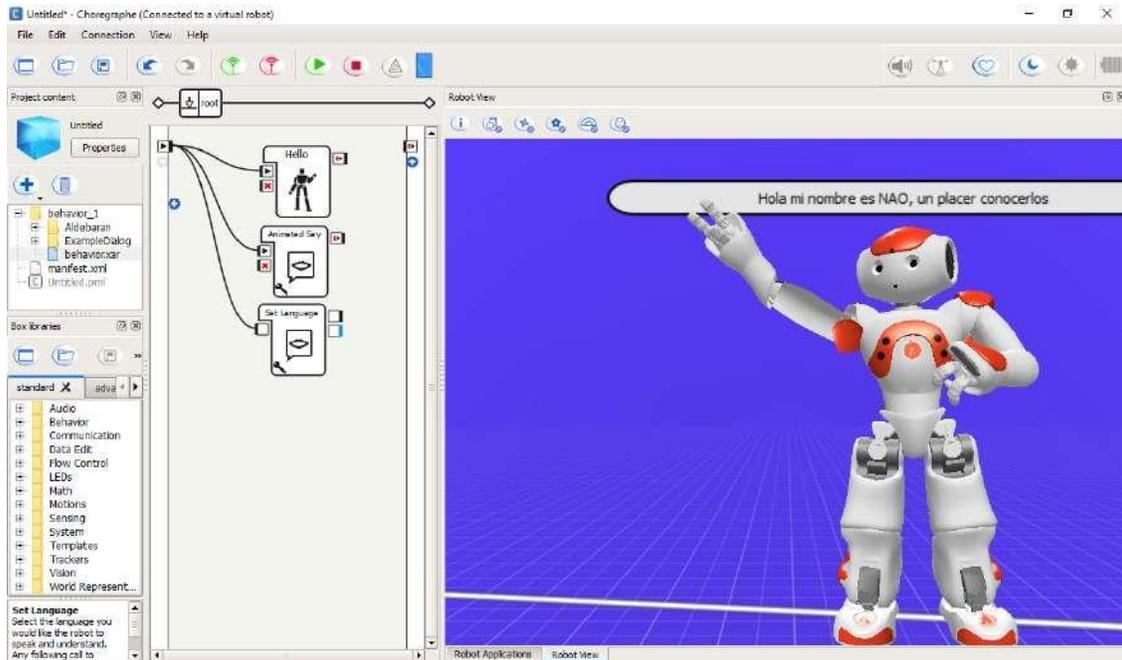


Figura 2.- Captura de Pantalla del programa Choregraphe, modo robot virtual.

## OpenCV.



Open Source Computer Vision es una librería software open-source de visión artificial y machine learning. La librería tiene más de 2500 algoritmos, alguno de estos algoritmos permite identificar objetos, caras, clasificar acciones humanas en vídeo, hacer tracking de movimientos de objetos, extraer modelos 3D, encontrar imágenes similares, eliminar ojos rojos, seguir el movimiento de los ojos, reconocer escenarios, los cuales se usa en aplicaciones como la detección de intrusos en vídeos, monitorización de equipamientos, ayuda a navegación de robots, inspeccionar etiquetas en productos.

OpenCV está escrito en C++, tiene interfaces en C++, C, Python, Java y MATLAB interfaces y funciona en Windows, Linux, Android y Mac OS.

## Python.



Es un lenguaje de scripting independiente de plataforma y orientado a objetos, preparado para realizar cualquier tipo de programa, desde aplicaciones Windows a servidores de red o incluso, páginas web. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, lo que ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad.

Sus principales ventajas son:

- ✓ La cantidad de librerías que contiene, tipos de datos y funciones incorporadas en el propio lenguaje, que ayudan a realizar muchas tareas habituales sin necesidad de tener que programarlas desde cero.
- ✓ La sencillez y velocidad con la que se crean los programas. Un programa en Python puede tener de 3 a 5 líneas de código menos que su equivalente en Java o C.
- ✓ La cantidad de plataformas en las que podemos desarrollar, como Unix, Windows, OS/2, Mac, Amiga y otros.
- ✓ Además, Python es gratuito, incluso para propósitos empresariales.

Ya hemos mencionado los diferentes softwares utilizados para la realización del proyecto, pero la clave principal es la programación que se basó en el lenguaje de programación que es Python en la versión de 2.7.12. ¿Pero qué algoritmo se utilizó?

Durante casi cincuenta años, los investigadores en el campo de la Inteligencia Artificial han tratado de recrear, con algoritmos y fórmulas matemáticas, el funcionamiento del cerebro humano. Si bien la Inteligencia Artificial ha sido capaz de resolver problemas como jugar al ajedrez, optimizar el tráfico aéreo y dirigir la compraventa de acciones de bolsa, a lo largo de los años ha ido degenerando y alejándose de la premisa inicial de emular el funcionamiento del cerebro humano. Hoy en día esta Inteligencia Artificial “*mainstream*” tiene más que ver con la Minería de Datos, la Robótica y la Teoría de Grafos.

Con todo esto ¿Qué son los algoritmos genéticos? Todos los seres vivos que corren actualmente por la tierra son fruto de un largo proceso evolutivo. Por ejemplo en una población de gacelas que son cazadas por los leones, a lo largo de las generaciones sólo las gacelas con rasgos favorables que les ayuden a huir de los leones podrán sobrevivir y pasar sus genes a la siguiente generación de gacelas. Por lo tanto, sus hijos tendrán estos rasgos ventajosos.

Los algoritmos genéticos se inspiran en la evolución natural para solucionar problemas de optimización que de otra forma serían difíciles para un diseñador humano. En vez de una población de gacelas, se tiene un conjunto de soluciones al problema a resolver. Se llama población al conjunto de soluciones e individuo a cada una de las soluciones. El algoritmo evalúa cada una de las soluciones y selecciona las que mejor resuelven el problema.

La estructura de los algoritmos genéticos son procesos iterativos que actúan sobre una población de individuos. Cualquier algoritmo genético puede resumirse en los siguientes pasos:

#### 1. Inicialización

La población inicial puede generarse al azar, pero debe ser lo suficientemente grande y diversa para que durante la evaluación los individuos muestren distintos valores de aptitud.

#### 2. Función de aptitud

La función evalúa cada uno de los individuos de la población y calcula su calidad de acuerdo al modelo que será el individuo más óptimo de cada generación dentro del algoritmo.

### 3. Selección y Reproducción

Hay varias formas de seleccionar a los individuos con la aptitud más elevada para posteriormente crear una nueva generación. Algunas de las más utilizadas son:

- ❖ *Selección proporcional*: cuanto más alto sea el valor de aptitud de un individuo, mayor será la probabilidad de que pase a la siguiente generación.
- ❖ *Selección por torneo*: se eligen varios individuos al azar de la población (por ejemplo 3) y se compara el valor de aptitud. El individuo más óptimo pasará a la siguiente generación. ¿Para qué sirve esto? Hay ocasiones en que es interesante escoger soluciones que no son tan buenas para poder mantener una buena variabilidad genética entre los individuos. Así al mezclar el material genético se exploran soluciones muy distintas.
- ❖ *Selección por rango*: los individuos se ordenan en función de su valor de aptitudes, por lo que la probabilidad que tienen de reproducirse va según a la posición en la que se encuentren.

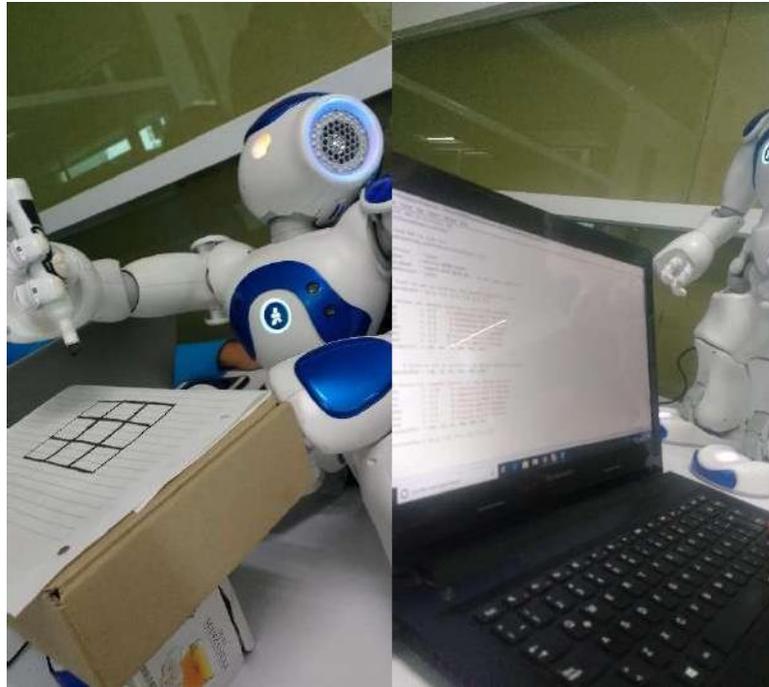
### 4. Cruce y Mutación

Una vez que se han seleccionado a los mejores individuos, el cruce consiste en mezclar el material genético, es decir, la información de cada individuo, para crear los nuevos individuos en otra generación diferente.

La forma más sencilla para la mutación, consiste en elegir un punto al azar de dos individuos e intercambiar el material genético a partir de esta posición. La mutación nos ayuda a encontrar nuevas soluciones al problema.

#### **Formulas y ecuaciones:**

Se implementará el juego del gato para el modo Humano contra el robot Nao. La figura resume los componentes que formarán parte del sistema independientemente de las técnicas de programación.



*Figura 3.- Componentes del sistema.*

Se dispone de un robot NAO v5, una hoja de papel, marcadores de diferente color, un ordenador para realizar el trabajo con buena conexión a internet, de lo contrario no se tendrá buena comunicación con NAO.

La estructura global del proyecto será en tres etapas Visión, Algoritmo y Evaluación.

- Visión

El módulo es para identificar la jugada del oponente, es decir, la del humano. Para ello se desarrollan dos funcionalidades: la captura de imágenes captadas por la cámara posterior (la que se encuentra en la boca del robot NAO), análisis del reconocimiento de imagen dado por OpenCV y determinar en qué posición del tablero se localiza el resultado arrojado por el algoritmo genético.

Para capturar la imagen, el robot NAO debe realizar previamente una secuencia de acciones que incluye movimientos en la cabeza, mover manos y acceder a la cámara inferior para una mejor toma de las imágenes.

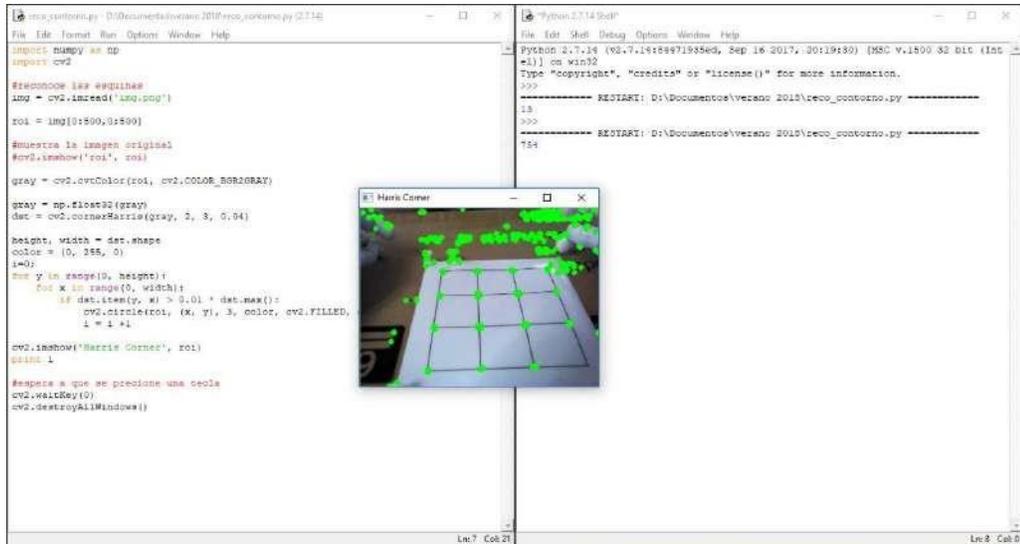


Figura 4.- Captura de Pantalla de codificación para reconocimiento de imágenes utilizando el robot NAO.

- Algoritmo

Codificación del algoritmo genético tomando como origen la primera partida del juego, NAO procederá a ejecutar el código para después analizar las casillas restantes del tablero gracias a las posteriores capturas que vaya tomando con el procesamiento de imágenes para reconocer la casilla y el símbolo. Para entender el funcionamiento del juego se presenta en la figura 4 el diagrama de flujo general para el juego del Gato.

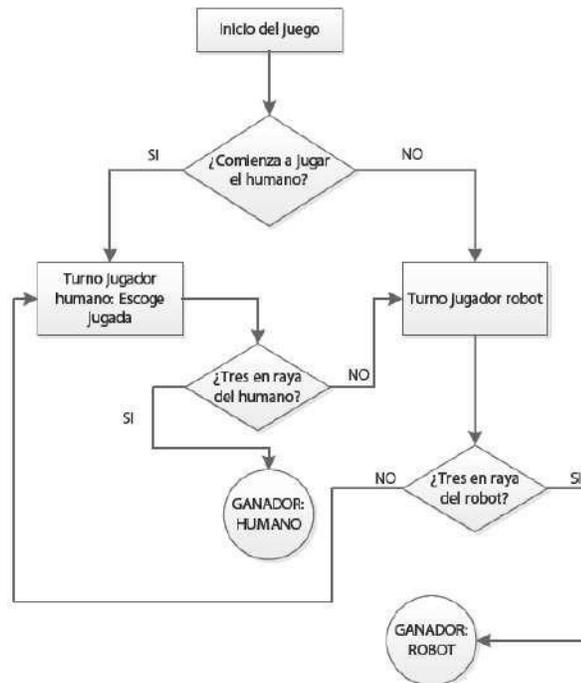


Figura 5.- Diagrama de flujo de la arquitectura general del juego del Gato.

Como se puede observar, el desarrollo del turno del robot NAO no es tan sencillo de realizar como el del humano, por tal motivo, se desglosa en el diagrama de flujo dedicado a la figura 5 para el desarrollo del turno en las partidas del robot.

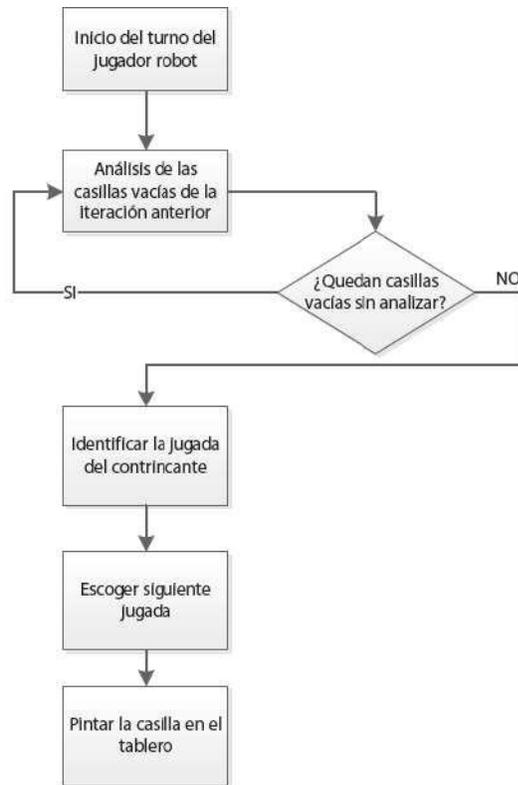


Figura 6.- Diagrama de flujo del turno de NAO.

El objetivo del algoritmo genético aplicado al juego del “gato”, el modelo inicial es la partida del juego, con números del cero al dos, donde el cero corresponde a casilla vacía, el uno al símbolo de las equis y para el dos simboliza a las bolitas. Donde cada individuo de la población será también un array de enteros entre el cero al dos, generados al azar. El modelo que imitar dadas las leyes de la selección artificial dejará optar por aquellos que se parezcan más al modelo. Aunque es probable que algunas generaciones de la población no lleguen nunca a ser idénticas al modelo. Esto se debe a que la evolución es un proceso semialeatorio. La longitud de cada individuo corresponde a nueve, por el total de casillas en el tablero del juego y la dimensión de la población indica la cantidad de individuos que habrá en la población.

La cantidad de individuos que se seleccionan para la reproducción tiene que ser necesariamente mayor a dos, por lo que en el programa se seleccionan tres individuos para ser rigurosos y seguir las convenciones, la variable de presión deberá estar en porcentaje por ejemplo un 0.3 equivale a seleccionar un 30% del total de individuos.

Para la mutación, se estableció la probabilidad de que un individuo modifique sus cromosomas en la fase de reproducción. Por lo que para explorar nuevas soluciones es necesario que existan la mutación.

En el método de la función de aptitudes o beneficios. Dado un individuo, la función comprueba la suma que tiene en común cada símbolo correspondiente a la casilla donde se localice dentro del tablero en los modelos actuales de la partida para asignarle un valor numérico correspondiente. Para que al final del método devuelva el valor fuera de la función se compare con los demás individuo y concluye con seleccionar el mejor modelo de la generación.

El mejor debe ser verificado, dado las posiciones anteriores de la partida, comprueba si no existe alguna posición repetida, en caso de que no, continua para la siguiente ubicación del símbolo del juego y vuelve a ejecutar los procedimientos del algoritmo para que el robot NAO estimule los sensores y continúe jugando.

- Evaluación

En esta sección se describe la caracterización de los movimientos del robot para jugar las partidas en donde se estableció la codificación del programa dentro del entorno de Python interaccionando con el robot NAO mediante la dirección IP, en donde se planteó que el robot NAO se encuentra frente al tablero, donde el tablero se sitúa encima de una caja de cartón simulando una mesa y para dibujar los símbolos en el tablero se desplazan sus manos de acuerdo con las posiciones de las casillas.

El principal objetivo que se debe cumplir es que el robot alcanzara las nueve casillas del tablero sin dificultad.



*Figura 7.- Posición general del robot NAO.*

## **Resultados:**

Todas las pruebas y experimentos fueron realizados en el laboratorio de Sistemas Bio Inspirados del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Guanajuato Campus Salamanca. Se disponía del robot dentro de las instalaciones, y por seguridad solamente se puede utilizar el robot dentro del laboratorio, por lo que resultó una desventaja ya que las conexiones de Internet dentro del plantel no fueron las adecuadas para las pruebas de movimientos en el robot y esto ocasiona el sobrecalentamiento de los motores internos del robot NAO, perjudicando en gran parte a los avances del proyecto.

Para realizar las pruebas básicas del algoritmo del juego y del análisis de la jugada únicamente se utilizó un ordenador y el robot; se compilo el algoritmo dentro del IDE donde en consola de la pantalla se simulo el entorno real del juego, añadiendo las posiciones mediante el teclado y el genético obtiene la posición de la casilla más optima, para darla a conocer mediante un comando de voz a través del NAO.

## **Discusión y conclusiones:**

Para concluir, con la realización de este proyecto quedan abierta muchas nuevas líneas de investigación y utilización de otras técnicas de programación que nos podrían mejorar el funcionamiento del sistema y optimizar la duración de cada partida.

Finalmente, se procede en el mundo de la robótica, que cada vez existen más líneas de investigación relacionada a los temas de inteligencia artificial, que se sitúan entre el aprendizaje, la visión artificial y la aplicación de los diferentes algoritmos.

Por otro lado, he aprendido a desarrollar programar en lenguaje Python. Reconozco que es un lenguaje para desarrollar aplicaciones y esto añade mucho más valor al conocimiento adquirido con respecto a trabajar con el robot NAO, el conocimiento obtenido tiene mucho valor ya que es uno de los robots más vendidos a nivel mundial en los últimos años. Utilizar las paqueterías correspondientes me han proporcionado grandes habilidades y también me han permitido conocer de primera mano lo que corresponde trabajar tomando en cuenta la seguridad, imprevistos e inestabilidades que existen al momento de trabajar con robots.

## **Agradecimientos:**

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi familia por todo el esfuerzo, el apoyo y la confianza que han depositado en mí en las estancias de verano realizadas. Sin ellos estar donde estoy hubiera sido imposible. Gracias por todo.

Agradecer a mis profesores por la enseñanza brindada en especial al M.C. Raúl Juárez y a la M.C. Almendra María Peña, profesores de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Información, por la enorme cantidad de cosas compartidas y despertado aún más mi interés por la investigación.

Por supuesto, al equipo de trabajo coordinados por el Doctor Horacio Rostro del Departamento de Ingeniería del campus Salamanca de la Universidad de Guanajuato, porque día a día intentamos dialogar y sobre todo a escuchar, para saber interpretar distintos puntos de vista y a trabajar en equipo para la realización de los proyectos relacionados a las investigaciones de las estancias de verano de los compañeros de distintos estados del territorio nacional; por lo que agradezco el entusiasmo compartido por cada uno para la realización del Proyecto de la Implementación del algoritmo genético sobre el juego del “Gato” en el robot humanoide NAO.

### **Referencias:**

Barrientos Cruz Antonio. Fundamentos de robótica. McGraw-Hill,2007. 8448156366, 9788448156367.

Gestal, Marcos; Rivero, Daniel; Rabuñal, Juan Ramón; Dorado, Julián, Pazos Alejandro. Introducción a los Algoritmos Genéticos y la Programación Genética. Coruña, 2010. 978-84-9749-422-9.

Alderaban Robotics (2018, Junio). NAOqi Documentation. Obtenido de <http://doc.aldebaran.com/2-1/index.html>

Alderaban Robotics (2018, Junio). Robot NAO. Obtenido de <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/robots/nao>

Python (2018, Junio). Python 2.7.15 Documentation. Obtenido de <https://docs.python.org/2.7/contents.html>

Meetup(2018, Julio). Introducción a los Algoritmos Genéticos en Python. Obtenido de <https://www.meetup.com/es/Python-Sevilla/events/240052236/>





*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018  
Memorias*

## POLÍMEROS REFORZADOS CON FIBRAS DE BASALTO EN SUSTITUCIÓN DEL REFORZAMIENTO TÍPICO CON ACERO EN PISOS INDUSTRIALES

**Pedro Cruceño García**

[pedrocruceno@hotmail.com](mailto:pedrocruceno@hotmail.com)

**Dr. Alejandro Herrera Duran**

[alejandro.duranhr@gmail.com](mailto:alejandro.duranhr@gmail.com)

Universidad Autónoma de Nuevo León

### **Resumen:**

La siguiente investigación que se realizó tiene la finalidad de hacer una comparativa entre los diferentes materiales para la construcción como lo es el acero de refuerzo normal y las fibras continuas de basalto. En la actualidad las construcciones que se realizan en el mundo son principalmente de materias primas tales como el acero de refuerzo que aporta la rigidez, y forma de la estructura, así como también el concreto que juega un papel muy importante en el ámbito de la construcción, el cual junto con el acero de refuerzo se comportan de una mejor manera contra las cargas de compresión como de flexión. El uso del acero de refuerzo es primordial en las construcciones por su facilidad para obtenerlo en el mercado que de acuerdo a las especificaciones de un proyecto determinado es el que usaremos para llevar a cabo una obra.

El acero de refuerzo es primordial en la construcción de una obra, sus ventajas son innumerables pero de acuerdo a sus propiedades estando en ambientes adversos tales como la salinidad, la humedad, entre otros es muy propenso a ataques por corrosión, y como consecuencia la vida útil de esa estructura sino se le da el tratamiento tal como es el recubrimiento con el cemento u otro material, la durabilidad de la estructura se verá afectada por los efectos de la corrosión que es el principal problema del acero de refuerzo.

Como una alternativa para suplementar el acero de refuerzo en la construcción se planteó el uso de fibras poliméricas reforzadas de basalto, por su naturaleza no corrosiva, el cual pudiese ser de gran utilidad o de remplazo del acero de refuerzo convencional en climas extremos o exposiciones severas de salinidad.

Las fibras poliméricas de acuerdo a estudios realizados proporcionan una mayor resistencia a la fatiga, alta rigidez y baja densidad comparado con el acero u otros materiales no ferrosos.

El comportamiento mecánico del refuerzo con polímeros reforzados con fibras PRF difiere del comportamiento del refuerzo con acero.



Debido a que los materiales de PRFB son anisotrópicos y se caracterizan por una alta resistencia a la tracción la cual es superior a la del acero



Por lo tanto, se necesitan cambios en la filosofía de diseño de las estructuras de hormigón que utilizan el refuerzo PRF



Construcción de puente reforzado con PRFB por la universidad de Miami



Este estudio nos permitirá valorar el comportamiento de los elementos de concreto reforzado con PRFB frente al acero de refuerzo

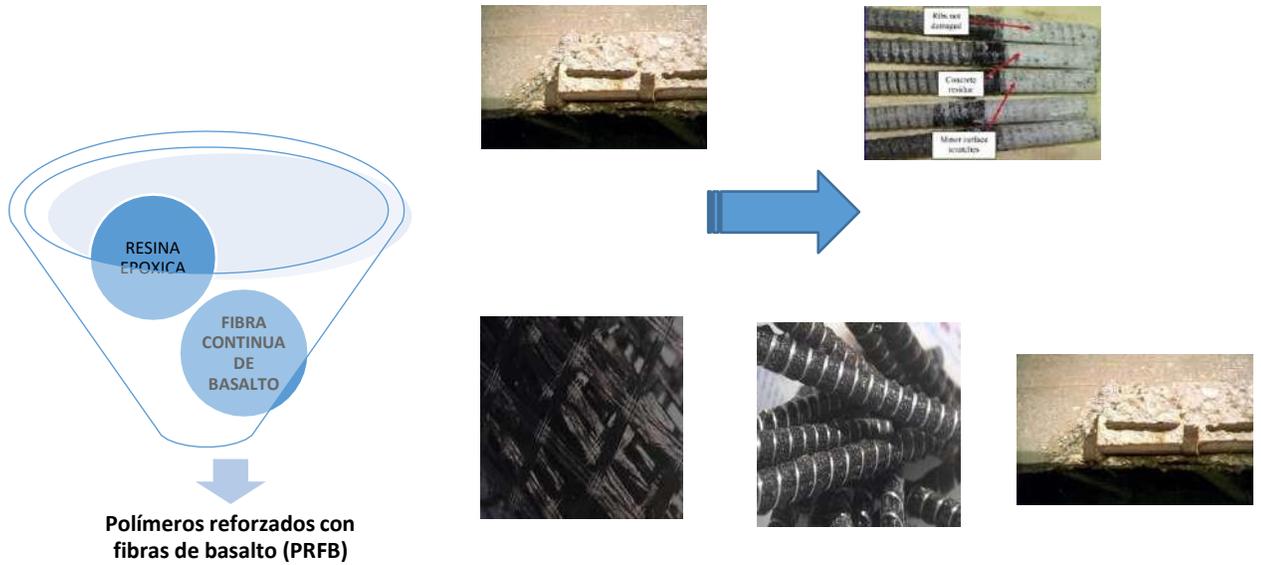
Palabras clave: **Polímeros reforzados, resistencia, durabilidad.**

### Introducción:

Los materiales de polímeros reforzados con fibras de basalto, han surgido como un material alternativo de refuerzo para estructuras de concreto, con configuraciones muy similares a las opciones de acero que actualmente se encuentran en el mercado, tales como: varillas, mallas y fibras continuas de basalto. Los polímeros reforzados con fibras de basalto son un material compuesto de una resina de polimérica y fibras continuas de basalto, de naturaleza no corrosiva, lo cual representa una gran ventaja para las estructuras cuyo principal problema es la corrosión en el acero de refuerzo, adicionalmente estos materiales son ligeros comparados con el acero, con propiedades dieléctricas, resistencia a la tensión garantizada superior a la del acero y un material de refuerzo alternativo y verde,

Sin embargo en México esta tecnología es aun nueva y se desconoce en su totalidad el uso adecuado, dosificación o las pruebas de control de calidad que se deben emplear para que se vuelvan materiales de innovación en el ámbito de la construcción, además su baja demanda de energía para fabricarse es aproximadamente la tercera parte de lo que se utiliza para producir acero, lo cual hace de los polímeros reforzados con fibras de basalto un material más ecológico.

Como se mencionó anteriormente esta investigación se centró en la comparación y experimentación con los polímeros reforzados con fibras de basalto



### Objetivo general:

Evaluar el desempeño por medio de ensayos mecánicos, en elementos estructurales, empleando como materiales de refuerzo estructural a los polímeros reforzados con fibras de basalto PRFB y acero, para valorizar la factibilidad que tienen los PRFB como alternativa de sustitución al acero en elementos estructurales de concreto reforzado.



### **Objetivo específico:**

Durante la investigación se pretende no solo hacer pruebas con losas, que en este caso se asemejarían a los pisos industriales que son el objetivo del tema a investigar, sino que también se realizaran pruebas con otros especímenes como lo son

- Realizar ensayos mecánicos utilizando la normativa internacional ISO 10406-1-2015 para fibras de polímero reforzado con fibra (PRF) como refuerzos o elementos pretensados en concreto,
- Diseñar los pisos industriales y pisos de uso habitacional de concreto reforzado conforme a recomendaciones de diseño ACI 360R-06
- Realizar una comparativa del desempeño mecánico de las diferentes configuraciones de los PRFB frente al acero estructural, por medio de parámetros estadísticos.
- Valorizar la factibilidad que tienen los PRFB, para ser utilizados como material alternativo de sustitución al acero en dichos elementos estructurales de concreto.

### **Materiales y métodos**

El concreto juega un papel muy importante, debido a que solo el acero de refuerzo de pretender sustituir por lo que es de mucha importancia tomar muy en cuenta la selección de los agregados así como un diseño de mezcla bien realizado, para obtener los resultados óptimos. Los materiales a utilizar son; Agua, Cemento, Grava, fibras de basalto, acero de refuerzo, entre otros. Por lo que para empezar con el proyecto se realizó la caracterización de los agregados.

#### **Las pruebas a realizar son las siguientes para los agregados pétreos;**

1. Muestreo
2. Reducción de la muestra por método de cuarto.
3. contenido de humedad total de los agregados por secado.
4. Peso volumétrico.
5. Granulometría.
6. separación o clasificación de los materiales.
7. Material que pasa la malla # 200
8. Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino.
9. Absorción de los agregados.

Para realizar la investigación sobre el tema se realizaron pasos importantes para realizar adecuadamente el procedimiento desde la selección cuidadosa de los materiales así como la dosificación adecuada a la hora de hacer la mezcla de concreto de acuerdo a las normas mexicas.



**Figura.1- Método de cuarteo de la muestra.**  
A lo establecido en la NMX-C-170



**Fig. 2- contenido de humedad total de los agregados por secado**



**Figura 3- Prueba de separación de material en greña**



**Figura 4 – prueba de peso volumétrico compactado. Establecido en la NMX-C-**



**Fig. 5- Granulometría de acuerdo a prueba lo establece la NMX-C-077.**



**Fig. 5- Obtención de los resultados**



**Fig. 6- Material que pasa por la malla 200**



**Fig. 7- Densidad de la arena**



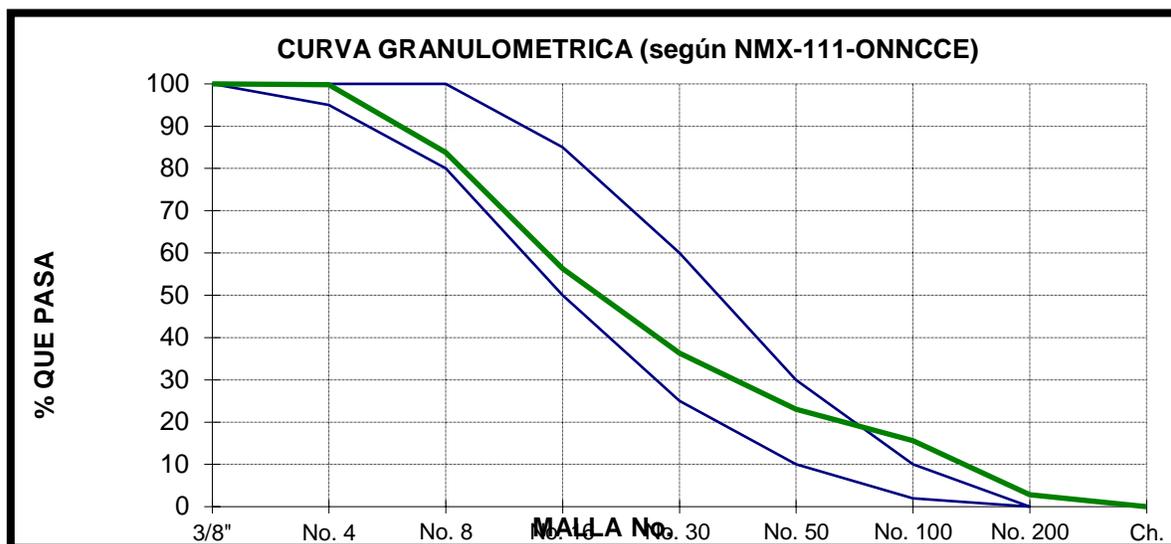
**Fig. 8- Prueba de determinación de impurezas orgánicas**

**Resultados:**

Después de haber obtenido los resultados en la clasificación de los materiales se procedió a realizar un registro de los datos obtenidos para seguir con el diseño de la mezcla, la que se utilizara posteriormente en los ensayos de las losas de concreto, las vigas y los cilindros, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Resultados de caracterización de materiales:**

Agregado	Caracterización	Agregados normales (Martín)	Agregados reciclados
<b>Grueso</b>	PVSS $kg/m^3$	1460	1350
	PVVS $kg/m^3$	1550	1450
	Densidad $g/cm^3$	2.76	2.48
	TMNA $mm$	19	9.5
	% Humedad	0.083	4.08
	% Absorción	0.35	5.47
<b>Fino</b>	PVSS $kg/m^3$	1720	1320
	Densidad $g/cm^3$	2.65	2.36
	% Absorción	2.14	9.22
	% Humedad	0.167	12.025
	Módulo de finura	2.85	3.33



Los resultados de la gráfica muestran la granulometría de la arena utilizada en los especímenes de prueba.

**Diseño de mezcla para la fabricación de los especímenes de concreto**

**Con un f'c de 200 kg/cm2**

(En este caso se ensayó primero en los cilindros de 10x15 y 15x30)

MATERIALES	Peso Kg/m3	Densidad	Volumen en litros
CEMENTO	292.86	3.0	97.62
Agua	205	1	205
GRAVA	945.5	2.76	342.57
Aire	-	-	20
arena	887.25	2.65	334.81

Una vez obtenido el diseño de la mezcla de concreto que se pretende usar en la investigación se llevó al laboratorio para realizar la mezcla, para verificar si la resistencia era la adecuada se decidió ensayar con cilindros, los especímenes en este caso son cilindros de 10x15 y 13x30 los cuales se les realizaron para obtener la resistencia óptima para pasar a los ensayos con los de polímeros reforzados con fibras de basalto

Se realizaron pruebas de compresión para verificar el diseño de la mezcla las pruebas se realizaron a los 7, 14, 21, y 28 días para tener un control del diseño, i corregir detalles de la mezcla si fuese necesario los resultados fueron los siguientes:

Edad del espécimen	Resistencia kg/cm2
7	162 kg/cm2
14	181 kg/cm2
21	185 kg/cm2
28	195 kg/cm2

Resultados obtenidos en las pruebas a compresión

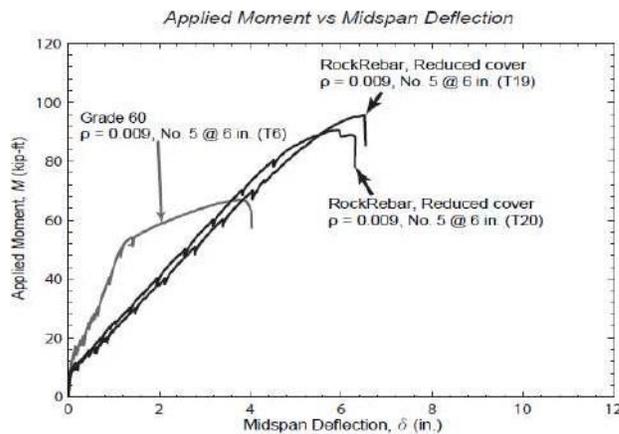


Fig. 9 Ensayo de cilindros



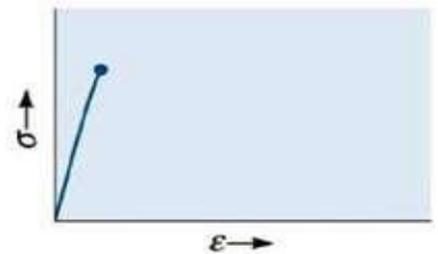
Fig. 10 Ensayo de cilindros en la prensa hidráulica

Obtenidos los resultados de las pruebas en cilindros la siguiente fase de la investigación se centrara en el ensayo con los polímeros reforzados con fibras de basalto para ello se usara varillas del polímero así como fibras continuas de basalto para sustituirlas con la malla electro soldada

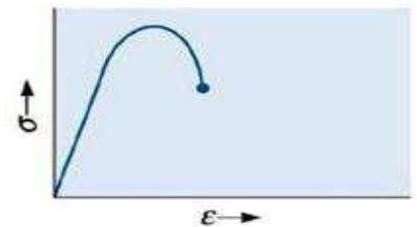


La investigación continua y estos son los avances obtenidos en la estancia del verano de investigación. La siguiente fase comprende ensayar en losas con los polímeros sustituyendo el acero de refuerzo.

(d) Ceramics, glasses, and concrete



(a) Metal



### **Discusiones y conclusiones:**

Del presente proceso de investigación experimental se han determinado algunas conclusiones, ya que el proceso de investigación tiene continuidad con el investigador local, algunas de las conclusiones establecidas son: El comportamiento mecánico del refuerzo con PRFB difiere del comportamiento del refuerzo con acero, por lo cual se necesitan cambios en la filosofía del diseño., la limitación de los usos de PRFB puede atribuirse a la falta de investigación fundamental y ensayos mecánicos exhaustivos necesarios para establecer las comparativas con el acero.

### **Agradecimientos:**

En especial le agradezco a todo el equipo de investigadores maestros, alumnos que nos asistieron y nos permitieron formar parte de esta investigación y sobre todo a todos los compañeros alumnos de las diferentes escuelas que estuvimos presentes en esta parte de la investigación, que de alguna manera nos ayuda a fomentar el ámbito de la investigación aportando nuevos conocimientos para ser mejores profesionistas en el ámbito laboral.

### **Referencias.**

ACI, <<440.2R-08 guide for the design and construction of externally bonded fiber basalt fiber reinforced polymer>> American Concrete Institute Farmington Hills, USA, Julio 2008.

Inman << A mechanical and Environmental Assessment and comparison of Basalt Fiber Reinforced Polymer (BFRP) rebar and steel rebar in concrete beams >> Energy Procedia, pp 331-40, 2017.

Eamon C. Jensen, <<Life cycle cost Analysis of Alternative reinforcement materials for superstructures considering cost and maintenance uncertainties, >> Journal of Materials in Engineering, vol. 24 No 4 pp 373-380, 2012.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018*

**Memorias**

## **DESARROLLO RECURSOS TECNO-EDUCATIVOS**

Yadhira Natividad Bello Castro (Becario)  
Facultad de Ingeniería de la UAGro  
Programa Delfín  
[yadhica35@gmail.com](mailto:yadhica35@gmail.com)  
Área VII: Ingeniería e Industria

Dr. Claudia Marina Vicario Solorzano (Asesor)  
Profesor-Investigador del IPN  
[marina.vicario@gmail.com](mailto:marina.vicario@gmail.com)

### **Resumen**

Al darnos a conocer las principales necesidades que se tiene en la actualidad de desarrollar recursos educativos basando en las tecnologías más recientes, se buscó la forma de contribuir con las asociaciones encargadas del desarrollo de estos recursos. Gracias a la asesoría de la investigadora, ahora sabemos que existen este tipo de empresas que están ligadas a los sectores más importantes en el ámbito educativo. Para todo esto se debe entender cuáles son las instituciones que colaboran en su desarrollo y de qué forma asociarnos y ayudar para este crecimiento de tecnología educativa. Como ciudadanos interesados en la mejora de nuestro país podemos ayudar a las demás problemáticas que existen, levantando PyMEs, y capacitándonos en los avances que se presentan hoy en día como lo es la industria 4.0 y sus diversos recursos que contribuye a los proyectos en las distintas empresas.

**Palabras clave:** Red late, PyMEs, Tecnología educativa, Industria 4.0.

## **Introducción:**

Los problemas sociales de México son aquellas situaciones que aquejan colectivamente a los ciudadanos mexicanos residentes en el territorio y que tienen como origen diversas causas. (“Los 15 Problemas Sociales de México Actuales Más Graves - Lifeder,” n.d.) para poder entender exactamente lo que se presentó en este proyecto, se necesita conocer las principales problemáticas de nuestro país que es de interés, entre ellos se encuentran la pobreza, el desempleo, explotación infantil, corrupción, la falta de derecho a la salud, y sobre todo el descuido a la educación. Es importante saber que existen asociaciones que se preocupan por solucionar estos problemas como las llamadas PYMES las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) constituyen el 95 % del tejido empresarial internacional, en lo que significa el porcentaje más significativo dentro de la malla empresarial mundial (“Creación y Desarrollo de PYMES | Formato Educativo,” n.d.) y que hace que poco a poco se creen redes importantes que contribuyan a la solución de estos problemas. En este caso enfocados en la contribución para mejorar el problema educativo que se presenta en toda la ciudadanía mexicana.

Se sabe muy bien que con cada día que pasa el desarrollo de la tecnología va en incremento, el detalle es que muy poco se ha utilizado para contribuir a la educación. Gracias a empresas preocupadas por la educación en el país ha logrado aportar poco a poco creando técnicas educativas eficientes utilizando software y hardware que estimula el aprendizaje que cada alumno dependiendo el grado académico en el que se encuentre. La Red que ha logrado aportar es la RED LATE se hace un recuento de nuestra vocación tecnológica como país en el rubro educativo, particularmente como desarrolladores de software educativo, y más delante de plataformas informáticas para la educación, bibliotecas digitales, recursos multimediales y ahora contenidos para ambientes virtuales y a distancia (Red Innova Cesal, n.d.) por lo tanto es la mas grande asociada al CONACYT y la más preocupada por la resolución de este problema.

## **Materiales y métodos:**

En el desarrollo de este proyecto primeramente se tuvo estar en contante investigación. Al inicio se nos fue encomendado saber quienes eran los encargados de la red LATE y como funcionaba esta red. Y con eso saber de que manera podíamos contribuir en ella. Afortunadamente la investigadora, la doctora Claudia Marina Vicario Solorzano es la encargada de esta red y fue quien proporcionó los datos y la información necesaria para empezar a contribuir. La Red Temática Mexicana para el desarrollo e incorporación de tecnología educativa, conocida como Red LaTE México, en adelante la Red, es un foro conformado por una red de investigadores, líderes académicos, expertos de la industria y ciudadanos comprometidos con las políticas educativas, culturales y científico-tecnológicas; dedicados a la investigación, innovación y desarrollo tecnológico

especializado o interesados en la formulación de iniciativas legislativas asociados a temas de informática educativa, cómputo educativo, robótica pedagógica y en general todas las áreas afines a la tecnología educativa. (“Red LaTE México – Red LaTE México,” n.d.) Así surgió la iniciativa RED LATE que se configura como una Red y Laboratorio Tecnopedagógico distribuido.

El grupo fundador de la Red LATE determinó entonces la pertinencia de participar en la convocatoria 2016 de Redes Temáticas CONACyT para dar nacimiento formal a la Red desde una perspectiva socio tecnocientífica con un aval nacional y que durante ese primer año se integre el documento del proyecto de Laboratorio con los compromisos precisos de proyectos conjuntos para presentarlo posteriormente en 2017 a la convocatoria de Laboratorios Nacionales también del CONACyT. Cabe resaltar que esta iniciativa está siendo coordinada desde la Red de Investigación en Computación del IPN que cuenta con un Grupo de Especialidad en Cómputo Educativo cuyos integrantes han formado parte de las mesas de trabajo antes descritas. De igual forma vale señalar que entre los líderes convocados desde 2015 están líderes de incorporación de tecnología de los estados, representantes del gobierno, miembros de ONG’s, dueños de PyMEs e investigadores de instituciones académicas de prestigio.

La doctora Marina también proporciono materiales y tareas que fueron esenciales para participar en la red. Dentro de los materiales proporcionado fueron: Conferencias de las redes temáticas para estar enterados de que otras mas existe y como apoyar, conferencias con otras personas que están dentro de la red, así como trabajos de desarrollo de tecnología tales como tarjetas integradas, robots, programas enfocados a el aprendizaje y las tesis enfocadas a estos temas, así como los principales objetivos de un laboratorio enfocado al desarrollo de tecnología educativa.

Con cada una de esas herramientas fue necesario trabajar, la primera contribución fue la transcripción de una conferencia para el libro de redes temáticas de CONACyT. También a las tesis con información educativa y tecnología, se elaboró el estado del conocimiento para su publicación en las paginas de CONACyT, este estado hablo sobre el uso de la robótica para la enseñanza de la física en especial el tema de tiro parabólico utilizando Legos el cual es ya una tendencia en otras escuelas pues el reflejo de los resultados es sumamente positivo ya que El creciente desarrollo tecnológico ha implicado el despertar de las nuevas estrategias de enseñanzas en diferentes niveles educativos, tal es el caso de las enseñanzas en el nivel secundaria en la materia de física, en especial para la enseñanza del tiro parabólico. El pionero en la inteligencia artificial Seymour Papert “hacía posible que los niños las usaran y programaran” (Stager, 15.09.2016) esto lo menciona el autor Stager en su artículo en la revista Natural, donde nos muestra la importancia que le daba Papert a la enseñanza sobre las tecnologías, en su caso la inteligencia artificial, a los niños. Retomando esta idea el autor de la tesis presentada, indica así que es necesario

fomentar la aplicación de enseñanza robótica para sus clases de física, sobre todo en los temas de tiro parabólico, con los materiales lego.

A diferencia de años anteriores, contamos con una diversidad de recursos didácticos que pueden apoyar la labor del profesor para que el aprendizaje en los alumnos mar y entre las personas más populares para el estudiante de hoy se encuentra el uso de las TIC'S, en la cual se incluye la Robótica Lego Mindstorms®, la cual contribuye al desarrollo y fortalecimiento de habilidades, así mismo a la construcción del conocimiento, ya que el lego al ser manipulado por los alumnos facilita la aprehensión del mismo, pasando de lo abstracto a lo concreto, teniendo como resultado el aprendizaje deseado a través del proceso "aprender haciendo". (Lamoyi Villamil, 2011) nos defines los autores Lamoyi y Lourdes las actualizaciones en la enseñanza con este tipo de materiales que nos define el autor de la Tesis, pues así podemos ver cual importante es y ha sido este tipo de aplicaciones en las aulas.

Hace seis años, profesores del área diseñaron el método de enseñanza con prototipos, llamado ABProt, que consiste en desarrollar la creatividad, el pensamiento científico y la solución de problemas en los alumnos de esta institución privada (Vargas, 2016) con esto podemos confirmar que se a aplicado este tipo de actividades en otros lugares, como lo mencionan en este artículo, la autora Ana Vargas, menciona que se ha dado ya las clases en la universidad en el valle de Puebla, mejorando así la memorización y aprendizaje de los temas que se deseen enseñar.



Figura 1: aprendizaje con lego.

Desde ahora se dice que hace tiempo se discute, se implementa y se invierte en tecnología dentro de la sala de clases (Cáceres, 10.09.2011) por tanto hablaremos sobre el tema. De esta manera, se corroborarán las posibilidades de aprendizaje para la programación de robots (Nope, 01.01.2011) pues podemos ver que La robotización, es decir, los sistemas automatizados, se encuentran en casi todos los sectores de la sociedad (Tello-Leal, 01.07.2013) por tanto se ha implementado el desarrollado como herramienta

pedagógica que permite afianzar el aprendizaje en la construcción, implementación y manipulación de robots utilizando piezas Lego[R] (Lancheros, 2010)

Así que con todos los antecedentes y la información que se presenta, se puede concluir que, para poder enseñar de una manera más eficiente, se debe de hacer unos cambios en las clases, y una forma muy buena es el aplicar la tecnología, la inteligencia artificial y la robótica para una mejor explicación del tema, como el caso de la propuesta de esta tesis y la aplicación de enseñanza con robótica para los temas de física y por supuesto a través de materiales moldeables con lo que es lego entre otros que se acoplen a las actividades. LEGO Mindstorms es un juego que se usa como herramienta para el aprendizaje de distintas áreas de conocimiento. (Jiménez-Pinzón, 2014) implementación de la robótica en la educación (Lopez Ramires, 2013) distintas instituciones han implementado las enseñanzas con robótica. El presente trabajo identifica y analiza las habilidades cognitivas que el alumno desarrolla cuando ha tenido la experiencia de observar, identificar, interpretar y explorar un problema real a través de un proyecto (García Rodríguez, 2011)

Con las herramientas física fue necesario investigar su uso y de qué forma podría implementarse para la enseñanza de algún tema. (ver figura 2)



Figura 2: materiales para estudio y desarrollo educativo.

En este caso con la herramienta de la tarjeta integrada de nombre micro bit la cual es un circuito integrado creada en septiembre del 2015 en Reino Unido, para enseñar a los niños a programar, y descubrir las maravillas de la programación y la robótica dicha tarjeta es un tablero que mide 4cm x 5cm, tiene un procesador ARM Cortex-M0 , acelerómetro y sensores de magnetómetro, Bluetooth y conectividad USB, una pantalla que consta de 25 leds , dos botones programables y puede ser alimentado por USB o un paquete de baterías externo. Con estas herramientas y otras extras se crearán grandes proyectos. (ver figura 3)



Figura 3: Tarjeta micro bit empaquetada.

No puedo dejar fuera la idea de también forma parte de la información que se tienen sobre las actualizaciones de las empresas, conocido como industria 4.0, La era de la información ha hecho posible que podamos acceder cada vez a más información, pudiendo procesarla y compartirla a la velocidad a la que viaja una onda electromagnética. Esto ha transformado el modo en el que consumimos y el modo en el que nos relacionamos, creando grandes redes de intercambio de datos que renuevan nuestra idea de lo individual y de lo colectivo.

La industria 4.0 o cuarta revolución industrial está destinada a revolucionar la industria de la fabricación y producción gracias al Internet de las cosas, la computación en la nube, la integración de los datos y los avances tecnológicos de los sistemas de producción y fabricación. La definición de la industria 4.0 es la tendencia a la automatización y el intercambio de los datos en las tecnologías de fabricación mediante tres elementos principales: el Internet de las Cosas, los Sistemas Cibernéticos Físicos y la Computación en la nube.

La industria está en medio de una transformación digital acelerada exponencialmente por tecnologías en pleno crecimiento, como los sensores, la robótica (automatizará aún más los procesos), los drones (transformarán la logística), la impresión 3D (en lugar de comprar productos, compraremos los planos y los fabricaremos nosotros, cuando queramos y en la cantidad deseada), el internet de las cosas (todo estará conectado), el Big Data (organizaremos esa gran cantidad de información) y la realidad aumentada (realizaremos el mantenimiento de los activos gracias al examen a través de un dispositivo tecnológico).

Estas tendencias no suponen únicamente un aumento de la automatización de la producción (cosa que lleva sucediendo desde los años 70 con el desarrollo de la electrónica y las tecnologías de la información), sino una aproximación totalmente disruptiva a la manera en que producimos y entendemos la totalidad de la cadena de valor.

## Resultados:

Ya que en el Instituto Politécnico Nacional se cuenta con un laboratorio de desarrollo de recurso tecno educativos, fue ahí donde se pudo desarrollar un pequeño juego con objetivo educativo para niños de nivel primaria que están cursando 3° de primaria, para eso se siguieron estos pasos:

1.- Hacer uso de tu lógica y buena habilidad, debes buscar la forma de poner los números en pantalla de forma aleatoria hasta el 9, pues esto nos hará recordar las tablas básicas de multiplicar.

2.- los botones deberán tener funciones, uno de ellos verificara si el resultado es verdadero, de ser así saldrá una palomita o de lo contrario un X, el otro botón será el de falso, su función será lo contrario.

3.- el resultado debe ser aleatorio en el rango del 0 hasta el resultado.

Para que la tarjeta pudiera hacer todo esto fue necesario conocer que tipos de lenguajes ocupaba esta tarjeta, entre ellos se encuentran Python, JavaScript, scratch, entre otros más, en este caso se programó en bloques usando MakeCode (ver figura 4)

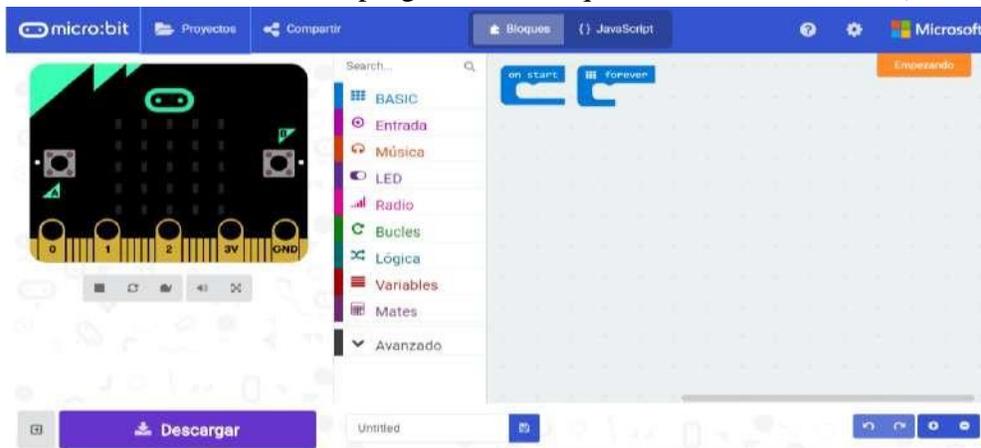


Figura 4: ambiente de desarrollo de nombre MakeCode que puede encontrarse gratuitamente en línea.

Usando estas herramientas se programó de acuerdo con lo que se tenía ya planeado para posteriormente pasarlo a la tarjeta una vez que ya el código este correcto para no tener errores al momento de trasladarlo a la tarjeta física, esto será a través de un cable USB, quedando el código de la siguiente manera (ver figura 5)



Figura 5: programación a bloques para crear programa de tablas de multiplicar aleatorias.

Este proyecto fue presentado delante de la doctora Marina Vicario quien lo aprobó y unió a los documentos de desarrollo tecno educativo. Después de que el código fue aprobado se procedió a descargar e instalarlo en la tarjeta (ver figura 6)

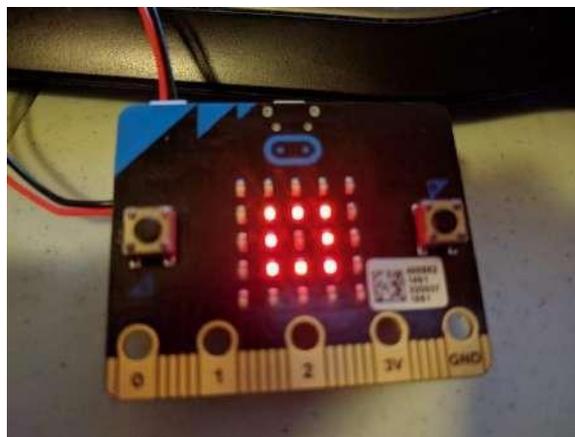


Figura 6: marcación del panel de leds en la tarjeta programada para el juego multiplicaciones aleatorias.

### Discusión y conclusiones:

Gracias a todas las herramientas proporcionadas puedo concluir que es importante saber de todo lo que actualmente se está manejando en el ámbito empresarial, así como las innovaciones tecnológicas en el área educativa. Aun hay mucho por hacer esto fue solo una parte de todo lo que se puede desarrollar, y lo que logre aportar para la solución a la problemática educativa. No descarto la idea de poder formar parte de una de estas empresas que se encarguen del desarrollo de los recursos tecno educativos pues bien se sabe que es necesario para la actualización de todo un país. Pues la llave del futuro es la tecnología, y que, así como se vive en el área empresaria se viva desde la educación que uno tiene.

Por lo tanto, es necesario empezar a conocer aun mas de lo que esta moviendo y tomas las herramientas para mejorar cada problemática que se tiene actualmente en el país.

### **Agradecimientos:**

Antes que nada, quiero agradecerle a Dios por las oportunidades que da y sobre todo la vida que nos presta para poder cumplir sueños y metas.

También quiero agradecer infinitamente a mis padres que me apoyaron para poder realizar este viaje hasta la ciudad de México y así poder cumplir este sueño de participar en mi primer verano de investigación.

Al programa Delfín por crear este tipo de oportunidades para que estudiantes como yo podamos conocer otras instituciones educativas y con eso conocer el nivel educativo en el que nos encontramos, y sobre todo conocer nuevos temas en las áreas de nuestra vocación. Sin descartar también con eso el hecho de conocer lugares nuevo y personas con otras ideales.

A la Universidad autónoma de Guerrero por el apoyo económico que me brindo para poder realizar este viaje. Y sobre todo el apoyo emocional que produjo que saliera de casa para prepararme aún más.

Al Instituto Politécnico Nacional por abrirme las puertas y poder realizar ahí esta investigación.

A la Doctora Claudia Marina Vicario Solorzano por sus conocimientos transmitidos hacia mi persona, por el curso que se nos otorgo y el tiempo sobre todo ya que es una persona con mucho trabajo.

A mis compañeros de curso, pues cada uno de ellos pudo compartirme parte de su conocimiento y experiencia.

A los chicos del IPN por hacer que mi instancia fuera mejor, al ayudarme con las dudas de trabajo y también por el recorrido por la ciudad y las instituciones que conforman al Politécnico.

## Referencias:

- Creación y Desarrollo de PYMES | Formato Educativo. (n.d.). Retrieved August 26, 2018, from <http://www.formatoedu.com/masters/creacion-y-desarrollo-de-pymes/>
- Los 15 Problemas Sociales de México Actuales Más Graves - Lifeder. (n.d.). Retrieved August 26, 2018, from <https://www.lifeder.com/problemas-sociales-mexico/>
- Red Innova Cesal. (n.d.). Historia de la Red. Retrieved August 26, 2018, from <http://redlate.net/historia-de-la-red-late-mexico/>
- Red LaTE México – Red LaTE México. (n.d.). Retrieved August 29, 2018, from <http://redlate.net/>
- Cáceres, I. P. (10.09.2011). La Tecnología al pizarrón. *Mercurio (Santiago, Chile)*.
- García Rodríguez, M. L. (2011). Trabajos en Proyectos como Herramienta para Fortalecer las Habilidades Cognitivas en los Estudiantes. *Formación Universitaria*, 27-36.
- Jiménez-Pinzón, L. D. (2014). LEGO Mindstorms NXT: Juego como Herramienta de Aprendizaje de Programación . *Lampsakos*, 72-78.
- Lamoyi Villamil, L. B. (2011). *La robótica Lego Mindstorms: un recurso didáctico para fortalecer el pensamiento lógico matemático*. biblioteca UNAM.
- Lancheros, D. J. (2010). Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para el Aprendizaje en la Construcción, Implementación y Manipulación de Robots. *Formación Universitaria*, 3-8.
- Lopez Ramires, P. A. (2013). Aprendizaje de y con Robotica. *Universidad de costar Rica*, 43-63.
- Nope, S. (01.01.2011). Programación de un robot bajo el paradigma del aprendizaje por demostración. *Revista Facultad de Ingeniería*, 142-152.



*6to. Encuentro de Jóvenes Investigadores – CONACYT  
13° Coloquio de Jóvenes Talentos en la Investigación  
Acapulco, Guerrero 3, 4 y 5 de octubre 2018*

**Memorias**

## **DETECCIÓN DE ZONAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS EN SAN JUAN DEL RÍO, QUERÉTARO, MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT**

Yameli Alvarez Agustiniano (Becaria)

Universidad Autónoma de Guerrero, Escuela Superior de Ciencias Ambientales, Carretera  
Cayaco-Puerto Márquez, Campus Llano Largo, 39660 Acapulco de Juárez, Guerrero, México.

Programa Delfín

[alvarez\\_yameli@hotmail.com](mailto:alvarez_yameli@hotmail.com)

Área VII: Ingeniería e Industria

Dr. Christian Eduardo Hernández Mendoza (Asesor)

CONACYT – Universidad Autónoma de Querétaro – División de Investigación y Posgrado,  
Facultad de Ingeniería, Centro Universitario S/N, Cerro de las Campanas, Col. Las Campanas,  
76160 Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

[ceduardo.hernandez@gmail.com](mailto:ceduardo.hernandez@gmail.com)

### **Resumen**

La industria petrolera en México representa una de las principales fuentes de ingreso para el gobierno federal. Siendo esta una actividad industrial primordial para México que no está exenta de accidentes industriales, como son los derrames de hidrocarburos en cualquiera de sus actividades como exploración, producción y distribución. En esta investigación se tiene que analizar el municipio de San Juan del Río para poder identificar las zonas que posiblemente estén contaminadas por hidrocarburos, esto se realizó gracias al uso de los sistemas de información geográfica, ya que es una herramienta capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada.

En la página de internet <https://earthexplorer.usgs.gov/> se ubicaron y descargaron las imágenes Landsat 8 y en ArcGIS se realizaron las combinaciones de las bandas que se descargaron, para detectar la presencia potencial de hidrocarburos en el suelo.

Como resultado final las zonas que aparecen contaminadas son marcadas entre un color más oscuro que los demás. Las dos metodologías dieron resultado para la detección e identificación de hidrocarburos en San Juan del Río, Querétaro.

**Palabras clave:** Hidrocarburo, imágenes landsat, algoritmo.

## **Introducción**

El petróleo representa uno de los recursos naturales más importantes para el país. La industria petrolera en México es la actividad más importante para el sector energético, ya que el 88% de los insumos que ésta requiere para producir energía proviene del petróleo.

Sin embargo, la creciente actividad de esta industria en el país no está exenta de accidentes como son los derrames y fugas de hidrocarburos, que constituyen una de las principales fuentes de contaminación de los suelos, aguas superficiales y subterráneas, lo cual genera daños en la flora y fauna silvestre del sitio afectado.

El seguimiento de un derrame por hidrocarburos, se puede realizar de distintas maneras como son: inspección visual, imágenes satelitales e imágenes aéreas. Cada una de estas técnicas muestra distintas ventajas, como accesibilidad al lugar del sitio contaminado, cobertura del derrame, clima y costos. De las principales herramientas que se utilizan, para el seguimiento de estos, es la inspección visual cuando es de fácil acceso. Pero cuando se trata de derrames de gran escala, se debe tener herramientas con capacidad de escalamiento mayores, como lo son las imágenes satelitales o aéreas.

En la mayoría de los casos, las imágenes satelitales nos proporcionan información relevante del sitio. Las imágenes satelitales abarcan grandes extensiones, no importando las condiciones atmosféricas o lo intrincado de la zona de la que se trate. Además de ofrecer una cobertura temporal importante reduciendo costos, permitiendo monitorear la evolución del contaminante y su remediación. (Hernández, 2013)

Las imágenes satelitales se han usado como un complemento para realizar inventarios de las zonas contaminadas en aquellos lugares en donde se carece de una información fidedigna sobre la extensión de las áreas afectadas. Cuando los contaminantes tienen respuestas evidentes en las ventanas espectrales que manejan los sensores remotos, se permite obtener resultados más confiables que otras herramientas (particularmente trabajo de campo) y facilitan la ubicación geográfica de los lugares contaminados, lo que hace más sencillo su incorporación a los SIG para su posterior análisis.

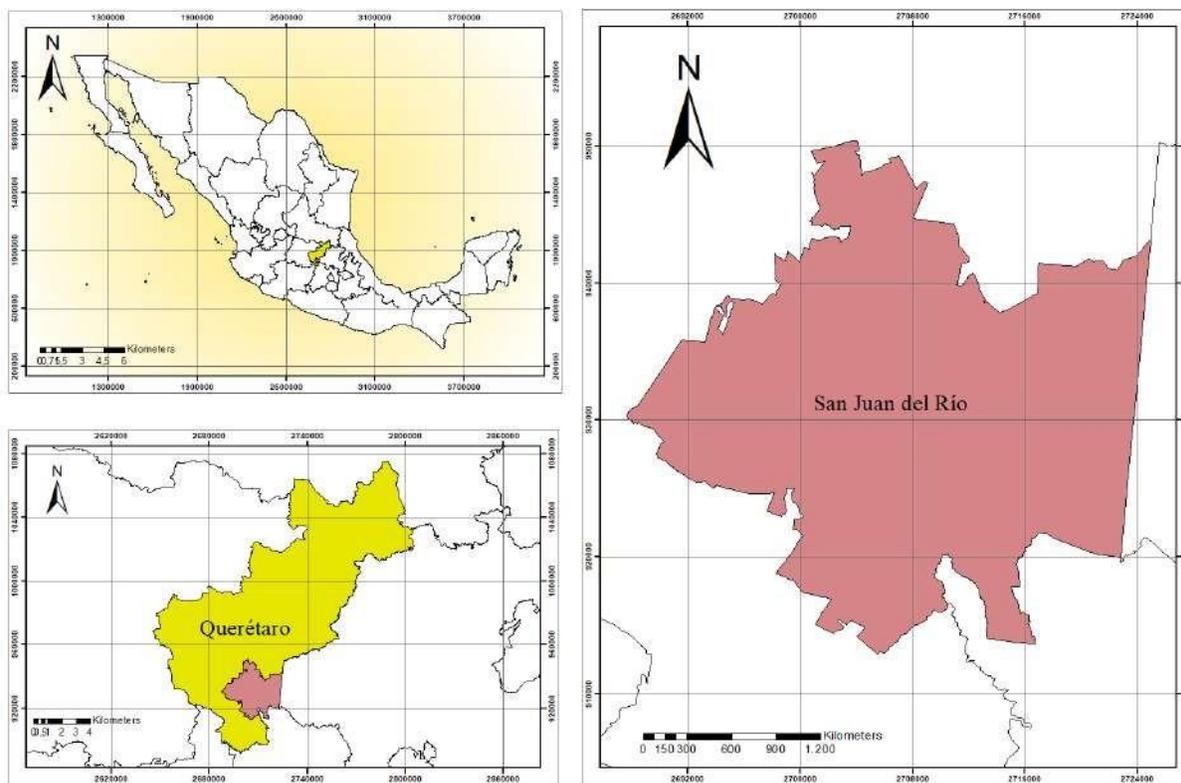
Las imágenes proporcionadas por el satélite Landsat proveen información en distintos rangos del espectro electromagnético, del cual se extrae valores que ayudan a identificar la contaminación por hidrocarburos. Estas, al incorporarlas a un sistema de información geográfica (SIG) representan una poderosa herramienta para el manejo, estudio y modelación de áreas contaminadas. Asimismo, facilitan la obtención de mapas de los niveles de contaminación por diferentes actividades que se realizan en la zona.

En la actualidad, se aplican con éxito tecnologías muy eficaces como la teledetección y los SIG para identificar la huella espacial de impactos y apoyar las decisiones que ayuden a tomar medidas correctivas y prospectivas. (Bremer Bremer, 2016). Por lo tanto, en este trabajo se comparan varias metodologías para delimitar las áreas de suelo potencialmente contaminado por hidrocarburo, mediante el manejo de imágenes satelitales con Landsat y ArcGIS.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El área de estudio se localiza entre los paralelos 20° 33' y 20° 12' de latitud norte; los meridianos 99° 50' y 100° 12' de longitud oeste; altitud entre 1 800 y 2 800 m. Vea la Figura 1. Colinda al norte con los municipios de Pedro Escobedo y Tequisquiapan; al este con el municipio de Tequisquiapan y los estados de Hidalgo y México; al sur con el estado de México y el municipio de Amealco de Bonfil; al oeste con los municipios de Amealco de Bonfil, Huimilpan y Pedro Escobedo. (INEGI, 2018)



**Figura 1.** Localización del área de estudio.

*Fuente: Elaboración propia.*

## Materiales

Los materiales empleados para este estudio fueron:

- Imágenes Landsat 8 de la fecha del 4 de julio del 2018 con una cobertura de nubes no mayor al 10%, estas imágenes fueron descargadas de la página <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Software:
  - ArcGIS

## Metodología

Se presenta la metodología para la detección de las zonas potencialmente contaminadas por hidrocarburos en San Juan del Río, primero se realizó la búsqueda de literatura existente y experiencias que hablaran de la realización de este tipo de estudios, se encontró dos metodologías para obtener las zonas contaminadas en una se emplean dos algoritmos diferentes para detectar las zonas contaminadas, y la otra es aplicar una ecuación para encontrar el índice de hidrocarburos.

Para realizar el estudio se hizo la identificación de imágenes Landsat que cubrieran el municipio de San Juan del Río, se adquirieron las imágenes Landsat de la fecha del 4 de julio del 2018, ya descargadas las imágenes y de acuerdo a lo leído se pudieron seleccionar las bandas que identifican las zonas contaminadas con hidrocarburos.

Las imágenes Landsat 8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros.

**Tabla 1.** Distribución de las bandas OLI y TIRS

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30

Fuente: (USGS.gov | Science for a changing world, 2018)

Las imágenes Landsat 8 del sensor OLI y TIRS se convirtieron en radiancia espectral por medio de la siguiente ecuación:

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Donde:

$L_{\lambda}$  = radiancia espectral al tope de la atmosfera ( $W / (m^2 sr \mu m)$ ) Watts por metro cuadrado por estereorradián.

$M_L$  = factor de cambio de escala multiplicativo de la banda específica

$A_L$  = factor aditivo reescalado de la banda específica

$Q_{cal}$  = valor del pixel cuantificados y calibrados (DN)

Lo que se realizó primero fue la combinación de bandas para obtener los algoritmos, Algoritmo A: RGB [3/2, 4/3, 7/5] y después el Algoritmo B: RGB [2/3, 4/3] para la detección de zonas contaminadas por hidrocarburos, para obtener los algoritmos se utilizó la herramienta de Raster Calculator y Composite Band. (Olvera Reyes, 2016)

Ya teniendo los algoritmos A y B se sabe que se puede detectar las zonas contaminadas por hidrocarburos, más sin embargo se utilizó otro método, el cual para su obtención se utilizan los resultados de la ecuación de  $L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L$ , aquí se hizo uso de las bandas 4, 5 y 7, los resultados de la ecuación se obtuvieron con la herramienta de Raster Calculator. (Villamizar, 2015)

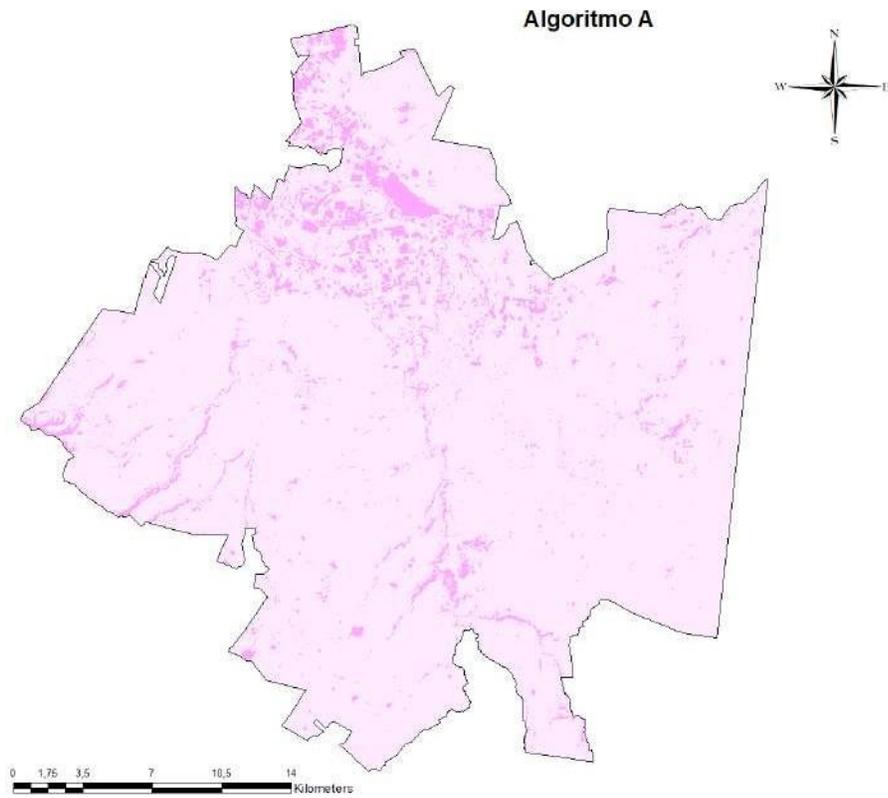
Después de los resultados obtenidos, estos se llevaron a la ecuación del procesamiento de datos con índice de hidrocarburos. El índice de hidrocarburo (HI, por sus siglas en inglés) es un método de análisis hiperespectral para la detección de hidrocarburos creado por Friedrich Kühn y colaboradores del Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGS) de Alemania. El índice de hidrocarburo es un algoritmo que transforma datos de bandas alrededor de la característica de absorción en  $1.73 \mu m$ , teniendo como resultado un valor individual que indica la presencia de hidrocarburos. El índice de hidrocarburo se calcula de la siguiente manera:

$$HI = 2/3 (R-R) + R-R \quad (2)$$

Autores como Cutlis, Ellis, Kuhn y Horing confirmaron que la firma espectral que caracteriza los hidrocarburos se encuentra en el Infrarrojo cercano y medio, entre  $1.73$  a  $2.31 \mu m$ . (Vázquez, 2007)

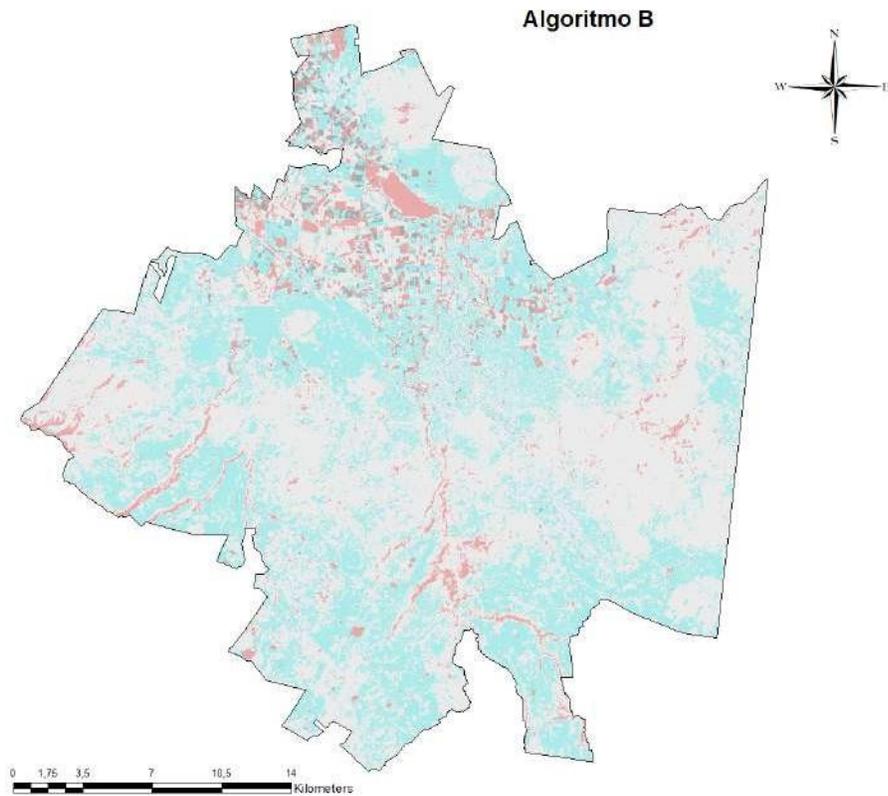
## Resultados

La Figura 2 muestra los resultados obtenidos después de aplicar el algoritmo A, en la cual el color rosa oscuro indica las zonas potencialmente contaminadas con hidrocarburos. La Figura 3 presenta los sitios potencialmente contaminados con hidrocarburos (resaltados en color rosa) obtenidos con el algoritmo B. Como puede apreciarse, tanto el algoritmo A como el algoritmo B proporcionan resultados similares. No obstante, resulta más sencillo ubicar los sitios potencialmente contaminados con el algoritmo B debido al contraste de colores obtenidos.



**Figura 2.** Algoritmo A: RGB [3/2, 4/3, 7/5] El color rosa fuerte representa la detección de zonas contaminadas por hidrocarburos en San Juan del Río, Querétaro.

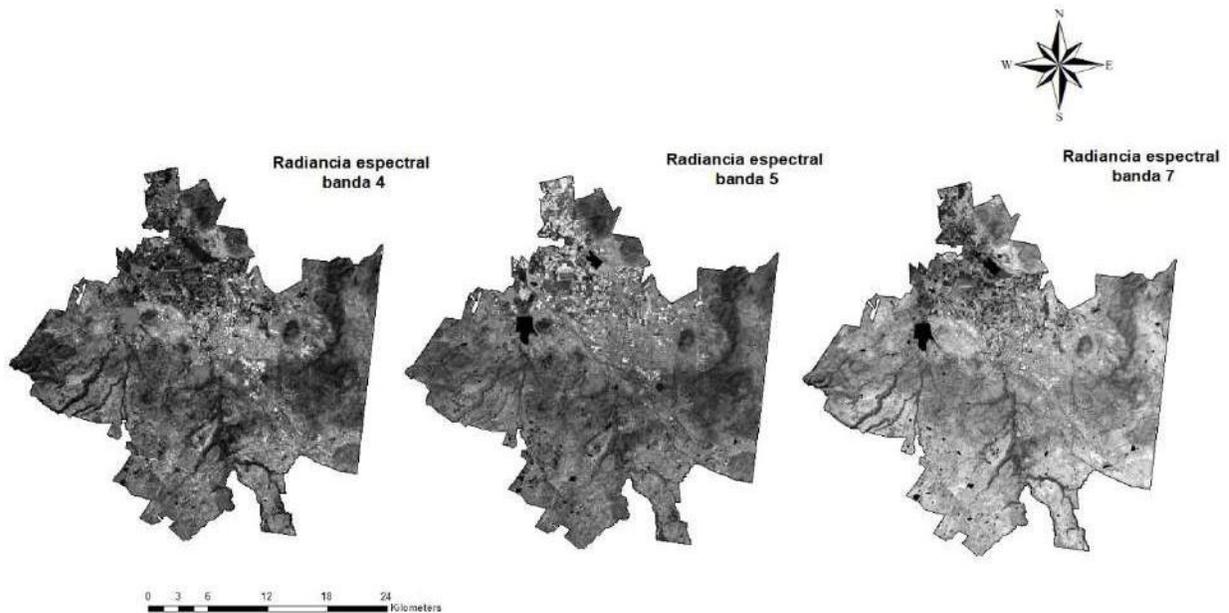
*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 3.** Algoritmo B: RGB [2/3, 4/3] El color rosa-hueso representa las zonas contaminadas por hidrocarburos en San Juan del Río, Querétaro.

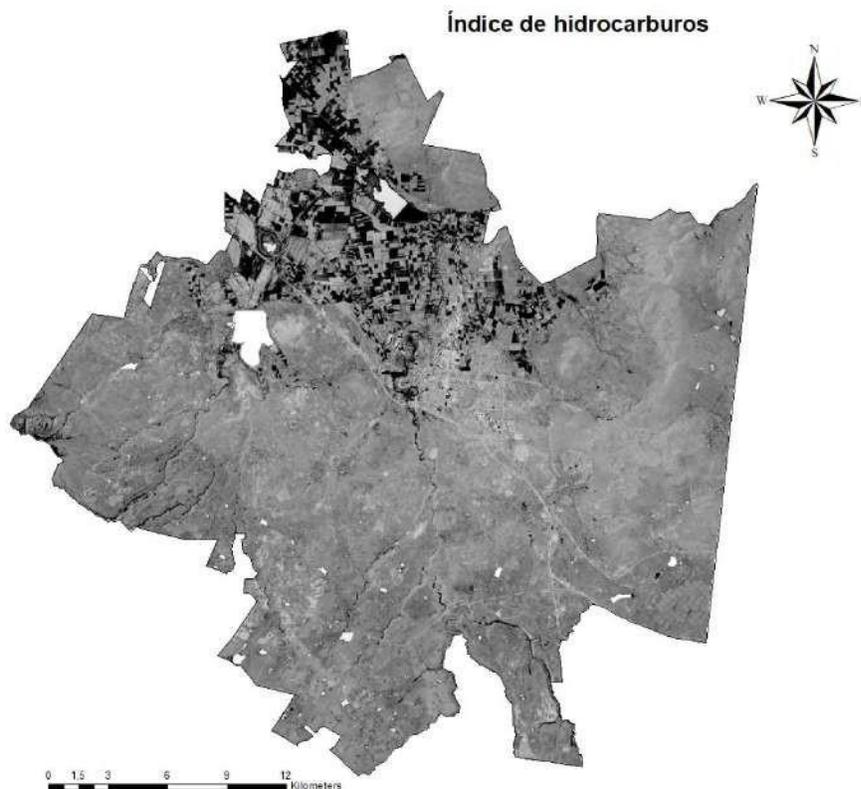
*Fuente: Elaboración propia.*

Para determinar el Índice de Hidrocarburos se realizó una transformación de la información contenida en las imágenes satelitales a radiancia espectral (Figura 4), esto sirve para favorecer los contrastes de la información de la imagen en la escala de grises. Posteriormente se aplicó la ecuación del Índice de Hidrocarburos y se determinaron los sitios potencialmente contaminados con hidrocarburos. Dichos sitios aparecen están remarcados con color negro en la Figura 5.



**Figura 4.** Resultado de la ecuación  $L_{\lambda}=M_L * Q_{cal} + A_L$ , utilizando las bandas 4, 5 y 7. La radiancia espectral de las bandas se aplicó en la ecuación del Índice de Hidrocarburos (HI).

*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 5.** Índice de hidrocarburos (HI). El color negro indica las zonas potencialmente contaminadas por hidrocarburos.

*Fuente: Elaboración propia.*

## **Discusión y conclusiones**

Los avances científicos en los métodos de análisis y de integración de datos o información representan un progreso de indudable interés hoy en día en el ámbito de las geociencias y la ingeniería. Los sistemas de información geográfica (SIG) brindan un apoyo tecnológico que facilita el desarrollo, cada vez más extendido, de este tipo de aplicaciones en las que en esencia se analiza información multitemática georreferenciada.

Los datos del tipo Landsat 8 han sido utilizados para la identificación de zonas impactadas por hidrocarburos, ya que los hidrocarburos se caracterizan por absorción en los espectros detectables con los sensores instalados en los satélites. El satélite Landsat 8 incorpora dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS). Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve.

Con la combinación de las bandas que integran la escena satelital para los dos algoritmos que se utilizaron (A y B) se encontró una alta similitud (mayor del 90 %) en las zonas

potencialmente contaminadas con hidrocarburos en San Juan del Río, Querétaro. El Índice de hidrocarburos permitió detectar una cantidad de zonas potencialmente contaminadas con hidrocarburos, las cuales también se detectaron con los algoritmos A y B. Sin embargo, se observó una reducción de las zonas potencialmente contaminadas con hidrocarburos respecto a las obtenidas con los otros algoritmos, lo cual podría resultar benéfico para mejorar la planeación de los muestreos de suelos en esta región del país.

## **Agradecimientos**

Le agradezco a Dios por permitirme tener vida y salud para poder realizar mi verano de investigación, así como todo lo que realizo día a día.

A mis padres por apoyarme siempre en todo momento, así como agradezco a mi hermana por ser parte importante de mi vida.

Agradezco la confianza, apoyo y dedicación al Dr. Christian Eduardo Hernández Mendoza por haber compartido sus conocimientos.

Y a los diferentes programas: Delfín, CONACYT y la UAGro que fomentan las investigaciones en los jóvenes.

## **Referencias**

Bremer Bremer, M. H. (2016). Caracterización de niveles de contaminación en una planta extractora de azufre utilizando imágenes de satélite de alta resolución para optimizar el plan de muestreo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(2), 165-176. Recuperado el 2 de julio de 2018, de <http://www.redalyc.org:9081/home.oa?cid=3452862>

Hernández, A. E. (2013). *Delimitación de zonas con suelo contaminado por hidrocarburos en Paraíso, Tabasco, mediante imágenes satelitales landsat y envisat*. D.F. México.

INEGI. (1 de Agosto de 2018). Obtenido de INEGI: <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/edafologia/>

Olvera Reyes, N. U., Hernández-Mendoza, C. E. (2016). Análisis Multitemporal de sitios potencialmente contaminados con hidrocarburos mediante imágenes Landsat. *Tlamati Sabiduria*, 7(Número Especial 2), 82-88.

USGS.gov | *Science for a changing world*. (Julio de 2018). Obtenido de USGS.gov | Science for a changing world: <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

Vázquez, L. M. (2007). *Determinación de la extensión de la contaminación de suelos por derrames y fugas de hidrocarburos*.

Villamizar, J. R. (2015). *Sistemas multiespectrales e hiperespectrales para la observación del territorio. Análisis y aplicación a la prospección de hidrocarburos*. Madrid.