

Sesión Regular

# **Exploración Geofísica**

Organizadores:

Francisco Javier Esparza Hernández

Bill Bandy

Andrés Tejero

EG-1

**TRASCENDENCIA DE LOS ESTUDIOS GEOFÍSICOS  
EN UN ESTUDIO DE GEOTECNIA CON FINES DE  
PONDERAR EL PELIGRO Y LA ERRADICACIÓN  
DE UN HUNDIMIENTO EN UNA ZONA URBANA**

Tapia Crespo Luis Arturo  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
latc58@hotmail.com

En octubre de 2005 se produjo el hundimiento de una porción del patio de la casa N° 305 del callejón Peñuñuri, en el Barrio El Arbolito en Pachuca de Soto, Hidalgo. Éste generó una cavidad elipsoidal con 16 m de diámetro y altura de 12 m.

El evento propició que los gobiernos estatal y municipal solicitaran al Instituto de Geofísica-UNAM, la realización de una prospección geofísica en la zona circundante al hundimiento. El objetivo del estudio geofísico fue determinar la existencia y posición de fracturas, túneles y otras estructuras que pudieran representar un riesgo para la comunidad.

Se determinó emplear la técnica denominada tomografía o imagen eléctrica, ejecutando, en octubre de 2006, 5 líneas en calles aledañas a la oquedad. Sus conclusiones descartan la posibilidad de la presencia de otras cavidades, al menos vacías. Sin embargo, se interpretaron zonas o capas con elevada saturación de agua que parece moverse en dirección de la topografía lo que pudiera originar un arrastre de material que podría en riesgo a las viviendas de esta zona popular de la ciudad. Las recomendaciones entre otras fueron: realizar barrenos sobre las anomalías de resistividad alta para conocer el tipo y condición de los materiales que las generaron; y complementar la investigación con un estudio de geotecnia para cuantificar el peligro, así como el procedimiento más apropiado para el relleno de la oquedad.

El estudio geológico-geotécnico se inició a principios del 2007 y se concluyó en el 2008. Los trabajos incluyeron levantamiento topográfico superficial y del interior de la cavidad, levantamiento geológico local y la caracterización mecánica de los materiales de la oquedad. La litología en la cavidad está compuesta por un antiguo "ferrero" de origen minero constituido esencialmente por una especie de brecha con matriz limo-arenosa, un horizonte arcillo-arenoso y una capa de roca volcánica, todos ellos dispuestos en pseudoestratos gruesos paralelos y semihorizontales con una inclinación de entre 5° y 8° tendiendo hacia la pendiente del terreno.

Para la comprobación de las anomalías de resistividades altas se perforaron 3 sondeos con 49 m totales perforados y/o reperforados cuyas conclusiones son la comprobación de la interpretación geofísica.

El resultado del estudio geotécnico calculó un volumen de la cavidad de 2 327.02 m<sup>3</sup> que deberán ser rellenados según la siguiente metodología:

1. Confinar la zona de trabajo
2. Demolición manual de estructuras y pisos
3. Desalojo, acarreo y depósito del producto de demolición
4. Preparación de las paredes y piso de la cavidad
5. Construcción de la losa de concreto en piso
6. Relleno con tezontle (85%) y tepetate (15%)
7. Piso de concreto de acabado para impermeabilizar el relleno

8. Limpieza final de pisos

El costo total del relleno fue de 2 500 000.00 pesos m.n.

EG-2

**ESTUDIO GEOELÉCTRICO EN LA MARGEN IZQUIERDA  
DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO, ESTADO DE MÉXICO**

Vázquez Contreras Adolfo y Saucedo Quiñones Daniel  
Comisión Federal de Electricidad  
adolfo.vazquez@cfe.gob.mx

El análisis de la distribución de resistividades eléctricas obtenida a través de un estudio de sondeo eléctrico vertical (SEV) a semidetalle, con profundidad de investigación de 70 a 80 m, y un estudio de tomografía eléctrica (TGE) a detalle, con profundidad de investigación de 30 a 40 m permitió proporcionar información útil para determinar el modelo geológico y las zonas con mayor potencial de tener filtraciones, así como para el diseño de una pantalla de inyecciones en el empotramiento izquierdo de la presa Valle De Bravo, en el Estado de México. Las zonas identificadas como susceptibles de permitir filtraciones significativas provenientes del embalse, están representadas por los fuertes cambios laterales de resistividad o bien, en las partes en las que las unidades geoeléctricas tienen variaciones notorias de espesor

EG-3

**ESTUDIO DE TOMOGRAFIA GEOELECTRICA  
EN 2-D PARA CARACTERIZAR EL SUELO  
EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL**

Malagón Montalvo Arturo<sup>1</sup>, Rosas Elguera José<sup>2</sup>, Alatorre Zamora Miguel Angel<sup>1</sup> y Pérez Rodríguez Gerardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería Sísmica, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>División de Ingenierías, Universidad de Guadalajara

amalagon2004@yahoo.com.mx

La ingeniería civil es un área de la construcción, que requiere del estudio del suelo, para el diseño o el reforzamiento de una obra civil. La existencia de discontinuidades o accidentes puntuales del terreno, en el entorno de las zonas de apoyo de diversas estructuras de las obras públicas, representa un grave problema de indudable importancia respecto a la futura estabilidad de tales estructuras. Algunos de estos accidentes, por sus limitadas dimensiones, son muy difíciles de detectar y caracterizar mediante sondeos debido al carácter puntual de los datos obtenidos de la perforación, aún en el caso de que estos sondeos se distribuyan en una malla muy cerrada.

Se propuso llevar a cabo el trazado de líneas exploratorias de Tomografía Geoeléctrica de resistividad en 2-D en la ciudad de Ameca, Jalisco, con arreglos Wenner - Schlumberger, y tendido de hasta 100 m distribuidas adecuadamente, en zonas de fallamiento y hundimientos, con el propósito de proporcionar los elementos geológicos (caracterización de fallas y suelo) que permitan ser utilizados para elaborar planes de ordenamiento de la ciudad de Ameca. Estos mismos datos deberán ser considerados para la elaboración de un reglamento de construcción dadas la características físicas del suelo en esta población.

En las imágenes de tomografía del suelo para los diversos puntos estudiados en la ciudad de Ameca, fue posible apreciar el gran poder resolutorio de la tomografía geoelectrica de resistividad hasta una profundidad máxima de exploración de 16 m. Dependiendo de la localización de las secciones, el proceso de inversión de los datos arrojó resistividades en el rango de 1 a 38 ohm-m. De acuerdo a resultados experimentales, valores de resistividad comprendidos en este rango, corresponden a materiales tales como arcillas, gravas, limos y arenas saturadas de agua. Por la información proporcionada por los tomogramas, los materiales presentes en el suelo hasta una profundidad de 3 m en el área en estudio son permeables y presentan un moderado contenido de fluidos.

La información geológica del área de estudio establece que los materiales que se encuentran en el área de ameca son granulares, porosos y permeables de un antiguo coluvión expuesto en la mayor parte del valle de ameca. Un alto grado de saturación por agua modifica de manera importante las propiedades mecánicas de las rocas, alterando algunos de sus principales módulos elásticos. Un material con una saturación aproximada del 80% falla fácilmente ante cargas mecánicas como aquellas impuestas por construcciones. Este fenómeno debe de tomarse en cuenta antes de planificar cualquier obra civil.

Aunado a lo anterior, la región de Ameca es eminentemente sísmica, y debe de considerarse que materiales con las características antes mencionadas, pueden dar origen al fenómeno de licuefacción (desintegración del suelo en dos fases: sólida y líquida) ante el paso de las ondas sísmicas, sobre todo las de corte o cizalla, también conocidas como ondas S.

EG-4

#### **POTENCIAL ESPONTANEO (P.E) EN LA EXPLORACIÓN ACTUAL**

Randall Roberts John A.

*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato*

ramtha09@yahoo.com.mx

El estudio del campo eléctrico natural normalmente medido con un voltímetro como el potencial entre dos electrodos no polarizables ha avanzado lentamente desde hace casi dos siglos cuando fue aplicado en la exploración para sulfuros de color amarillo sea conocido como un método de estudio en anomalías poco profundas, sin embargo su aplicación en el estudio de pórfidos cupríferos en los años 1960 comprobó su sensibilidad de señales con profundidades de cientos de metros, fue en esta misma década cuando se popularizó su uso en yacimientos geotérmicos pero su auge fue corto, debido a la dificultad en reproducir resultados.

Las aplicaciones del método antes mencionado típicamente generaron anomalías con amplitudes de 100 ó más mV, estudios posteriores en la exploración para agua subterránea fría o tibia producen anomalías más sutiles (unidades o decenas de mV) haciendo la interpretación de los resultados mucho más complicados en gran parte debido a problemas de deriva. Uno de los motivos del problema de deriva se debe a lo dinámico y efímero de la señal de P.E., requiriendo extrema precaución en la metodología de campo sobre todo con bases móviles, por lo tanto las anomalías tienden a migrarse con el tiempo., este fenómeno resulta sumamente útil en la identificación de armónicas. Estas "olas" con amplitud y longitud de onda repetitivas son la mayor indicación de que la señal proviene de una fuente amplia a menudo hasta de gran profundidad (un kilómetro).

Las lecciones aprendidas en múltiples estudios en la literatura, sobre la exploración para sulfuros nos muestran que las anomalías con amplitudes fuertes y longitudes de onda corta implican anomalías someras mientras las anomalías de amplitud baja y longitud de onda larga implican mayores profundidades. Este concepto es vigente en casi todos los objetivos de exploración sea acuíferos, recursos geotérmicos, contaminantes o los mismos sulfuros.

Resulta obvio que esta diversidad en posibilidades de interpretación es otro motivo en la dificultad y por lo tanto en la impopularidad en el uso de P.E., se suma a este problema la aparente no repetición de los resultados debido a lo dinámico en la posición de las anomalías. Todo esto exige al investigador un buen conocimiento de la geología y a menudo de la geofísica clásica del área en base a otros estudios, sin embargo P.E. es probablemente el método más sensible al movimiento de fluidos subterráneos causados por efectos redox o cinéticos, su uso actual en la detección de lixiviados en rellenos sanitarios y otras fuentes de contaminantes ha dado resultados excelentes por su sensibilidad a profundidades mayores normalmente detectables con métodos electromagnéticos sobre todo en la presencia de arcillas conductivas.

Sin duda resultaran muchas aplicaciones nuevas una novedosa es la detección de la fertilidad de suelos en la agricultura debido al efecto del intercambio catiónico, pero se observa una auge en el futuro respecto a estudios ambientales.

EG-5

#### **APLICACIÓN DEL MÉTODO MAGNÉTICO EN EL MUNICIPIO DE CUAUTINCHAN, PUEBLA, PARA LA ZONIFICACIÓN DE RESTOS ARQUEOLÓGICOS**

Cortés Arroyo Olaf<sup>1</sup>, Teutle Gutiérrez Adrián<sup>1</sup> y Castillo Román José<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Colegio de Ingeniería Geofísica, BUAP*

<sup>2</sup> *Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, BUAP*

olaf\_ca@hotmail.com

El municipio de Cuautinchan, Puebla, se localiza entre los 18° 54'18" y 19° 00'30" de latitud norte y 97° 56'24" y 98° 09'18" de longitud oeste, limita al norte con los municipios de Amozoc y Acajete, al sur con Tzicatlacoyan, al oriente con Tepeaca y Tecali de Herrera y al poniente con el municipio de Puebla. Dicho municipio cuenta con un importante patrimonio arqueológico localizado en la llamada zona arqueológica de Cuautinchan. Dávila Cabrera (1974), demostró la presencia de más de 200 puntos con restos de asentamientos humanos de interés en la zona. A pesar de ello y de la importancia que estos asentamientos tuvieron en la región, tal y como lo demuestra el trabajo citado, la zona arqueológica ha sufrido un deterioro considerable a través de varias décadas, debido a la falta de protección y conservación por parte de las autoridades.

Como parte del ordenamiento municipal realizado en Cuautinchan, se realizó un estudio magnético en la zona llamada "Los Teteles de San Miguel", debido a la presencia de una serie de montículos y de una gran cantidad de fragmentos de cerámica distribuidos en distintos puntos de la zona.

Los resultados obtenidos del estudio magnético fueron comparados con los datos disponibles del trabajo arqueológico, permitiendo realizar una correlación entre ambos trabajos y delimitar la zona que presentó un mayor interés arqueológico.

Con base a este estudio, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a través del Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, propone un proyecto de estudios geofísicos en todo el municipio de Cuautinchan con la finalidad de proporcionar a las autoridades municipales una zonificación de áreas interés arqueológico, aportando así información que pueda ser útil a programas que inicien la protección y conservación del patrimonio cultural.

EG-6

### **APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOELÉCTRICAS Y MAGNÉTICAS PARA INVESTIGAR EL EFECTO DE FALLAS GEOLÓGICAS EN EL ACUIFERO DE JARAL DE BERRIOS, GUANAJUATO**

Reyes Gutiérrez Lazaro Raymundo, González Rivera Daniel, Pérez Corona Fred Yoan, Torres Gaytan David Ernesto, Ramos Leal J. Alfredo y López Loera Héctor

*Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica*

raymundo.reyes@ipicyt.edu.mx

La temática a cubrir expone, de manera práctica, los métodos eléctrico y magnético que pueden usarse en el campo de la exploración de la geofísica ambiental, en lo referente al mapeo de fallas geológicas para investigar el efecto o funcionamiento de una falla activa en la hidrodinámica de un acuífero libre, donde las mediciones son hechas sobre la superficie del terreno con arreglos lineales y de mallado (método geoeléctrico y magnético). Se incluye una revisión del tradicional método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV-1D). Los resultados indican que existe una anomalía positiva magnética en las zonas de fallamiento, mientras que la anomalía eléctrica muestra una alta resistividad.

EG-7

### **INTERPRETACIÓN DE MEDICIONES DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA APARENTE**

Méndez Delgado Sóstenes<sup>1</sup>, Gómez Treviño Enrique<sup>2</sup>, Esparza Hernández Francisco<sup>2</sup> y Medina Ferrusquía Edgar Leobardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

<sup>2</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

smendez@fct.uanl.mx

Relacionada con el método de prospección magnética está la susceptibilidad magnética, de la cual se pueden efectuar mediciones tanto a nivel de laboratorio como en afloramiento; los medidores de susceptibilidad magnética (susceptibilímetros) funcionan con arreglos de bobinas que pueden tener configuraciones diversas como bobinas coaxiales, coplanares, perpendiculares e incluso una sola bobina.

Desde hace varios años se ha venido trabajando en el concepto de susceptibilidad magnética aparente para datos obtenidos a través de medidores de susceptibilidad magnética. La susceptibilidad magnética aparente se puede definir de manera similar a la resistividad aparente o a la conductividad aparente, utilizando una ecuación integral que relaciona los datos (susceptibilidad magnética aparente) con la estructura (susceptibilidad magnética) del subsuelo a través de una función de pesos (función de sensibilidad) que depende de las posiciones del transmisor y del receptor. Este tipo de relaciones son la base

para la interpretación de los datos ya sea como modelado o inversión de datos.

En general, al realizar la interpretación de mediciones geofísicas esperamos tener una visión del subsuelo de la cantidad física relacionada representada por modelos unidimensionales (1-D), bidimensionales (2-D) o tridimensionales (3-D).

En este trabajo se muestran los resultados del modelado físico de estructuras 1-D de mediciones de susceptibilidad magnética aparente, con base en la ecuación integral mencionada, utilizando el medidor de susceptibilidad magnética GMS-2 de Geoinstruments, Ltd. Se presentan también, ejemplos de modelado físico de estructuras cuasi 2-D y cuasi 3-D para mediciones con el mismo instrumento. El modelado físico de las diferentes estructuras se realizó utilizando varios lotes de azulejos.

Además se realiza el modelado e interpretación de estructuras 3-D de susceptibilidad magnética aparente para mediciones obtenidas a partir de diversos arreglos de bobinas con sus respectivas funciones de sensibilidad.

EG-8

### **ESTUDIO GRAVIMÉTRICO DE LA ZONA ACUÍFERA DE LOS BAGOTES, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA**

Martínez Retama Silvia, Morales Montaña Mariano, Dórame Santacruz Francisco A. y Corrales Cruz José J.

*Universidad de Sonora*

smartinez@ciencias.uson.mx

La zona acuífera de Los Bagotes, se localiza a 20 Km. al poniente de la ciudad de Hermosillo. Cubre una superficie total de 1,220 km<sup>2</sup> y se localiza en la Cuenca RH9B-Costa de Hermosillo en la subcuenca 9B1 Zona Centro. Esta zona se ha convertido en la solución inmediata a los problemas de abastecimiento de agua para la ciudad de Hermosillo, por lo cual fue necesario realizar un estudio geohidrológico para conocer la disponibilidad de agua subterránea. Como parte de este estudio, se realizaron levantamientos de gravimetría y resistividad (Sondeo Eléctrico Vertical) a fin de determinar secciones transversales en las zonas potenciales de entrada y salida de agua subterránea al acuífero.

Con el objeto de determinar la profundidad al basamento, se levantaron siete perfiles gravimétricos con una longitud total de 125 Km. Se observaron 267 estaciones gravimétricas con un espaciado entre cada estación de 500 m en su mayoría.

La aplicación del método gravimétrico ayudó a definir la topografía del basamento cristalino así como a ubicar la presencia de antiguos paleocauces, y por ende, las zonas de mayor permeabilidad y flujo, las cuales se contrastaron con la distribución de parámetros hidráulicos.

En la configuración del basamento se observó la presencia de una serie de fosas interconectadas de origen tectónico. La fosa principal presenta una orientación prácticamente Norte – Sur, coincidiendo con los rasgos tectónicos mayores que han modelado la morfología del estado de Sonora.

EG-9

### INVERSIÓN CONJUNTA 3D DE DATOS GRAVIMÉTRICOS, MAGNÉTICOS Y SÍSMICOS USANDO LA TÉCNICA DE GRADIENTES CRUZADOS

Fregoso Becerra Emilia y Gallardo Delgado Luis Alonso

*Centro de Investigación Científica y de  
Educación Superior de Ensenada, CICESE*

fregosob@cicese.mx

Para conocer acerca de la estructura, geología y procesos físicos que ocurren en el subsuelo, comúnmente recurrimos al estudio, a través de imágenes, de propiedades físicas del interior de la tierra como son: densidad, magnetización de las rocas en el subsuelo o velocidad sísmica. La interpretación de los rasgos estructurales y geológicos del medio se puede realizar analizando los modelos obtenidos para cada tipo de datos geofísicos de manera independiente. Este procedimiento, tiene el inconveniente de proporcionar para cada parámetro físico, múltiples modelos que satisfacen las observaciones en superficie. La selección del modelo óptimo depende en gran medida de información adicional como es el conocimiento previo de características físicas y geológicas adicionales, o bien, a través de la interpretación conjunta de las diferentes propiedades físicas.

Existen metodologías de inversión conjunta que tienen la ventaja de reducir esta no unicidad en los modelos al combinar información de dos conjuntos de datos geofísicos e invertirlos simultáneamente para producir un modelo común. La técnica de inversión conjunta con gradientes cruzados, combina la información de los datos a través de la similitud estructural dada por la distribución de los parámetros físicos asociados, esto es, resaltando las zonas donde el cambio en las propiedades físicas de ambos modelos es paralelo.

En este trabajo desarrollamos la técnica de inversión conjunta 3D con restricciones de gradientes cruzados para diferentes conjuntos de datos geofísicos, con el propósito de obtener, a través de imágenes tridimensionales de las propiedades físicas, información detallada y realista del subsuelo. En una primera aproximación, aplicamos la técnica a datos gravimétricos y magnéticos en experimentos sintéticos y de campo, demostrando que en la mayoría de los casos, es necesario incorporar criterios adicionales que nos permitan definir mejor los modelos de los parámetros en profundidad. En una segunda aproximación, aplicamos la técnica de inversión conjunta a datos potenciales y de sísmica de refracción y mejoramos notablemente los modelos obtenidos. Los resultados demuestran la importancia de cada tipo de datos para la formulación de modelos integrales del subsuelo más precisos, completos y detallados.

Es previsible que los modelos tridimensionales obtenidos por inversión conjunta lleguen a constituir una herramienta valiosa para resolver problemas demandantes como el monitoreo ambiental y el estudio de la evolución de recursos geohidrológicos y petroleros.

EG-10

### DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y DE POLARIZACIÓN INDUCIDA DEL SUBSUELO EN UN CAMPO DE PRUEBAS UBICADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UANL

Garza Rocha Daniel, Méndez Delgado Sóstenes y López Rocha Ismael

*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

dagarza@fct.uanl.mx

La determinación de la resistividad eléctrica del subsuelo puede contribuir a la ubicación de mantos acuíferos someros y profundos, zonas fracturadas, zonas contaminadas en la parte somera del subsuelo, zonas mineralizadas, etc. Por otro lado, la determinación de los valores de Polarización Inducida cuyas unidades son dadas en milisegundos en el dominio del tiempo, es decir la cargabilidad del medio rocoso, puede contribuir también a la ubicación de zonas mineralizadas, acuíferos contaminados por hidrocarburos, etc. En la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León se ubica una zona que funciona como campo de pruebas geofísicas, en el cual ya se desarrolló una tesis de licenciatura cuyo objetivo fue el realizar mediciones e interpretación de los datos conductividad eléctrica aparente, usando el equipo denominado EM-34 de la empresa Geonics. En dicho campo se enterraron diversos objetos a diferentes profundidades, tubería de PVC, objetos metálicos etc. En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos a partir de los valores de resistividad aparente y valores de Polarización Inducida (Cargabilidad en milisegundos). Para ello se realizaron perfiles de resistividad y de polarización inducida, a partir de los cuales se obtienen modelos tridimensionales de la distribución de resistividad y cargabilidad del subsuelo. El equipo utilizado fue un SuperSting R1/IP, electrodos polarizables y no polarizables, se utilizaron diferentes arreglos geométricos de electrodos para la toma de los datos combinados de Resistividad y de Polarización Inducida.

EG-11

### EQUIVALENCIA EN LA CONDUCTANCIA: UN PROBLEMA FRECUENTE EN APLICACIONES GEOHIDROLÓGICAS DEL SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

Flores Luna Carlos<sup>1</sup>, Martínez RetamaSilvia<sup>1 y 2</sup> y López Moya Armando<sup>1</sup><sup>1</sup> *División de Ciencias de la Tierra, CICESE*<sup>2</sup> *Departamento de Geología, Universidad de Sonora*

cflores@cicese.mx

El problema de equivalencia en la conductancia en los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) se presenta cuando existe una capa conductora delgada en el corte geoeléctrico. Su presencia produce una ambigüedad en la estimación de la resistividad y espesor de la capa ya que en el modelo hay muchas combinaciones espesor/resistividad que ajustan los datos. En la comunidad geofísica hay la idea que este problema de equivalencia es poco común. En este trabajo mostramos, con datos reales, que el problema es más frecuente que lo anticipado. Presentamos modelos de tres diferentes zonas (Valles de Guaymas y Guadalupe y zona geotérmica de Tres Vírgenes) donde se midieron e interpretaron un total de 125 SEVs para estudiar los acuíferos correspondientes. En el 65 % de estos modelos la capa conductora asociada al acuífero sufre de un

problema de equivalencia, 43 % de forma intensa y 22 % de forma moderada. También se presentan casos de remediación de la ambigüedad inherente con el uso de información de pozo o con la aplicación de otro método geofísico que está menos afectado por la equivalencia, como lo es el de sondeos electromagnéticos transitorios.

EG-12

### UN ALGORITMO DE TRANSFORMADA HOUGH PARA EL ANÁLISIS DE RADARGRAMAS

Rivera Ríos Aixa

Universidad Nacional Autónoma de México

rivera.aixa@gmail.com

Esta investigación presenta un algoritmo basado en la transformada generalizada de Hough para el realce de estructuras geológicas en datos de Radar de Penetración Terrestre (GPR, por sus siglas en inglés). Para la aplicación del mismo, es necesario obtener la imagen en escala de grises del radargrama, preferiblemente que esté en función de la distancia horizontal y de la profundidad. Por lo tanto, los datos de GPR deben haber pasado por un pre-procesamiento, que consiste esencialmente en la remoción de ruido, deconvolución y migración. La primera parte de este filtro consiste en la detección de bordes en la imagen, por lo que se realiza una convolución de la imagen con un kernel de detección de bordes. Se plantean varios kernels para la elección del que presente mejor los bordes en la imagen. El algoritmo planteado está basado en la transformada generalizada de Hough propuesta por Ballard (1981), la imagen debe transformarse en una representación de bordes, es decir en una imagen binaria. El proceso de binarizar la imagen se realizó con un algoritmo iterativo de detección de un umbral óptimo propuesto por Ridler y Calvard (1978). El método basado en la transformada de Hough consiste en la aplicación de la transformada generalizada de Hough para detectar localmente (en una ventana) las estructuras y obtener una imagen global, que contenga las estructuras de interés. A diferencia del algoritmo propuesto por Ballard (1981), en lugar de realizar una tabla de referencia (Tabla-R) que describe la estructura de antemano, se calcula una Tabla-R en cada paso de la ventana. Se definió un punto con una cantidad de píxeles y la ventana se recorre por cada punto en la imagen. La Tabla-R se obtiene mediante la descripción del punto de borde con respecto al punto de referencia en la ventana. Esta descripción consiste en su localización (con respecto al punto de referencia en la ventana) y su dirección. Además de este algoritmo, se presenta otro para localizar estructuras circulares que se caracterizan por las hipérbolas de difracción en el perfil de GPR. En este caso, se aplica el algoritmo basado en la transformada de Hough y sobre las hipérbolas detectadas por el mismo, se ajusta un círculo, obteniendo la localización de su centro y radio. Para mostrar y validar el algoritmo, se aplicó a 2 ejemplos de radargramas: el primero consiste en un perfil que contiene 3 hipérbolas de difracción correspondientes a 3 tubos enterrados y el segundo, en un perfil adquirido en campo para analizar estratigrafía volcánica.

EG-13

### ESTUDIO DE DIMENSIONALIDAD Y DIRECCIONALIDAD GEOELÉCTRICA EN UNA PROSPECCIÓN MAGNETOTELÚRICA: ANÁLISIS DE INVARIANTES Y TENSOR DE FASES

Escobedo Molina Jorge<sup>1</sup>, Arango Galván Claudia<sup>1</sup>,  
Arzate Flores Jorge<sup>2</sup> y Campos Enríquez José Oscar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

jorgescobedo23@yahoo.com

En una prospección magnetotelúrica, suele realizarse un análisis de dimensionalidad y direccionalidad eléctrica dado el carácter tensorial de los campos adquiridos. Las técnicas tradicionales, como el cálculo del skew propuesto por Swift (1967) o el propuesto por Bahr (1991), requieren de la suposición a priori de que se trata de datos unidimensionales o, en su defecto, requieren de un análisis detallado de distorsión basado comúnmente en un esquema de descomposición. En otras ocasiones, se recurre a la relación entre la componente vertical de campo magnético y las componentes horizontales, denominada tipper, cuya representación gráfica señala hacia la dirección de máximo gradiente de conductividad eléctrica en una frecuencia determinada. Sin embargo, no siempre es posible medir dicha componente y suele ser afectada por ruido. En este trabajo se presentan dos técnicas alternativas a las ya mencionadas. La primera herramienta se basa en el establecimiento de algunas relaciones entre los invariantes del tensor de impedancias (Weaver et al., 2004). La segunda técnica, se fundamenta en las propiedades del tensor de fases (Caldwell et al., 2004) que, al no verse afectadas por efectos de distorsión galvánica, preservan la información regional. Se presentan los resultados obtenidos con ambas metodologías y se establece un comparativo con los vectores de inducción obtenidos del tipper.

EG-14

### ANÁLISIS DE DISTORSIÓN DE TRES PERFILES MT SOBRE EL BLOQUE DE JALISCO

Corbo Camargo Fernando<sup>1</sup>, Arzate  
Flores Jorge<sup>1</sup> y Álvarez Béjar Román<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Matemáticas  
Aplicadas y en Sistemas, UNAM

fcorbo@geociencias.unam.mx

En este trabajo presentamos tres perfiles MT ubicados sobre el Bloque de Jalisco y su periferia, los cuales están constituidos por un total de 18 sondeos. 10 de ellos pertenecen al Perfil 1, cuya orientación es N40E, 8 pertenecen al Perfil 2, cuya orientación es aproximadamente perpendicular al anterior, es decir N60W, y 12 pertenecen al Perfil 3, cuya mitad sur se orienta paralela al Perfil 1 y su parte norte sigue una dirección NS. Previo a la inversión de los datos, se llevó a cabo el análisis de distorsión del tensor de impedancia aplicando los criterios de Swift (1967), Bahr (1988, 1990), Weaver et. al, (2000) y Caldwell et. al, (2004), con el objeto de identificar la dimensionalidad del medio y obtener un ángulo de la estructura regional cuando esto fuera posible. De este análisis se deduce que en el espectro de frecuencias altas (~500-1 Hz) del grueso de los sondeos, el comportamiento del medio es 1D

y/o 2D en tanto que a bajas frecuencias (hasta ~0.001 Hz) el comportamiento es básicamente 3D.

Otro rasgo que prevalece en las transectas analizadas, es que el ángulo de la estructura regional cambia a partir de ciertos puntos, sugiriendo la influencia de diferentes estructuras a lo largo de los mismos. En el Perfil 1 se distinguen dos sectores con diferentes ángulos regionales; los sondeos que se encuentran en la mitad SW del perfil (hacia la costa) arrojan valores entre -30° y -40° de strike, en tanto que los sondeos en la mitad NE del mismo perfil presentan valores que oscilan entre -15° y 10°, lo cual es consistente con la presencia de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM). El Perfil 2 también muestra variaciones importantes en el ángulo de la estructura regional, que van desde aproximadamente 0° en su límite SE, a -30° aproximadamente en su parte central, cambiando a 45° aproximadamente en los sondeos que se ubican en el límite de la FVTM, terminado en su extremo NW con un strike de -10° aprox. La orientación de este perfil lo hace propenso a esta variabilidad debido a que cruza diferentes accidentes tectónicos que se reflejan también en la variabilidad de los vectores de inducción. Por último, en el Perfil 3 se distinguen dos sectores bien caracterizados por su strike; en el extremo S este ángulo es de alrededor de 45°, excepto por el sondeo más sureño (Cabo Corrientes), el cual está claramente influenciado por una falla cercana. Este ángulo se mantiene hacia el N hasta su intersección con el Perfil 2; a partir de este punto la estructura regional cambia a valores entre -10° y 0° aproximadamente.

Se presentan los modelos bidimensionales de los perfiles 1 y 3 y del invariante del Perfil 2 y se discuten los principales contrastes en la resistividad y su posible relación con la subducción y el proceso de extensión que ha tenido lugar en esta área, apoyados en otros resultados del análisis de distorsión, incluyendo la distribución de los vectores de inducción.

EG-15

### **RASGOS TECTÓNICOS ENTRE LOS TERRENOS OAXACA Y JUÁREZ A PARTIR DE LA ESTRUCTURA ELÉCTRICA OBTENIDA DE LA INTERPRETACIÓN DE SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS**

Corbo Camargo Fernando<sup>1</sup>, Campos Enríquez José Oscar<sup>2</sup>,  
Arzate Flores Jorge<sup>1</sup> y Belmonte Jiménez Salvador Isidro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN

fcorbo@geociencias.unam.mx

En un proyecto llevado a cabo en los dos últimos años, hemos adquirido 21 sondeos magnetotelúricos con el propósito de analizar el sistema la Falla de Oaxaca formado por fallas orientadas N-S y NW-SE. En su porción sur, esta falla se considera el límite entre los terrenos Cuicateco y Zapoteco, forma el frente montañoso occidental de las sierras Mazateca y Juárez y se asocia a una zona de cizalla antigua, siendo ésta producto de su más reciente reactivación.

Las estaciones magnetotelúricas mencionadas están repartidas en dos perfiles, aproximadamente perpendiculares a la zona de falla. Los resultados de la inversión del invariante de ambos perfiles muestran claras evidencias de un bloque resistivo relativamente somero en su parte central que parece ensancharse hacia el sur y que se puede asociar con rocas

de basamento pre-cenozoicas (Serrano et. al, 2008). Hacia los extremos de ambos perfiles se hace evidente una zona de mayor conductividad. El rasgo estructural conductor al NE se asocia al terreno Cuicateco en tanto que la zona al SW del alto resistivo se identifica con Zapoteco.

En el presente trabajo se discuten los parámetros de distorsión y los resultados del análisis de los vectores de inducción en términos de la estructura eléctrica y su correlación con los terrenos tectonoestratigráficos cuyo límite es la falla de Oaxaca.

EG-16

### **APLICACIÓN DE UN MODELO ACÚSTICO EN DOS DIMENSIONES, UTILIZANDO EL MÉTODO DE CAPAS PERFECTAMENTE ADAPTADAS**

Trujillo Alcántara Alfredo<sup>1</sup>, Ortiz Alemán Carlos<sup>1</sup>, Cerón Fernández Alejandro<sup>1</sup>, Muñoz González Sergio<sup>1</sup> y Salgado Brito Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Petróleo

<sup>2</sup>Universidad Simón Bolívar

atrujill@imp.mx

En este trabajo se desarrolla y aplica un modelo acústico en dos dimensiones para simular una adquisición sísmica real, con objeto de proponer parámetros óptimos (azimut, posición de receptores y fuentes) de adquisición en zonas con presencia de tectónica salina en el Golfo de México. El modelado se realiza con el método de diferencias finitas y para el cálculo en las fronteras del dominio se emplea el método denominado capas perfectamente adaptadas (Perfectly Matched Layers), con objeto de minimizar la existencia de reflexiones numéricas que pudieran confundir la interpretación sísmica. Para la construcción del modelo numérico se utiliza toda la información geológica y geofísica disponible. El objetivo es definir con precisión ciertas estructuras geológicas y estudiar la complejidad de las trayectorias sísmicas para prevenir posible deficiencias en la adquisición real y, de este modo, asegurar que suficiente energía sísmica penetre dichas estructuras. Como resultado de este trabajo se espera contar con una herramienta auxiliar muy valiosa para la exploración de estructuras subsalinas en el Golfo de México, que permitirá disminuir sensiblemente el gasto operacional.

EG-17

### **PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE REFLECTIVIDAD ACÚSTICA DEL FONDO MARINO EN EL SECTOR SUR DEL GOLFO DE MÉXICO**

Ponce Núñez Francisco<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos A.<sup>1</sup>, Escobar Briones Elva<sup>2</sup>, Bandy William L.<sup>1</sup> y González Reyes Diana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

ing.paco.ponce@gmail.com

Recientemente (2007) el buque oceanográfico de la UNAM – B/O Justo Sierra – fue equipado con una ecosonda multihaz de barrido lateral de 30 KHz, la cual permite obtener datos de relieve batimétrico y reflectividad acústica en bandas anchas. Estos datos deben ser post-procesados en el laboratorio para generar mapas batimétricos e imágenes acústicas del fondo marino. En

este trabajo se presenta el desarrollo del procesamiento de datos de reflectividad acústica que fueron obtenidos en la provincia de los Domos Salinos de Campeche durante la campaña SO174-2, con una ecosonda SIMRAD EM120 multihaz a bordo de buque oceanográfico alemán R/F SONNE. Los datos de reflectividad acústica son post-procesados para ser integrados en mosaicos de imágenes acústicas del piso oceánico. Estas imágenes están conformadas en un arreglo de píxeles, los cuales tienen una geometría que depende de la posición del haz y del relieve batimétrico. Para poder obtener una imagen acústica de calidad es necesario que el procesado incluya: (a) ordenamiento de los datos en perfiles, (b) posicionamiento de cada pixel con el relieve batimétrico, (c) compensación por efecto de guiñada del buque, (d) procesamiento digital de señales que incluye: ajuste en las ganancias de los transductores, normalización de la reflectividad lateral y corrección del coeficiente de absorción, y (e) edición de la imagen para mejorar calidad: suavizado, corrección de empalmes y ajuste en la escala. Una vez obtenida la imagen acústica se superpone sobre un modelo en 3D del relieve batimétrico, generando así un modelo acústico-litológico en 3D del fondo marino. Este procesado de los datos de reflectividad acústica multihaz proporciona información sobre las propiedades físicas del piso oceánico, lo que la hace una herramienta poderosa para su caracterización litológica.

## EG-18 CARTEL

### ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOFÍSICO DEL COLAPSO EN EL BARRIO "EL ARBOLITO" EN PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, MÉXICO

Rosique Naranjo Fernando, Tapia Crespo  
Luis Arturo y Medina Ávila Juan José

*Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra*  
rosique@servidor.unam.mx

En uno de los barrios más tradicionales y antiguos de la ciudad de Pachuca de Soto, en el estado de Hidalgo, durante el mes de octubre del 2005 se colapsó una porción del patio de la vivienda marcada con el número 305 del callejón denominado Peñuñuri. Este evento descubrió una cavidad de 12 metros de profundidad y 16 metros de diámetro.

La ciudad de Pachuca se fundó en 1502 debido a la importancia de su riqueza mineral oculta en su subsuelo. Para la explotación de minerales como el oro y la plata se realizaron innumerables túneles a profundidades variables y que actualmente se localizan bajo zonas habitadas, aunque su localización exacta se desconoce.

Debido a estos antecedentes, se cree que uno de estos túneles del laboreo minero pasa por debajo de la zona colapsada del Barrio El Arbolito.

Con los objetivos definidos se efectúa un año posterior al evento el estudio de geofísica utilizando la técnica denominada tomografía o imagen eléctrica, elegida en función de la capacidad de resolución de rasgos, profundidad y facilidad de aplicación en una zona urbanizada. El levantamiento se llevo a cabo sobre 5 líneas o secciones que rodean el colapso.

De igual forma y dos años posterior al colapso se ejecutó el estudio geológico, así como un levantamiento topográfico, definiendo los tres conceptos fundamentales en estudios de esta índole: litología, estructuras e influencia del agua.

Teniendo una interpretación muy certera de las condiciones de los materiales, estructuras y agua, debajo y alrededor del colapso,

se decide explorar con el método directo de perforación en zonas con anomalías geofísicas y con el objetivo de su verificación se realizan 3 sondeos que representaron una exploración con obtención de muestras de roca y suelo, con un total de 49.0 metros.

Por último, con base en los resultados de todos los estudios, se realiza la metodología para rellenar la cavidad generada por este colapso y se estiman los costos de estos trabajos.

## EG-19 CARTEL

### ESTUDIO DE GEOFÍSICA SOMERA EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO DE SAN MIGUEL TOCUILA, TEXCOCO, CUENCA DE MÉXICO

Arciniega Ceballos Alejandra<sup>1</sup>, Hernández Quintero Esteban<sup>1</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>1</sup>, Morett Alatrste Luis<sup>2</sup>, Díaz Molina Oscar<sup>1</sup> y Soler Arechalde Ana M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Museo Nacional de Agricultura, Universidad Autónoma de Chapingo  
maac@geofisica.unam.mx

San Miguel Tocuila está ubicado en el margen oeste del Lago de Texcoco en la parte central de México. Tocuila llegó a ser uno de los suburbios más prominentes del complejo ceremonial Azteca entre 1300 y 1519. Esta región se caracteriza por secuencias lacustres y volcanos sedimentarias interestratificadas del Pleistoceno Tardío que son particularmente ricas en restos arqueológicos y paleontológicos. Algunos de estos restos se han encontrado de manera fortuita y es posible que muchos otros hayan sido destruidos debido al crecimiento urbano. Con la idea de evitar la destrucción de antiguos asentamientos humanos y depósitos paleontológicos se llevo a cabo un estudio que incluye la aplicación de tres técnicas no invasivas de geofísica superficial: el método magnético, el método electromagnético de Radar de Penetración Terrestre (GPR) y el método de exploración sísmica de refracción. El estudio de prospección geofísica cubrió varias partes de la población de Tocuila y en este trabajo reportamos los resultados obtenidos en una área de 115 x 100 m. La exploración de esta zona consistió de 30 perfiles sísmicos, con un intervalo entre geófonos de 2 m, usando una fuente de impacto manual de 8 Kg; un levantamiento magnético con observaciones a cada metro en dirección N-S y E-W, y secciones de GPR con una antena de 70 MHz orientadas N-S y E-W, espaciadas cada 5 m entre si. La aplicación combinada de estas tres técnicas demuestra que debido a la diferente capacidad de penetración de cada método es posible obtener imágenes del subsuelo y reconstruir exitosamente estructuras enterradas a menos de 20 m de profundidad. Las imágenes de tomografía sísmica y de GPR muestran una estructura principal (tlatel) de aproximadamente 80x60 m constituida por tres unidades superpuestas que conforman plataformas en una geometría semi-piramidal, con su base sepultada a 10 m de profundidad. Siguiendo la historia de los antiguos asentamientos humanos de la zona, se sugiere que esta estructura corresponde a un centro cívico ceremonial de los últimos tiempos de los Aztecas.



## EG-20 CARTEL

**ESTUDIOS GEOFÍSICO, DE CALIDAD E HIDRÁULICOS PARA ABASTECER DE AGUA POTABLE A ÁLAMOS, SON.**

López Cervantes Héctor Abel y Pinzón Compean Lorenzo

*Instituto Tecnológico de Sonora*

hlopez@itson.mx

México enfrenta severos problemas de abasto de agua ante la creciente demanda de la población por contar con el vital líquido. Dos terceras partes del país son zonas áridas o semiáridas y en ellas se registra únicamente el 28% del escurrimiento de agua. La baja eficiencia con la que se usa el agua, acentúa las carencias en diversas zonas del país, como en la zona costera y la sierra media alta del Estado de Sonora, donde se ubica el municipio de Álamos, Sonora, con una tasa anual de crecimiento del 3%, alcanzando, según el censo de 2005, una población de 24,493 habitantes.

Las obras de captación para la ciudad de Álamos sostienen un abastecimiento que oscila entre 16 y 22 l/s, mismo que resulta insuficiente para satisfacer sus demandas. Casi la tercera parte de la dotación proviene de acuíferos a más de 14 km, con grandes consumos de energía eléctrica y caudales pequeños. El problema de dotación se presenta en los meses calurosos, pues los niveles de agua descienden provocando la disminución de la aportación de los acuíferos.

Dadas las características geológicas donde se encuentra asentada la ciudad y sus alrededores, no se puede esperar encontrar un acuífero granular convencional, como lo comprueban las experiencias de perforación de pozos realizados. La única posibilidad de lograr un aprovechamiento favorable es interceptar a profundidad fracturas que conduzcan agua o pequeños paquetes aluviales en los arroyos que confluyen al río Mayo y en el propio río, en las proximidades de la Presa Adolfo Ruíz Cortínez, (Mocúzari). Este trabajo presenta un estudio para abastecer de agua potable a la ciudad de Álamos, apoyándose en exploraciones geofísicas para localizar un sitio donde sea posible realizar obras hidráulicas que resuelva el abastecimiento de agua que demanda actualmente ésta población. Se realizó una recopilación y análisis minucioso de estudios similares que se hayan presentado con anterioridad sobre la zona de estudio, la que sirvió como referencia y de acuerdo a los estudios geofísicos, la zona con más alta probabilidad de obtener agua en cantidad y calidad se encuentra en las desembocaduras de los arroyos Tepahui y Tepustete, margen izquierda.

Se colocarán equipos de bombeo para vencer los desniveles naturales de 380 m y las pérdidas de energía por la conducción en tubería de acero. Se diseña tanque regulador en la cota más alta del trazo a donde llega por bombeo y se manda el agua, por gravedad, hasta la conexión con la red municipal de agua potable en servicio. Con el apoyo de los estudios geofísicos, de calidad del agua, hidráulicos y con la perforación de pozos de muestreo se garantiza un abastecimiento mínimo, por esta obra de 40 l/s, suficientes para garantizar la demanda durante los próximos 20 años.

## EG-21 CARTEL

**ESTUDIO GEOELÉCTRICO DE LA ZONA ACUÍFERA DE LOS BAGOTES, MUNICIPIO DE HERMOSILLO, SONORA**Morales Montaña Mariano, Martínez Retama Silvia,  
Corrales Cruz José J. y Dórame Santacruz Francisco A.*Universidad de Sonora*

morales@geologia.uson.mx

La zona acuífera de Los Bagotes, se localiza al poniente de la ciudad de Hermosillo dentro del cuadrángulo definido por las coordenadas 28° - 59' ; 29° - 29' de Latitud Norte y 110° - 55' ; 111° - 19' de Longitud Oeste respectivamente, dentro de la Cuenca 9B Costa de Hermosillo, de la Región Hidrológica 9 Sonora Sur. Cubre una superficie total de 1,220 km<sup>2</sup> y pertenece al Municipio 030 Hermosillo.

Presenta una geología muy variada con afloramientos que varían en edad desde el Precámbrico al Reciente, afectados por diferentes episodios Tectónicos.

Para determinar las características del subsuelo se realizó Gravimetría (125 km de perfiles) y Resistividad (150 SEVs).

Los sondeos eléctricos verticales fueron distribuidos a lo largo de los perfiles gravimétricos, con una separación entre electrodos no mayor a 1 km.

Los resultados de los SEVs se procesaron para determinar e interpretar perfiles y planos de distribución de la resistividad. La información geológica y geofísica (gravimétrica y resistiva), se correlacionó para determinar la estructura y profundidad de la zona acuífera. Con esto se definieron las unidades hidrogeológicas y los tipos de materiales que las componen.

Desde el punto de vista geológico, la unidad más favorable para el almacenamiento y extracción de agua subterránea está representada por depósitos de relleno del Terciario – Cuaternario, depositados en fosas estructurales con espesores de relleno en algunos sitios del orden de los 1000 m.

La información obtenida con Gravimetría, Sondeos Eléctricos Verticales y cortes litológicos de pozos profundos indica que el horizonte acuífero presenta un espesor promedio del orden de los 100 m, la zona vadosa presenta un espesor del orden de los 125 m. y el sustratum en la zona explotada, está representado por una potente capa arcillosa cuyo espesor es superior a los 200 m.

## EG-22 CARTEL

**EL MOVEOUT NO HIPERBÓLICO Y LA ADQUISICIÓN DE DATOS SÍSMICOS**

Pech Pérez Andrés

*Instituto Politécnico Nacional*

apech@ipn.mx

Los descubrimientos recientes de hidrocarburos en el Golfo de México han demostrado que esta región posee importantes reservas. La necesidad de realizar la exploración y explotación de hidrocarburos en esta zona, nos obliga a utilizar técnicas más resolutivas y a optimizar los sistemas de adquisición de datos sísmicos. Entre los sistemas más usados se encuentra el sistema WAZ (Wide-azimuth), éste ha facilitado la obtención de imágenes más resolutivas del subsuelo. Cabe mencionar que con este tipo de sistemas, se tiene una mejor distribución de las fuentes y los receptores en función del azimuth y offset.

La presencia de heterogeneidades (laterales o verticales) o la anisotropía provocan desviaciones en el moveout hiperbólico. Estas desviaciones, se conocen como moveout no hiperbólico, y no pueden ser ignoradas; en particular, cuando la distancia de la superficie al objetivo es menor que la separación entre fuentes y receptores.

En este trabajo, se modeló y analizó la variación azimutal del moveout no hiperbólico. Se utilizaron modelos de medios estratificados; en todos los casos, los estratos se consideraron heterogéneos y anisótropos. Para modelar los tiempos de arribo de las ondas P, se usó trazado de rayos. La influencia de la anisotropía y la heterogeneidad en la variación azimutal del moveout no hiperbólico, nos sugiere que éste puede ser usado en la optimización de las distribuciones de fuentes y receptores.

## EG-23 CARTEL

**REFORZAMIENTO DEL MODELO DE VELOCIDADES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE DATOS POTENCIALES CON MIGRACIÓN SÍSMICA EN PROFUNDIDAD ANTES DE APILAR: APLICACIONES A LA EXPLORACIÓN DE PLAYS SUBSALINOS**

Cerón Fernández Alejandro, Ortiz Alemán Carlos,  
Trujillo Alcántara Alfredo, Nava Flores Mauricio,  
Muñoz González Sergio y Orozco Del Castillo Mauricio

*Instituto Mexicano del Petróleo*

acfern@imp.mx

En los últimos años hemos realizado investigación en el campo de los métodos potenciales, enfocada al reforzamiento de los modelos de velocidades en zonas con presencia de tectónica salina, mismos que se utilizan para la migración en profundidad antes de apilar. En este trabajo se presenta un caso de estudio, en el cual se realizó la integración de modelos gravimétricos tridimensionales con cubos de datos sísmicos migrados en profundidad. La inversión de datos gravimétricos de alta resolución permite estimar con buena precisión la geometría de los cuerpos salinos, especialmente en lo relacionado a la posición de la base. Gracias a la integración de ambas fuentes de información (migración en profundidad y gravimetría 3D de alta resolución), se consigue al final del proceso una imagen sísmica mejorada, con una mejor definición de los geo-cuerpos salinos así como de las estructuras subsalinas, que pudieran ser de mucho interés para la exploración petrolera

## EG-24 CARTEL

**REVISIÓN DE LA MORFOLOGÍA REGIONAL DEL RELIEVE OCEÁNICO EN EL SECTOR MEXICANO DEL GOLFO DE MÉXICO USANDO DATOS BATIMÉTRICOS MULTIHAZ**

González Reyes Diana<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos A.<sup>2</sup>, Escobar Briones Elva<sup>3</sup>, Bandy William L.<sup>2</sup> y Ponce Núñez Francisco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Tecnológico de Ciudad Madero*

<sup>2</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*

<sup>3</sup>*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*

diana@geofisica.unam.mx

Datos de profundidades del lecho marino en el sector mexicano del Golfo de México han estado restringidos al uso de ecosondas monohaz, y en su mayoría a levantamientos en aguas

someras, en particular en zonas costeras y en donde se realizan exploración petrolera. El uso de esta técnica limita la resolución en el conocimiento en el relieve batimétrico, incluso dejando zonas del lecho marino sin información de batimetría, que conforman las diferentes provincias que enmarcan el sector mexicano en el golfo. Recientemente el uso de ecosondas multihaz que realizan barrido laterales del piso oceánico han dado una mayor cobertura, como ha sido en varias expediciones de investigación en las provincias geomorfológicas del sur del Golfo con una alta precisión batimétrica. Mapas batimétricos de seis regiones: (1) El talud continental de Tuxpan y las Cordilleras Mexicanas, (2) La provincia de los Domos Salinos de Campeche, (3) Escarpe de Campeche y la Plataforma Continental de Yucatán, (4) La Región Occidental de la Planicie de Sigsbee, (5) La Región Oriental de la Planicie de Sigsbee, y (6) La Planicie del Abanico del Misisipi y la Terraza de Campeche integrados con datos de ecosondas monohaz son comparados con recientes resultados batimétricos obtenidos con ecosondas de barrido lateral multihaz, en donde muestran un mayor detalle. Estos nuevos mapas batimétricos multihaz que tienen una cobertura de casi 100% del relieve batimétrico muestran rasgos morfológicos del Golfo que los registros de ecosondeo monohaz no revelaban.

## EG-25 CARTEL

**SOLUCIÓN RIGUROSA A LA ZONA DE INFLUENCIA DE MEDICIONES DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA**

Esparza Hernández Francisco<sup>1</sup>, Gómez Treviño Enrique<sup>1</sup> y Méndez Delgado Sóstenes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*

<sup>2</sup>*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*

fesparz@cicese.mx

En este trabajo presentamos una metodología exacta para entender de que manera una muestra de roca afecta a la medición de susceptibilidad magnética. El método se basa en tomar en cuenta el efecto de una fuente y un receptor de campos magnéticos. Nuestro análisis conduce a una ecuación integral que relaciona las mediciones con el perfil de profundidad de la susceptibilidad magnética dentro de la roca, de tal manera que lo primero es un promedio pesado de lo segundo. Nosotros presentamos expresiones para la función promediada para varios arreglos transmisor-receptor. Nuestro punto de partida son las ecuaciones de Maxwell para la no existencia de monopolos magnéticos, las que aplicaremos a monopolos magnéticos hipotéticos.