

Sesión Regular

# **EXPLORACIÓN GEOFÍSICA**

Organizadores:

Héctor López Loera  
Marco A. Pérez Flores  
Claudia Arango Galván

EG-1

### APLICACIÓN DE LA PETROFÍSICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS ASOCIADAS A LITOLOGÍAS, ALTERACIONES Y MINERALIZACIONES

De la Torre González Brenda Viridiana  
Gerencia de Geofísica, SAPSA  
brenda\_delatorre@penoles.com.mx

La Petrofísica se aplica en la exploración minera en Peñoles para la identificación de propiedades físicas asociadas a litologías, alteraciones y mineralizaciones. La principal función de la petrofísica en la exploración minera es corroborar los modelos invertidos de los estudios de geofísica observados desde superficie o aire (magnetometría, gravimetría, polarización inducida, resistividad)

Con el análisis de la información de petrofísica podemos obtener mejor certidumbre al relacionar anomalías con las propiedades físicas obtenidas mediante geofísica de superficie con la litología, alteración y mineralización intersectada por los barrenos.

Cuando existe información de barrenos previo a los estudios de geofísica es recomendable primero determinar los contrastes físicos del yacimiento mineral y la roca de caja asociada, para ello se lleva a cabo el análisis estadístico de la información petrofísica con la geología, litología, alteración hidrotermal, contenido de mineral y elementos ensayados por laboratorio, teniendo como resultado la identificación modelo geofísico-geológico a explorar.

Las mediciones sobre núcleos de barrenación a diamante tiene una naturaleza diferente a las mediciones llevadas a cabo con geofísica de superficie, en la primera, se miden volúmenes puntuales, debido a que las muestras de barrenación son cilíndricas de diámetro pequeño (4-6 cm), mientras en los métodos geofísicos de exploración se usan espaciamientos del orden 50-200m el muestreo es de gran volumen.

EG-2

### UNA SECCIÓN DE MONITOREO PARA LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

López Loera Héctor, Torres Gaytan David Ernesto y Pérez Corona Fred Yoan  
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A. C.  
hlopezl@ipicyt.edu.mx

Es común en exploración que los equipos no se prueben antes de llevarlos al campo, habiendo sucedido que al llegar a la zona de estudio estos no funcionan o no lo hagan adecuadamente, generando información errónea. Con el fin de monitorear el estado físico y los alcances de los equipos geofísicos, conformamos una sección de medición, la cual se construyó en un espacio de 60 m de largo por 20 m de ancho, en la que se enterraron tambos (0.86 m de largo por 0.54 m de diámetro) rellenos de rebabas de hierro a diferentes profundidades, 1 m, 2.8 m, 3.4 m y 4.2 m y espaciados 6, 12, 10 m respectivamente entre ellos. Las profundidades indicadas son al techo de los tambos. A la profundidad de 3.4 se enterraron dos tambos uno horizontal y otro vertical separados 1.2 m; A 4.2 m, se enterraron dos tambos en una posición horizontal y perpendicularmente entre sí. Se presentan los primeros resultados de realizar mediciones con diferentes instrumentos geofísicos como lo son gravímetro CG-5, magnetómetros GEM-V-19 y Geometrics 856, eléctricos de resistividad (Syscal R-2; Syscal-Pro y Syscal kid) y Georadar Mala. Con esto generamos una firma para cada equipo, la cual debe de ser muy similar al volverse a medir. Si existen diferencias en las morfologías de las curvas generadas con las curvas firma, el equipo no puede salir al campo, se debe de revisar en el laboratorio antes de permitir su salida. El equipo sale al campo siempre y cuando las curvas firma y generada sean similares, al menos en la morfología de ellas.

EG-3

### SOLUCIÓN AL PROBLEMA DIRECTO EN LA DETECCIÓN DE CAVIDADES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS

Oliva Gutiérrez Marco Antonio y Camargo Guzmán David  
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Ciencias de la Tierra, IPN  
ciencias.fisicas@live.com.mx

En algunos casos en la exploración geoelectrónica para la detección y caracterización de cavidades las propiedades físicas del medio circundante generan factores que enmascaran la resistividad y geometría característica de estas estructuras, por lo que la solución al problema inverso no genera un resultado confiable.

Para resolver esta gran problemática se plantea la integración de técnicas electromagnéticas, sísmicas y eléctricas con la finalidad de realizar una calibración de la anomalía característica de cavidades y de esta manera solucionar el problema directo asociando parámetros geológicos a datos geofísicos

EG-4

### ESTUDIO GEOFÍSICO APLICADO A LA EXPLORACIÓN MINERA EN EL MILAGRO DE GUADALUPE MUNICIPIO DE GUADALCÁZAR, ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

Torres Gaytan David Ernesto y López Loera Héctor  
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A. C.  
dtorres@ipicyt.edu.mx

En este estudio se presentan los resultados de una Investigación Geofísica, que tiene como base inicial un Estudio Aeromagnético, realizado en 1995, por el Consejo de Recursos Minerales (CRM, hoy Servicio Geológico Mexicano, SGM). La información Magnética Aérea y Terrestre se procesó (Etapa I) aplicándole algunos algoritmos matemáticos como lo son, el Campo de Referencia Geomagnético Internacional (IGRF por sus siglas en inglés), los algoritmos matemáticos de Baranov (Reducción al Polo), Henderson y Ziets (Continuaciones Analíticas y Derivadas) y el de Nabighian (Señal Analítica) entre otros. Los resultados de la Magnetometría Aérea muestran la presencia de una anomalía dipolar normal asociada posiblemente a un cuerpo fuente de mineralización (intrusivo) de grandes dimensiones (~180 km<sup>2</sup>), así como la existencia de apósis magnéticos sobre sus flancos NE y Centro S, que se encuentran cubiertos por conglomerados polimícticos y aluvión respectivamente. En la etapa de reconocimiento (II) se verificó la Anomalía Aérea por medio de Secciones Magnéticas Terrestres cada 500 m (campaña 1) y en la porción NE del área de estudio a 250 m (campaña 2) con dirección E-W y estaciones de lectura cada 50 m y 25 m respectivamente, con una longitud total de 109 km lineales cubriendo una superficie de 49 km<sup>2</sup>. Que permitieron conocer la respuesta magnética terrestre y así determinar 14 zonas de mayor interés para su exploración de semidetalle (Etapa II). La Etapa II sólo se realizó en 4 zonas de posible interés minero, realizando Secciones Gravimétricas y Geoelectrónicas (Sondeos Eléctricos Verticales, (SEV) y Perfilaje Eléctrico), al sur y noreste del área de estudio.

Como resultado se desarrolló un modelo geofísico integral con las propiedades de susceptibilidad magnética, densidad, resistividad y cargabilidad con los cuales se interpretó la presencia de un intrusivo de características cuarzomonsónicas.

EG-5

### REVISIÓN DE TRANSFORMACIONES DE ÓXIDO DE HIERRO, EL MAGNETISMO EN LAS ROCAS Y SU INTERPRETACIÓN EN ANOMALÍAS MAGNÉTICAS DEL YACIMIENTO FERRIFERO DE SANTA MARÍA ZANIZA, OAXACA

Morales Díaz Juan Miguel<sup>1</sup> y Alva Valdivia Luis Manuel<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ESIA, IPN  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
jmigmora@hotmail.com

A lo largo del tiempo geológico el estado de Oaxaca ha sido afectado por varios eventos tectónicos de gran importancia, debido a ello se encuentra su compleja estructura geológica de su territorio, pero desde el punto de vista de recurso naturales esto lo hace más atractivo ya que en su orografía convergen dos grandes cadenas montañosas y al crear una tercera, promete guardar cuerpos litológicos que pueden conformar depósitos minerales de gran interés.

En el distrito minero de santa María Zaniza se encuentran varios cuerpos minerales llamado el yacimiento ferrífero Zaniza, considerado como el depósito de hierro más importante del estado.

Dicho depósito puede ser modelado utilizando métodos geofísicos como la prospección magnética pero debido a su ambigüedad necesita correlacionarse con otro método.

El principio básico en el método de exploración magnetométrica se basa en buscar las variaciones del campo geomagnético, que se pueden atribuir tanto a cambios estructurales como a las propiedades magnéticas de las rocas del subsuelo. Busca anomalías causadas por cambios en las propiedades físicas de las rocas, es aquí donde los datos paleomagnético son de gran ayuda ya que estos se fundamentan básicamente en las variaciones espaciales y temporales del campo geomagnético, así como las propiedades de registro (de los minerales magnéticos) de esas variaciones. Siendo así clara su importancia de los minerales magnéticos como un sistema de registro y por consecuencia su análisis y caracterización (modelación geométrica) de áreas en este caso potencialmente ricas en hierro, como se presentan en la margen continental del sur.

Los resultados del estudio paleomagnético, de barrenos y magnéticos de rocas de depósitos de mineral de hierro y de zonas potencialmente ricas asociadas a intrusiones en el estado de Oaxaca aportan datos valiosos para la interpretación de estudios magnetométricos y para la caracterización geométrica del mineral, dando como resultado la ubicación de varias cuerpos de mineral masivo, teniendo el principal una longitud de 1 km de largo por 50 m de ancho aproximadamente.

EG-6

### ESTUDIOS POTENCIALES EN LA SEGUNDA SECCIÓN DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC Y SU COMPARACIÓN CON OTROS MÉTODOS GEOFÍSICOS

Ogando Cerdeira Aurora Yolanda, Escobedo Zenil David, Sánchez González Jesús, Cárdenas Soto Martín y García Serrano Alejandro  
Departamento de Ingeniería Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM  
aurora\_ogando@hotmail.com

El Bosque de Chapultepec ha presentado en los últimos años problemas de subsidencia que han provocado fracturas, agrietamientos y colapsos. A partir de esto, el departamento de Geofísica de la Facultad de Ingeniería, a través de un proyecto FOMIX-CONACyT (No. 121119), inició una campaña de estudios geofísicos para la caracterización del subsuelo en la 2da sección del Bosque.

En las cercanías de la famosa fuente de las Ninfas, se suscitó un colapso en el techo del acceso a una mina que dejó una fosa de 4 metros de diámetro y 13 metros de profundidad. Esta ocurrencia nos permitió explorar un sistema de minas conectadas de casi 400 m total de longitud con diferentes dimensiones de altura y profundidad, utilizando diferentes prospecciones geofísicas que sirvieron para tener un patrón en los resultados con los distintos métodos aplicados.

En este trabajo se presentan los resultados de los levantamientos de micro-gravimetría y magnetometría, y se hace una comparación con los levantamientos de tomografía eléctrica resistiva (2D) e interferometría sísmica (3D).

En los datos de micro-gravimetría se determinó la primera y segunda derivada direccional, así como gradiente vertical. Por otro lado en los datos se determinaron los mapas de intensidad magnética y reducción al polo; adicionalmente se calculó la amplitud de la señal analítica y la derivada "Til" para ambos mapas.

Los resultados obtenidos a partir de los métodos potenciales nos muestran anomalías que claramente se relacionan con el sistema de minas, los cuales se complementan y correlacionan con los otros estudios geofísicos.

Este experimento nos ha permitido ajustar los modelos geofísicos para otras áreas con el mismo problema de cavidades dentro del bosque de Chapultepec. Asimismo realizamos diferentes pruebas de procesamiento de datos potenciales, con las cuales hemos encontrado las que nos definen un mejor contraste y delimitación de las anomalías.

EG-7

### APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA ONDULAR DISCRETA BIDIMENSIONAL, DWT-2D Y DE LA DECONVOLUCIÓN DE EULER, ED, A DATOS MAGNÉTICOS

Cabrera Navarrete Emmanuel Angel<sup>1</sup> y Lozada Zumaeta Mario Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

<sup>2</sup>Coordinación de Geofísica de Exploración y Explotación, Instituto Mexicano del Petróleo  
swordman\_wizzard\_79@hotmail.com

Este trabajo presenta los resultados de aplicar el análisis ondular 2D, como una alternativa no convencional en el procesamiento y análisis de datos magnéticos, y como complemento en la estimación de distribución de profundidades por medio de la Deconvolución de Euler, ED. Se presentan los resultados de la experimentación numérica de las aplicaciones de la transformada ondular 1D en datos sintéticos y reales de carácter magnético, sus propiedades y generalización para el caso 2D.

La metodología utilizada para determinación de la distribución de profundidades del basamento magnético aplicando la ED, se basa en la aplicación de la transformada ondular discreta 2D, DWT 2D, a datos de intensidad de campo magnético total, en el problema de separación de anomalías, esto es, la separación de las contribuciones del campo magnético ocasionadas por fuentes relativamente superficiales (residual) y de profundas (regional). La DWT 2D se utiliza para la caracterización de las tendencias de los gradientes y bordes a diferentes escalas de resolución, que se asume son originadas por discontinuidades estructurales y por los contrastes de susceptibilidades magnéticas de las formaciones, por otra parte, la ED considera los gradientes del plano de anomalías y aporta un conjunto de soluciones relacionadas a la posición de las fuentes y distribuciones en profundidad.

La DWT y la ED han sido probada en modelos sintéticos que permitieron validar la viabilidad de la metodología, y finalmente aplicadas a datos de intensidad de campo magnético de un sector de la porción norte de la cuenca de Tlaxiaco en el Estado de Oaxaca, en donde se encuentran ubicadas las localidades de Huajuapán de León, San Andrés Dinicuiti y San Pedro y San Pablo de Tequixtepec.

Del análisis de resultados de la aplicación de la DWT 2D, la distribución de profundidades obtenidas con la ED, se manifiestan más consistentes cuanto más alto sea el orden de la ondícula Daubechies considerada y aplicada en el problema de separación de anomalías.

Basado en los lineamientos de la información geológica, los resultados concuerdan con los afloramientos del complejo Acatlán al oeste y al norte de la zona de estudio, presentado las profundidades relativamente someras o nulas.

EG-8

### PROSPECCIÓN MAGNÉTICA PARA LOCALIZACIÓN DE LOS CUERPOS TABULARES MINERALIZADOS DE FIERRO, SONORA, MÉXICO

Krivosheya Konstantin, González Naranjo Gildardo y Cossio Torres Tomas  
Geolinsa  
kvk@fct.uanl.mx

En los campos mineros desarrollados es un poco probable encontrar yacimientos grandes. Pero infraestructura disponible permite explotar yacimientos menores con sentido económicamente razonable. Prospecciones magnéticas para localizar los cuerpos mineralizados es una herramienta común. Sin embargo, las condiciones geológicas distintas, cuando las anomalías de las menas están camufladas por anomalías fuertes de las otras formaciones volcánicas, se requieren manejo cuidado de los datos.

En base de un caso (Sonora) se ha presentado la implementación del procedimiento común de la interpretación integral de los datos geológicos y geofísicos: análisis de los datos geológicos y geofísicos de las escalas diferentes – regionales y locales; reconocimiento de las estructuras locales y su entorno regional en base de datos geológicos estructurales, geoquímicos, petrográficos, magnéticos; calculaciones de transformadas del campo magnético para aclarar atributos de campo magnético ligados con diferentes rasgos geológicos (estructurales, petrográficos); evaluación de semejanza de los atributos magnéticos de los yacimientos conocidos y sitios potenciales; modelado de los cuerpos anómalos para concretar sus parámetros estructurales y/o petrofísicos.

La metodología esta aplicada para evaluar recursos potenciales de los cuerpos mineralizados localizados alrededor de una mina productiva. Interpretación cualitativa del campo magnético y datos geológicos regionales permitió localizar sitios potenciales para prospección detallada. Modelado magnético de los rasgos estructurales y petrofísicos de los cuerpos magnetizados permitió evaluar profundidad posible del cuerpo de 200-300 m.

EG-9

### ESTUDIO GRAVIMÉTRICO PARA DELIMITAR EL BASAMENTO DE LA SUBCUENCA DEL ARROYO HUATAMOTE, SAN FELIPE, B. C.

Fuentes Arreazola Mario Alberto, Vázquez González Rogelio y Díaz Fernández Alejandro  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
mfuentes@cicese.edu.mx

Una de las problemáticas más importantes que debe ser resuelta para asegurar el desarrollo de una comunidad, es el abastecimiento de agua potable. En muchas regiones, principalmente las desérticas y costeras del noroeste de México, la disponibilidad de agua potable está condicionado a la correcta gestión del recurso hídrico subterráneo.

El puerto de San Felipe se ubica en el Golfo de California a una distancia de 198 km de la capital, Mexicali. El puerto presenta una amplia zona desértica que provoca escasez superficial y subterránea de agua para consumo humano, actualmente es abastecido por un acueducto que recorre 21 km desde la zona de influencia del arroyo Huatamote hasta las instalaciones de almacenamiento y distribución.

Las condiciones geohidrológicas, en la zona del arroyo Huatamote, no están bien estudiadas, situación por lo cual la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM) se encuentra interesada en caracterizar y cuantificar el potencial del acuífero establecido en la zona, por lo que se plantea prospectar, como primer etapa el subsuelo.

Se propuso una malla compuesta por 76 estaciones de medición gravimétrica; los valores de gravedad fueron obtenidos con el gravímetro CG-5 Scintrex Autograv System.

En este trabajo se reporta la interpretación de la anomalía de Bouguer, que es el resultado de corregir los datos observados eliminando la influencia de los siguientes factores: deriva del instrumento, latitud de la estación, elevación de la estación (aire libre y gravedad de Bouguer), topografía local, siendo estas correcciones referidas a la estación base.

Se modelaron seis perfiles correspondientes a las líneas de estaciones gravimétricas que definieron la malla, así como un perfil en dirección NW – SE que coincide con la dirección del gradiente regional observado.

La configuración espacial del subsuelo obtenida, puede ser utilizada como base para proponer un modelo geohidrológico de la subcuenca, que permita una mejor comprensión de los procesos que inciden en la zona, y que dicho modelo pueda ser considerado como herramienta auxiliar para la toma de decisiones en la administración de este importante recurso en la región.

EG-10

### TRANSFORMADA ONDULAR DISCRETA 2-D APLICADA A LA RESIDUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ANOMALÍA DE BOUGUER

Fragoso Chino Angel<sup>1</sup> y Lozada Zumaeta Mario Manuel<sup>2</sup><sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Petróleo, IMP  
afragosoc0400@gmail.com

La Transformada Ondular Discreta bidimensional (DWT 2-D) es una técnica alternativa de análisis de métodos potenciales, que contribuye significativamente en la fase de procesamiento e inversión de datos. Algunas de las aplicaciones consisten en la interpretación de perfiles y reducción de ruido, además de utilizarse como método de estimación de profundidades e identificación de tipos de fuentes.

En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de la DWT 2-D en el análisis de datos gravimétricos, dentro de los procesos de separación de anomalías regionales y residuales del plano de anomalía de Bouguer. También se presentan los resultados del análisis de diversos datos numéricos experimentales con la DWT 1-D, así como sus propiedades y generalización para el caso 2-D.

La DWT 2-D arroja como resultado una componente de aproximación y tres de detalle que son: horizontal, vertical y diagonal, en cada nivel de descomposición. Mediante el componente de aproximación se representan las anomalías más amplias que se pueden asociar a cuerpos profundos, lejanos o de tendencia regional, en tanto que las de detalle con estructuras someras, según sea el caso. La DWT 2-D se aplica sucesivamente obteniéndose diversos niveles, que pueden asociarse a anomalías regionales y residuales a escalas diferentes.

La DWT 2-D se aplicó en modelos sintéticos que permitieron validar la viabilidad de la metodología, y finalmente a datos de la anomalía de Bouguer de un sector de la cuenca de Tlaxiaco, en el Estado de Oaxaca. Del análisis de resultados se encuentra un grado de dependencia con el orden de la ondícula Daubechies considerada (4 y 10), así como con el nivel de descomposición y reconstrucción, en la representación de las anomalías tanto regionales como residuales.

EG-11

### UN MODELO DE LA DENSIDAD DE LA CORTEZA OCEÁNICA EN LA REGIÓN DE LOS ESCOLLOS ALIJOS, INFERIDO MEDIANTE LA INVERSIÓN LINEAL DE SU ONDULACIÓN GEOIDAL

García Abdeslem Juan

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

jgarcia@cicese.mx

Los Escollos Alijos, ubicados a unos 250 km al occidente de la Península de Baja California, son tres bloques rocosos que sobresalen unos 30 m SNM y que en conjunto ocupan una área de ~ 1000 m<sup>2</sup>. Los Escollos Alijos solamente son la expresión superficial de uno de los montes marinos más grandes de la Zona Económica Exclusiva de México (sub-provincia I) en el Océano Pacífico Oriental, con las siguientes dimensiones: 60 km de largo, 30 km de ancho y casi 4 km de altura respecto al piso oceánico. Davis et al. (1995) determinaron una edad 40Ar/ 39Ar de 270 ± 16 ka para las rocas de los escollos y su análisis geoquímico indica volcanismo alcalino (Traquita) con deficiencia en Europio.

En este trabajo se presentan resultados del procesamiento y modelación directa e inversa de datos de ondulación geoidal del modelo EGM-2008 en la región de los Escollos Alijos. Los resultados de la modelación sugieren que existe una estructura cilíndrica con deficiencia de masa en la corteza oceánica bajo Escollos Alijos, la cual se interpreta como el conducto del magma que ha construido este gran monte marino.

EG-12

### HEAT FLOW AND THERMAL ISOSTASY OF MÉXICO

Espinoza Ojeda Orlando Miguel y Harris Robert N.

College of Earth, Oceanic and Atmospheric Sciences, Oregon State University, USA

espinoor@onid.orst.edu

Although heat flow measurements in Mexico are relatively sparse, there are enough measurements to broadly characterize heat flow provinces [e.g., Smith et al., JGR, 1979, pg. 2371-2379; Ziagos et al., JGR, 1985, pg. 5410-5420]. We have updated the heat flow data set for Mexico using a variety of data sources including 173 measurements [from published works and personal communication (CFE with bottomhole temperatures and PEMEX with temperature-depth measurements)].

Our updated values indicate average heat flow in the Gulf Extensional Province (96±23 mW/m<sup>2</sup>), Mexican Basin and Range (81±22 mW/m<sup>2</sup>), and Baja California (79±19 mW/m<sup>2</sup>) are relatively high, consistent with geologic estimates of extension. In contrast low heat flow values < 40 mW/m<sup>2</sup> are found in the forearc region of the Middle America Trench. The Sierra Madre Occidental has

a mean heat flow of 75±12 mW/m<sup>2</sup>, while the Sierra Madre Oriental has a mean heat flow of 72±18 mW/m<sup>2</sup>. Farther south, heat flow in the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) is 78±26 mW/m<sup>2</sup>.

We use the updated heat flow data set to better understand thermal isostasy of Mexico. Continental elevations result from a combination of buoyancy (i.e. compositional and thermal) and geodynamic forces. We estimate the average crustal thickness and average density for each province and adjust the mean elevation for these compositional affects [Hasterok and Chapman JGR, 2007a, b, doi:10.1029/2006JB004663, doi:10.1029/2006JB004664]. We find that the extensional provinces lie above the theoretical isostatic relationship between elevation and heat flow, while other provinces fall below this relationship. We attribute these low values of adjusted elevation to the presence of the relict Farallon Slab.

EG-13

### INTERPRETACIÓN DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 2D MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FILTROS PROMEDIO MÓVIL Y MEDIANA

Aguirre Díaz Juan Pablo, Esteves Robles Sandra y Tejero Andrade Andres

Facultad de Ingeniería, UNAM

pbagdz@gmail.com

La tomografía de resistividad eléctrica es un método en la prospección eléctrica de corriente continua que sirve para calcular la distribución de la propiedad de resistividad en el subsuelo y obtener una imagen geoelectrónica que muestre la distribución de la resistividad verdadera del subsuelo.

Los equipos de última generación para prospección eléctrica permiten leer con varios canales simultáneamente, lo que abre nuevas posibilidades de analizar el ruido durante la toma de datos. El ruido se puede clasificar en dos tipos: sistemáticos (polarización de electrodos, resistencia de contacto, corrientes telúricas, etc.) y aleatorios, por lo que en el presente trabajo se estudia la aplicación de filtros de promedio móvil y mediana para la disminuir el efecto, principalmente, del ruido aleatorio bajo la condición que los errores sistemáticos no cambian.

Se presenta la aplicación de los filtros e interpretación de datos de tomografía de resistividad eléctrica 2D.

EG-14

### MAPEO DE DISCONTINUIDADES SUPERFICIALES OCASIONADAS POR SUBSIDENCIA CON EL MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO DE BAJO NÚMERO DE INDUCCIÓN

Sansón Vera Gonzalo David<sup>1</sup>, Arango Galván Claudia<sup>1</sup> y Salas Corrales José Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

gsansvera@gmail.com

La demanda creciente de abastecimiento de agua potable a grandes ciudades, conlleva a la sobreexplotación del agua subterránea y con ello, al desarrollo inherente de las variadas problemáticas entorno a esta práctica. Ejemplos frecuentes de estos fenómenos son la subsidencia diferencial y el desarrollo de grietas, entre otras. Los métodos geofísicos, como conjunto de técnicas para el estudio del subsuelo, muestran su importancia toda vez que son capaces de proporcionar información que amplía la conceptualización e interpretación de las variables que intervienen en estos problemas y facilitan su resolución. La zona de estudio abarca un espacio deportivo en la comunidad de San Antonio Tecómitl, Milpa Alta, al sureste del Distrito Federal. El contexto geológico de esta área es el típico de una zona de transición entre los sedimentos lacustres y aluviales del Cuaternario y las rocas ígneas extrusivas de la Formación Chichinautzin. Se aplicó el método de inducción electromagnética con una configuración de bobinas coplanares horizontales (dipolos magnéticos verticales) y una separación entre bobinas de 2 y 4 m. El sistema de inducción electromagnética se operó en condiciones de número de inducción bajo, para caracterizar los patrones superficiales de las propiedades eléctricas del terreno a dos profundidades distintas de investigación e inferir así zonas susceptibles de formación de nuevas grietas. La interpretación fue posible a través de la visualización directa en planta de las variables calculadas a partir de las componentes del campo electromagnético observado, es decir, la conductividad eléctrica y la componente en fase. Los resultados obtenidos son promisorios toda vez que fue posible observar patrones de discontinuidad con valores de conductividad ligeramente más altos, correspondientes con la aparición de grietas en temporadas anteriores. Dichos valores parecen estar asociados con la presencia de material menos consolidado susceptible de tubificación que eventualmente podría suponer la aparición de una grieta franca. El método muestra buenos resultados preliminares que pueden ser perfectamente utilizados para una prospección a mayor detalle.

EG-15

### INSPECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EXTERNA DE DUCTOS EN DERECHOS DE VÍAS COMPARTIDOS

Delgado Rodríguez Omar, Mousatov Aleksandr, Nakamura Labastida Edgar, Flores Roa Alberto, Chacón Cruz Eduardo y Castañeda Luna Miguel Angel  
Investigación y Posgrado, IMP  
odelgado@imp.mx

Las inspecciones externas proporcionan información principalmente sobre el grado de daño en el revestimiento, estado del sistema de protección catódica y nivel de sus potenciales. Para calcular estos parámetros se aplican métodos eléctricos (E) y electromagnéticos (EM) no destructivos sobre la superficie de la tierra. Métodos eléctricos como Close Interval Pipe-to-Soil Potential Survey (CIPS) y Direct Current Voltage Gradient (DCVG) evalúan cualitativamente los intervalos dañados del revestimiento del ducto con mediciones de campo eléctrico de CD, pero no proporcionan una estimación cuantitativa de la resistencia de revestimiento y requieren de equipo especial para sincronizar el encendido y apagado de las estaciones de protección catódica. El método EM comercial PCM (Pipeline Current Meter) está basado en la medición del campo magnético en la superficie del terreno sobre el ducto y está enfocado a determinar la ubicación de la tubería y detectar zonas con revestimiento dañado, pero no proporciona información cuantitativa el nivel del daño. Todos los métodos mencionados anteriormente presentan serias limitaciones cuando se trata de grupos de ductos interconectados con distancias de separación entre ellos comparables o menor a sus profundidades. En el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) se desarrolló la Tecnología de Inspección Electromagnética Superficial (TIEMS) para la evaluación cuantitativa del estado del revestimiento de los ductos en condiciones complejas del Derecho de Vía (DDV): grupo de ductos cercanos e interconectados, profundidades de los ductos mayores a 15 m, cercanías a líneas de alta tensión, y alta resistividad del suelo alrededor del ducto. La TIEMS permite: (1) determinar la trayectoria geométrica del ducto en plano y profundidad, (2) evaluar zonas con daños en el revestimiento, (3) detectar conexiones de ductos en operación con tuberías fuera de servicio, (4) caracterizar un grupo de tuberías interconectadas, (5) estimar el nivel de agresividad del subsuelo. Para lograr estos alcances la TIEMS cuenta con su propia instrumentación: generador de alta potencia, medidor de campo EM unificado y antenas magnéticas, además del software SITIEMS que facilita el procesamiento e interpretación de los datos adquiridos en campo. Se presentan ejemplos prácticos de la aplicación de la TIEMS en situaciones complejas del DDV.

EG-16

### USO DEL ANÁLISIS DE FOURIER PARA LA EVALUACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN LA TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA CAPACITIVA (TEC)

Kiuroz Suárez Diego, Hernández Quintero Juan Estaban y Cifuentes Nava Gerardo  
Instituto de Geofísica, UNAM  
diego.qsuarez@gmail.com

Los estudios de Tomografía Eléctrica Capacitiva (TEC) generan una imagen de la distribución tanto lateral como a profundidad de la resistividad. En el presente trabajo se propone un tratamiento espectral (análisis de Fourier) de los datos de la TEC con el fin de mejorar la calidad, mediante la elaboración de espectrogramas para evaluar la calidad de las señales y eliminar el "ruido" por cada nivel de profundidad. En algunos casos es posible enfatizar y clarificar las anomalías de origen natural que se encuentran en el subsuelo.

La técnica de Tomografía Eléctrica Capacitiva (TEC) está basada en un arreglo de cuatro puntos de acoplamiento capacitivo sobre la superficie a través de la transmisión de corriente variable en el subsuelo (en los casos que se presentan varía entre 0.25 y 16 mA). Los perfiles obtenidos van de 100 hasta 240 metros (la configuración del dispositivo de medición puede variar entre los 25 y los 29 metros de longitud). Esta técnica (TEC) es una herramienta útil para hacer trabajos someros en donde la infraestructura urbana no puede ser alterada.

Los datos de resistividad capacitiva, utilizados fueron adquiridos con el equipo OhmMapper Geometrics Inc. En tres diferentes zonas de estudio de la Ciudad de México para identificar las áreas de riesgo geológicos como consecuencia de fracturas, hundimientos y subsistencia; Reforma Iztaccihuatl de la delegación Iztacalca, en San Antonio Tecómitl en la delegación Milpa Alta, y San Salvador Xochimilca en la Delegación Azcapotzalco.

Se presentan los resultados preliminares en donde se observan resultados en donde esta técnica muestra su utilidad.

EG-17

### CARACTERIZACIÓN GEOELÉCTRICA CON TRANSITORIO ELECTROMAGNÉTICO DE UNA PORCIÓN DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE AMEALCO, QUERÉTARO

Salas Corrales José Luis<sup>1</sup>, Arango Galván Claudia<sup>1</sup> y Arias Paz Alberto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM  
ppluis@gmail.com

Se presentan los resultados de la implementación del método transitorio electromagnético (TEM) para caracterizar geoelectricamente una porción del acuífero del Valle de Amealco, Querétaro. Se realizó la adquisición de un perfil N-S con nueve sondeos abarcando una distancia de 26 km. La disposición espacial del perfil tiene el objetivo de conocer la posible continuidad del acuífero que está en explotación, en la parte sur de la caldera, con el Valle de San Juan del Río (parte norte de la caldera), así como conocer la distribución de las resistividades en el subsuelo donde se empuja el acuífero. Para la adquisición de los sondeos de transitorio electromagnético se utilizó un equipo terraTem con una configuración de bobina simple de 300 m por lado, con lo que se logró llegar a una profundidad aproximada de 600 m. Se modelaron los datos medidos para obtener el perfil de resistividad eléctrica. Del análisis de la imagen geoelectrica se distinguen tres unidades de propiedades eléctricas diferentes. En la parte sur se detecta una unidad conductiva asociada al acuífero en explotación, con valores de resistividad de entre 10 y 20 ohm-m, al parecer constituida por depósitos pumíticos de relleno, con un espesor promedio de 500 m. Se distingue también una unidad con valores de resistividad en un rango entre 30 y 50 ohm-m. Finalmente es posible identificar una unidad resistiva asociada a las ignimbritas impermeables presentes en la parte norte, con valores de resistividad mayores a 100 ohm-m. Se concluye que la porción sur o Valle de Amealco, está constituido por depósitos pumíticos de relleno, con espesor promedio de 500 m. En esta área se encuentra la mayoría de los pozos de abastecimiento actual. No es posible determinar una conexión de flujo subterráneo hacia el Valle de San Juan del Río por la profundidad de penetración de los sondeos. Se recomienda complementar los estudios geofísicos en el área para tener información a mayor profundidad y poder determinar la existencia de una posible conexión del flujo subterráneo.

EG-18

### LANDFILL DELINEATION USING TIME AND FREQUENCY DOMAIN INDUCED POLARIZATION: A CASE STUDY

Buecker Matthias<sup>1</sup>, Arango Galván Claudia<sup>2</sup>, Flores Orozco Adrián<sup>3</sup>, Villanueva Estrada Ruth Ester<sup>2</sup>, Rocha Miller Roberto<sup>4</sup>, Pita Carlos<sup>5</sup> y Kemna Andreas<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Departamento de Geodinámica y Geofísica, Universidad de Bonn, Alemania  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>3</sup>Departamento de Geofísica, Universidad Técnica de Viena, Austria  
<sup>4</sup>RESINERGIJA SAPI de C.V.  
<sup>5</sup>Geotem Ingeniería, S.A. de C.V.  
buecker@geo.uni-bonn.de

Due to their sensitivity to chemical and textural changes, induced polarization (IP) measurements are well suited for the delineation of buried landfills. In this study, time- and frequency-domain IP profiles were collected at the former landfill site Prados de la Montaña, Santa Fé, in Mexico City. Although imaging results from the time-domain IP measurements revealed highly conductive electrical anomalies corresponding to the extension of the solid waste, interpretation of polarization images resulted challenging due to high noise levels. However, frequency-domain IP measurements conducted on the same profiles revealed a significantly higher signal-to-noise ratio with well-defined anomalies in both the electrical conductivity and polarization images, and permitted for a more detailed characterization of the waste deposits. Analysis of the frequency-dependence also revealed changes associated with lithological and chemical variations in the subsurface.

EG-19

### SENSIBILIDADES DE LOS MÉTODOS DE POLARIZACIÓN INDUCIDA ESPECTRAL Y DE SONDEOS TDEM A LOS PARÁMETROS COLE-COLE DE UN SEMIESPACIO POLARIZABLE

García Fiscal Salvador y Flores Luna Carlos Francisco  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
salgarcia@cicese.edu.mx

Estudios de laboratorio de Polarización Inducida Espectral (PIE) en rocas y muestras sintéticas han mostrado que algunos de los cuatro parámetros Cole-Cole (resistividad de frecuencia cero, cargabilidad, constante de tiempo y exponente) pueden dar información útil sobre la petrofísica del subsuelo en aplicaciones mineras, geohidrológicas y de contaminación. Como ejemplos notables están la estimación de la concentración y textura de rocas

mineralizadas a partir de la relación entre la cargabilidad y la constante de tiempo y la estimación de la conductividad hidráulica usando la constante de tiempo. Sin embargo, la estimación real de los parámetros Cole-Cole del subsuelo a partir de mediciones de campo con el método PIE tiene fuertes limitaciones debido a la fuerte no-linealidad del problema directo y la alta no-unicidad del problema inverso. Una forma de reducir estos problemas es el uso de otro método geofísico que también sea sensible a la polarizabilidad del terreno. Este método es el de sondeos electromagnéticos transitorios (TDEM). El objetivo final de este proyecto es, entonces, el desarrollo de un programa de inversión conjunta 1D de los métodos PIE y TDEM. Como un primer paso para lograr esta meta se implementó la solución al problema directo del método de PIE, que consiste en el cálculo del voltaje en un bipolo receptor producido por un bipolo transmisor que inyecta una corriente senoidal. Para obtener este voltaje es necesario integrar el campo eléctrico puntual a lo largo del alambre del bipolo receptor e integrar el dipolo eléctrico a lo largo del alambre del bipolo transmisor. El campo eléctrico de un medio estratificado de un dipolo eléctrico está definido por cuatro transformadas de Hankel, las cuales son resueltas con el método de convolución. Esta solución es válida para todas las frecuencias; de esta forma la eliminación del efecto de acoplo electromagnético no es un problema. En relación al método de sondeos TDEM, ya se tiene en funcionamiento la solución para un medio 1D con polarización Cole-Cole en cada capa. En este trabajo presentamos las sensibilidades de las respuestas de ambos métodos geofísicos a los cuatro parámetros Cole-Cole de semiespacios homogéneos, considerando para ello diferentes combinaciones de parámetros. De esta forma tendremos una idea de en qué condiciones los parámetros están bien o mal resueltos y la contribución de cada método.

EG-20

### CRUSTAL THICKNESS VARIATIONS ACROSS THE COLIMA GRABEN FROM MT DATA AND PROBABLE MAJOR CRUSTAL DISCONTINUITY

Arzate Flores Jorge Arturo<sup>1</sup>, Álvarez Béjar Román<sup>1</sup>, Yutis Vsevolod<sup>2</sup> y Almaguer R. Jocelyn

<sup>1</sup>UNAM

<sup>2</sup>IPICYT

arzatej@geociencias.unam.mx

The Colima Graben (CG) is known as the SW limit of the Jalisco Block (JB), where the Rivera and Cocos plates coincide along a diffuse frontier that define varying subduction regimes at either sides of the contact zone. The CG has been interpreted as a detachment zone where the differences in subduction slab angles of Rivera and Cocos plates induce a poloidal ascendant flow of material from the upper mantle that partially explains the presence of widespread mantle derived magmas within and around the JB.

Here we present a magnetotelluric profile, rotated to the regional strike ( $\# - 0^\circ$  or NS) that runs across the CG, about 30 to 50 km sub-parallel to the coast, which reveals important crustal thickness variations within relatively short distances. A 30 km wide, 30 mgal amplitude Bouguer anomaly correlates with an anomalous conductivity zone along coincident profiles suggesting the existence of a major crustal discontinuity. According to our results, crustal thicknesses at either side of the anomalous conductor vary from ~40 km to ~50 km. The regional gravity field is consistent with a shallow upper mantle below the Rivera plate, which shows values from 5 to 20 mgals larger than those on the Eastern side of the crustal discontinuity.

Based upon anomalous conductivity sections within the JB correlated with a seismicity profile perpendicular to the trench, and assuming that most of the low intensity seismic events ( $M < 4$ ) occur above the subducting slab due to fluid decompression, we deduce a subducting dipping angle of  $\sim 40^\circ$  and closer to the trench oceanic slab bending. Available seismicity data is fully consistent with the conducting fluid migration model above the slab and with an anomalous conductor associated with a fracture zone connecting the subducting plate with the Colima volcanic complex zone.

EG-21

### PROBLEMA DIRECTO DE TRAZADO DE RAYOS EN REFLEXIÓN SÍSMICA, MEDIANTE EL MÉTODO DE TIRO Y LA TÉCNICA DE OPTIMIZACIÓN SDIO

Aguirre López Mario Alberto<sup>1</sup>, Soto Villalobos Roberto<sup>1</sup>, Almaguer Martínez Francisco Javier<sup>2</sup> y Méndez Delgado Sóstenes<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL

marioal1906@hotmail.com

El presente trabajo consiste en la aplicación de la técnica de trazado de rayos en conjunción con el método de tiro y la técnica de optimización SDIO para resolver el problema directo de reflexión sísmica en dos dimensiones, a partir de la profundidad y el buzamiento de los reflectores sísmicos, la velocidad de propagación asociada a tales reflectores y las posibles zonas de falla presentes, del modelo que se genera.

El problema de trazado de rayos determina el camino que sigue una onda sísmica desde el lugar en la superficie donde se genera (fuente) hasta otro donde arriba (geófono), permitiendo visualizar la respuesta de un modelo propuesto ante el paso de una onda sísmica.

El método consiste en suponer varios rayos que se introducen en el subsuelo, generando ángulos de salida, a los cuales se determina su trayectoria haciendo uso de la Ley de Snell y de la geometría analítica, hasta llegar a la posiciones en la superficie a las cuales arriban los rayos (posibles soluciones del problema); después, se hace uso de la técnica de optimización SDIO para generar nuevos rayos que brinden mejores soluciones, realizando un proceso iterativo.

Spiral Dynamics Inspired Optimization (SDIO), es una metaheurística, las cuales son procesos iterativos que utilizan agentes de búsqueda para encontrar los mínimos (o máximos) de una función objetivo (en este caso la distancia entre el geófono y la posición final del rayo). SDIO se basa en los fenómenos naturales que ocurren en forma de espiral, como los frentes de baja presión y las corrientes giratorias; su metodología consiste en hacer converger las posibles soluciones hacia la mejor solución encontrada en cada iteración mediante una matriz de rotación y una razón de convergencia de distancia entre dos puntos, teniendo como fundamento que el punto de búsqueda que brindaría la solución ideal se encuentra próximo a algunos otros que darían buenas soluciones. De esta manera, la mejor solución presente en cada iteración funciona como un sumidero que atrae hacia sí a las demás posibles soluciones, las cuales pueden encontrar una mejor solución que ésta, al evaluar la función objetivo en otra posición, obteniendo así una solución más próxima a la ideal al final del proceso iterativo.

EG-22

### SECCIÓN CUASI 2D DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE A PARTIR DEL REGISTRO DE RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL

Cruz Hernández Favio y Rodríguez González Miguel

*Instituto de Ingeniería, UNAM*

fcruz@iingen.unam, oivaf82@hotmail.com

Cada vez más los ingenieros y los geofísicos, utilizan la sísmica de dispersión de ondas superficiales para estimar la estructura somera de la velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ). La ventaja radica en la facilidad con que se mide tanto en zonas urbanas y rurales además, la profundidad de investigación puede ser mayor que aquellos métodos tradicionales como la sísmica de refracción. En el mapeo de estructuras 2D la sísmica de dispersión puede ser una alternativa a los métodos de tomografía sísmica y tomografía eléctrica.

Este trabajo propone una metodología que construye una sección cuasi 2D de velocidades de ondas de corte al extraer la dispersión de ondas superficiales Rayleigh contenida en el ruido sísmico ambiental. La adquisición de datos es simple, ya que sólo se requiere registrar el campo de ruido sísmico utilizando geófonos verticales en arreglos lineales, el procedimiento se repite desplazando el arreglo hasta alcanzar la distancia de exploración requerida. La etapa preliminar del procesamiento de datos utiliza técnicas de interferometría pasiva para construir sismogramas virtuales entre pares de estaciones, en lo que sigue, se ordenan los sismogramas siguiendo el procedimiento de punto de profundidad común (CDP, por sus siglas en inglés) que utiliza la sísmica de reflexión 2D para formar un conjunto de sismogramas de punto medio común (CMP, por sus siglas en inglés). En la última etapa cada conjunto de sismogramas de CMP es transformado al dominio velocidad de fase contra frecuencia para extraer la curva de dispersión e invertirla para estimar la velocidad de onda S y construir la sección de velocidades.

La aplicación que presentamos emplea datos recopilados en la ciudad de México para el mapeo de agrietamientos. Los resultados muestran mayor información en profundidad que el obtenido por el análisis multicanal de ondas superficiales (MASW, por sus siglas en inglés) que utiliza fuente controlada.

EG-23

### SECUENCIA BÁSICA DE PROCESAMIENTO SÍSMICO EMPLEANDO SEISMIC UN\*X

Lucas Hernández Isay Humberto, Pereznegrón López Hugo Ignacio y Ordóñez Ochoa Mayra Noemi  
*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN*  
isay123@hotmail.com

Seismic Un\*x ofrece un poderoso meta lenguaje de programación y procesamiento sísmico empleado en la investigación y enseñanza.

Mediante rutinas programadas se pueden realizar secuencias de procesamiento. Desde el ajuste de la geometría de adquisición, filtrado de ruidos, análisis de velocidades, correcciones dinámicas (NMO) y estáticas, apilamientos e implementación de algoritmos de migración.

Se pretende demostrar mediante la utilización de datos 2D las ventajas y desventajas que provee dicha paquetería así como el impacto que tiene el uso de software 'open source' y datos libres.

EG-24

### MEDICIONES DE SÍSMICA PASIVA SOBRE EL FONDO MARINO SOMERO, UNA ALTERNATIVA DE EXPLORACIÓN CON FINES GEOTÉCNICOS

Cruz Hernández Favio<sup>1</sup>, Rojas Hernández Rodrigo<sup>2</sup>, Rodríguez González Miguel<sup>1</sup>, Camargo Guzmán David<sup>3</sup>, Chavacán Ávila Marcos<sup>3</sup>, Salas Ariza Jessica Jazmín<sup>3</sup> y Alanis Hernández Adolfo<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Estudios de Ingeniería Geofísica e Ingeniería Civil, S.A. de C.V.

<sup>3</sup>Exploración perforación y estudios del subsuelo, S.A. de C.V.

<sup>4</sup>C&C Technologies Survey Services

fcruz@ingen.unam.mx, oivaf82@hotmail.com

La estimación de los parámetros dinámicos, la velocidad de cortante (Vs) y el periodo predominante (T) en suelos, son de gran interés para los ingenieros. Las metodologías de sísmica pasiva (dispersión de ondas superficiales y cocientes espectrales) pueden ser una alternativa viable, por ser oportuna y de bajo costo, en la adquisición de datos y obtención de estos parámetros en sitios con tirantes de agua someros, ya que no requieren de una fuente de ondas activa pues utilizan el campo de ruido sísmico que está presente en la superficie terrestre (tanto en el continente como en el océano). Su aplicación principal es en sitios particulares en donde el nivel de ruido sísmico es alto, y por esto, la aplicación de la sísmica de refracción y reflexión es limitada.

El siguiente trabajo presenta una aplicación de mediciones de sísmica pasiva en el fondo marino. Los problemas a resolver por los ingenieros fueron: a) la adecuación e instalación de sensores en el fondo marino, b) garantizar el registro simultáneo de las señales provenientes de todos sensores, c) el desarrollo del trabajo sismológico en el ambiente marino.

Los resultados de velocidades de onda S, consideran la información geotécnica (espesores y pesos volumétricos) para constreñir el modelo en la inversión de datos. La integración de resultados indica, que el espesor de los sedimentos se incrementa hacia el interior del trazo explorado.

EG-25

### GEOMORFOLOGÍA SÍSMICA APLICADA AL ANÁLISIS DE UN CAMPO PETROLERO

Rocha de la Vega Francisco Rubén<sup>1</sup>, Hernández Rivera Karen Aurora<sup>2</sup> y Rocha Legorreta Francisco Javier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Ciencias de la Tierra, IPN

<sup>2</sup>Pemex Exploración y Producción

f.rocha@prodigy.net.mx

La geomorfología sísmica es la extracción de vistas geomorfológicas utilizando, en gran parte, datos sísmicos tridimensionales. Esta nueva rama evoluciona rápidamente y facilita la prospección geofísica-geológica del subsuelo usando vistas de planta en tiempo de secciones sísmicas. Así mismo, utiliza una variedad de técnicas para visualizar elementos de depósitos y otras características geológicas de relevancia.

Mediante esta técnica fue posible identificar en la Cuenca Tampico-Misantla estructuras estratificadas (referidas a ambientes fluviales o de transición) y un anticlinal de tipo roll-over, el cual forma parte importante en el entrapamiento de los hidrocarburos. Dicho análisis requirió de la creación de un flujo de trabajo que permitiera generar superficies horizontales de datos sísmicos 3D (strata slices), las cuales ayudaron a la identificación de las estructuras antes mencionadas.

El éxito del trabajo dependió no solo del buen manejo de herramientas tecnológicas sino también del conocimiento de los principios de la geomorfología y sedimentología, así como del marco geológico de la zona que se estudió.

EG-26

### ESTUDIO DE LOS ESFUERZOS COMPRESIONALES MEDIANTE PROPAGACIÓN DE ONDAS ELÁSTICAS EN NÚCLEOS DE YACIMIENTOS PETROLÍFEROS

Jaimes Castro Gerardo<sup>1</sup> y Bejarano Silvia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Exploración Oriente, PDVSA

<sup>2</sup>Universidad Federal de Recife

jaimesgt@pdvsa.com

En los diseños de estimulación mediante fracturamiento hidráulico es importante el conocimiento de las magnitudes y direcciones de los esfuerzos compresionales, convencionalmente se obtienen con técnicas de microfrac y registros de imágenes. Una técnica emergente es la obtención de las direcciones con ensayos de laboratorio, utilizando la propagación de ondas acústicas en muestras de núcleos. El objetivo de este trabajo es determinar las direcciones de los esfuerzos compresionales mediante la propagación de ondas

elásticas en el núcleo de un pozo petrolífero". los ensayos se realizaron sobre muestras rocosas con geometría cilíndrica, encontrándose que la amplitud es proporcional al cambio de la densidad y presión confinante, angularmente hay una relación directa entre ellas y la dirección de los esfuerzos horizontales alrededor del pozo. En el laboratorio se determinó la dependencia de las ondas "S1" y "S2" tanto en amplitud como en velocidad con la densidad. Las amplitudes máximas y mínimas se correlacionaron con el registro de imagen, lográndose corroborar en buena aproximación la dirección de los breakouts.

EG-27

### ANÁLISIS INICIAL DE UN REGISTRO TRIDIMENSIONAL DE SÍSMICA DE POZO (3DVSP) ADQUIRIDO EN REGIÓN MARINA MÉXICO

Peralta Ortega Sergio<sup>1</sup>, Rufino Jiménez Rogelio<sup>1</sup>, Li Xinyuan<sup>1</sup>, Soriano Mercado Esteban<sup>2</sup>, Pérez González Tomas<sup>2</sup> y Hernández Díaz María Josefina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Schlumberger

<sup>2</sup>PEMEX

sorgeta2@slb.com

El uso de los perfiles sísmicos verticales tridimensionales (3DVSP), ayuda a los geocientíficos no solo a obtener imagen de mayor resolución comparada con la sísmica de superficie, sino también a la calibración de los modelos de velocidades, obteniendo parámetros para construir modelos anisotrópicos más completos y precisos, con lo que se vuelve una herramienta de suma importancia tanto para fines exploratorios como de desarrollo, ayudando a definir con mejor precisión las próximas localizaciones a perforar.

En este trabajo de modelado se simuló 40 receptores tipo GAC (Geófono Acelerómetro) y un total de 20500 disparos, con una distancia entre disparo de 50m conformando una geometría tipo espiral incrementando a cada 150m hasta cubrir un radio máximo de 7 Km. Se efectuó trazado de rayos utilizando el modelo inicial anisotrópico de tipo VTI (Isotropía Transversal Polar o anisotropía polar), sin embargo la complejidad del modelo estructural mostró que la aproximación por medio del trazado de rayos no resultaba suficiente para resolver la complejidad geológica del área. Diferencias Finitas fueron utilizadas en un inicio en su modalidad de 2D y posteriormente 3D para entender con mejor precisión la complejidad del área en cuestión, donde un total de 820000 trazas fueron obtenidas.

Como paso final en la etapa de planeación se realizaron diferentes pruebas de migración algunos códigos están basados en la teoría de trazado de rayos, tales como Kirchhoff y GRT, de las cuales se dedujo que no podrían controlar las reflexiones con ángulos de incidencia que excedían los 45 grados. Se efectuaron pruebas con el código de migración de tipo RTM (Reverse Time Migration por sus siglas en inglés), donde se probó que este algoritmo resultó ser el más adecuado para resolver la complejidad estructural del área, ya que el código tipo RTM se basa en el principio de la propagación de onda completa. De acuerdo a la migración RTM se puede deducir que es posible obtener una imagen que explique el contexto geológico del área, esta asunción es válida bajo la consideración que el modelo de velocidades utilizado representa el ambiente geológico y que las consecuencias de utilizar un modelo con grades incertidumbres nos puede conducir a que los resultados modelados distaran en forma significativa de la respuesta real.

EG-28

### INTEGRACIÓN GEOLÓGICA-GEOFÍSICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS IMÁGENES SUBSALINAS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Ortiz Alemán Carlos, Villaseñor Rojas Pedro, Cerón Fernández Alejandro, Trujillo Alcántara Alfredo y Lara Corona Juan

Instituto Mexicano del Petróleo

carloso@servidor.unam.mx

La exploración sísmica en regiones con presencia de tectónica salina representa un reto importante en la actualidad. La principal herramienta de construcción de las imágenes sísmicas en este tipo de ambientes geológicos es la migración en profundidad antes de apilar (PSDM). Este método requiere de la construcción de un modelo de velocidades muy preciso, que solamente puede construirse de manera robusta incorporando toda la información geológica y geofísica disponible para cada área de estudio. En este trabajo se presenta un esquema de integración de datos geofísicos y geológicos para la construcción optimizada del modelo de velocidades para el proceso PSDM. La integración incluye: inversión de datos potenciales de alta resolución (gravimetría, magnetometría y gradiometría gravimétrica), análisis de iluminación y trazado de rayos, restauración y balanceo de secciones sísmicas, modelado análogo en caja de arena. Se presentan resultados donde es posible visualizar la mejora en términos de resolución en las imágenes sísmicas de subsuelo, al emplear modelos de velocidades optimizados con esta metodología integral.

EG-29

### WALKAWAY VSP EMPLEADO PARA DISMINUIR EL RIESGO DE EVENTOS GEOLÓGICOS ASOCIADO A UN CAMPO DE LA REGIÓN MARINA

Peralta Ortega Sergio<sup>1</sup>, Olarte Zaleta Francisco Javier<sup>2</sup>, González Valtierra Blanca E.<sup>2</sup>, Barrientos Carlos<sup>1</sup>, Rodríguez Spadavecchia Sergio Filippo<sup>1</sup> y Vega Lara Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Schlumberger

<sup>2</sup>PEMEX

sortega2@slb.com

El método geofísico de perfilaje sísmico vertical (VSP, Vertical Seismic Profile por sus siglas en inglés) ha sido una herramienta muy útil en el área de exploración y producción. Tradicionalmente ha sido aplicado con fines de obtener la relación tiempo- profundidad, generación de sismogramas sintéticos y su calibración del corredor apilado con la sísmica de superficie. Sin embargo en este trabajo se describe una metodología más especializada dentro del la sísmica de pozo, conocida como Walkaway VSP que se enfoca a la generación de imágenes sísmicas 2D de alta resolución.

La alta complejidad estructural asociada a la tectónica existente en este campo, afecta en parte a la calidad resolutive de la sísmica de superficie existente en el área. Lo que se busca con la técnica de walkaway VSP es ayudar a disminuir el riesgo de eventos geológicos inesperados, para a su vez apoyar a disminuir la incertidumbre en la ubicación de los pozos de desarrollo en cuanto a su componente estructural se refiere, todo esto mediante imágenes sísmicas de mayor resolución que la sísmica de superficie. Otra de las aplicaciones es asociada a la limitante de información sísmica 3D ya que esta área presenta la unión de varios volúmenes sísmicos limitando la calidad de la imagen sísmica. Por lo que es necesario sísmica de alta resolución, tal como el Walkaway VSP nos pueda aportar para disminuir el riesgo en zonas en la que la sísmica 3D no da una imagen clara de la formación, limitar cuerpo de sal, etc. Todo esto se traduce en disminuir el riesgo geológico y económico en la ubicación de los pozos de desarrollo próximos a perforar.

Se diseñaron seis líneas walkaway VSP con diferentes azimuts para cubrir en su mayoría la porción de los pozos próximos a desarrollar. El modelado tridimensional (3D) realizado por trazado de rayos, el cual forma parte fundamental del flujo de trabajo, para verificar la cobertura antes de la adquisición nos dio como resultado una cobertura óptima para los objetivos a nivel de Cretácico Medio y Jurásico Kimmeridgiano, así como también se observa una componente baja de efecto tridimensional, lo cual nos permitirá un buen tratamiento bidimensional al momento del procesamiento de las seis líneas de walkaway. Como parte de la presentación de este trabajo se incluirán en los resultados imágenes de los avances del procesamiento que se tengan para entonces, esperando de acuerdo a nuestra calendarización de actividades haber concluido ya el procesamiento de las seis líneas para ser mostradas con su respectiva comparación de la sísmica de superficie y mostrar el alcance de este trabajo en su totalidad.

EG-30

### MIGRACIÓN EN TIEMPO REVERSO E INVERSIÓN DE FORMA DE ONDA COMPLETA CON DISPAROS SIMULTÁNEOS

García Reyes José Luis<sup>1</sup>, Ortiz Alemán Carlos<sup>2</sup> y Martín Roland<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Petróleo

<sup>3</sup>University Paul Sabatier (Toulouse III)

jluis\_23@comunidad.unam.mx

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar que con el uso de condiciones de frontera absorbentes CPML (PML convolucionales), adaptadas al problema de la elastodinámica por Komatitsch y Martín (2007), se pueden obtener resultados aceptables en la migración en tiempo reverso con el uso de fuentes disparadas simultáneamente. Esta variante tiene el objetivo de reducir los tiempos de ejecución de esta técnica de migración que en términos computacionales es muy costosa, con un factor del número de fuentes disparadas simultáneamente. Como condiciones de imagen del algoritmo de migración desarrollado, se utilizaron las correspondientes a los kernels empleados en la tomografía de tiempos de arribo (Tromp, Tape y Liu, 2005). Para evaluar el funcionamiento de esta técnica, se aplicó a medios con cuerpos salinos, estructuras de interés en la industria de exploración petrolera. Paralelamente se aplicó el método en la forma convencional, es decir, disparando las fuentes de manera separada para poder hacer la comparación entre los resultados obtenidos con ambas versiones.

Por otra parte, se empleó esta aproximación del problema directo para hacer inversión de forma de onda completa, que al igual que la migración de tiempo reverso, utiliza kernels de sensibilidad. Sin embargo, a diferencia de los empleados en la RTM, estos utilizan como fuente de la propagación adjunta, la diferencia entre datos observados y sintéticos. Este tipo de kernels, presentados por Tromp, Tape y Liu (2005), se usan para calcular las diferenciales de Fréchet de una función de error entre datos observados y sintéticos en el problema de la

inversión de forma de onda completa. No obstante, a diferencia de lo propuesto por Tarantola (1984, 1987), este método no contempla el cálculo iterativo de las diferenciales de Fréchet, sino únicamente el cálculo de los kernels de sensibilidad para identificar a los parámetros del subsuelo que originan las discrepancias entre ambos conjuntos de datos. Cálculo que se propone combinar con una etapa de interpretación geológica. De este método sólo se aplicó la primera iteración al mismo medio en el que se aplicó la migración en tiempo reverso. Como modelo inicial, se propuso un medio de gradiente vertical. Al igual que con la migración, se hace uso de fuentes disparadas de manera simultánea para reducir el tiempo de ejecución del programa y también se emplean condiciones de frontera absorbentes del tipo CPML. Con los resultados obtenidos en esta primera iteración, se demuestra que este algoritmo es capaz de identificar las bases de los cuerpos salinos en el medio, algo que a las migraciones en tiempo reverso comerciales les toma, generalmente, más de tres iteraciones.

EG-31

### EL PERFIL SÍSMICO VERTICAL PARA OBTENER MAYOR RESOLUCIÓN SÍSMICA Y DEFINIR PAQUETES DE ARENA CON MEJOR PRECISIÓN

Aldecoa Avellan Abraham<sup>1</sup>, Peralta Ortega Sergio<sup>1</sup>, Campero Quezada Leonel<sup>2</sup>, Pérez Hernández Tomas<sup>2</sup>, Del Angel Alvarez Miguel<sup>2</sup> y García de la Cruz Arcadio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Schlumberger

<sup>2</sup>Pemex

aavellan@slb.com

Una problemática que comúnmente que se enfrenta hoy en día la exploración y explotación petrolera es sin duda la baja resolución vertical que aporta la sísmica actual, así como también la migración en profundidad debido a que la sísmica de superficie podría llevar inmerso un error de computo en las velocidades que van desde el 5% hasta el 20% lo cual hace que al comparar la migración con lo perforado, los marcadores geológicos difieran tanto en profundidad como en tiempo.

Es por ello que se presenta un caso en un campo de arenas donde la calibración de velocidades es necesaria así como mejorar la resolución vertical de la sísmica de superficie para definir dos paquetes de arena que tienen una poca separación entre ellas que la sísmica de superficie no puede discernir.

Se realizó una adquisición de un perfil sísmico vertical tipo Cero offset con receptores a lo largo de la trayectoria del pozo y la fuente sísmica a no más de 100 metros del pozo perforado, este diseño fue definido con la finalidad de asegurarnos una cobertura a nivel de los objetivos. Del trabajo se obtuvo directamente una relación tiempo-profundidad que nos permitirá calibrar los eventos (objetivos) en tiempo, así como también la construcción de un modelo de velocidades 1D el cual nos permitió generar una imagen migrada a lo largo de la trayectoria con mayor contenido de frecuencia, la cual nos mostro una mayor resolución vertical, permitiéndonos identificar de manera separada los dos cuerpos de arena que con la sísmica de superficie no fue posible.

EG-32

### ANOMALÍAS GEOFÍSICAS EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO: ¿POSIBLES CHIMENEAS DE GAS?

Vázquez García Oscar<sup>1</sup>, Tamez Ponce Antonio<sup>1</sup>, Barrios Coronado Ernesto<sup>1</sup>, Marín Toledo Amado<sup>1</sup> y Geisler Oliver<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PEMEX Exploración y Producción

<sup>2</sup>TERRASYS Geophysics

oscar.vazquezg@pemex.com

Se realizó una interpretación integral geofísica y geológica en la Cuenca Salina del Istmo, donde se identificaron dos áreas con presencia de anomalías magnéticas y de gravedad, ambas positivas -situación inusual en un área caracterizada por la ausencia de cuerpos ígneos intrusivos- y asociadas a su vez con imágenes sísmicas deficientes. Nuestro análisis sugiere la presencia de chimeneas de gas.

La integración de datos potenciales, en particular de gradiente de gravedad y magnéticos, con datos sísmicos PSDM y de pozo, permitió la delimitación de áreas con filtraciones de hidrocarburos a través de la columna sedimentaria, permitiendo la detección indirecta de su posible acumulación y rutas de migración, en soporte a la evaluación de oportunidades exploratorias.

A través de la interpretación de datos magnéticos y de gradiente de gravedad se detectaron anomalías residuales positivas en la misma posición, al norte y oeste del pozo X; la información sísmica 3D PSDM reveló zonas caracterizadas por la discontinuidad de reflectores someros coincidentes con ambas anomalías.

Los datos de los pozos adyacentes X y Y indican presencia de pirita diseminada en la columna sedimentaria, desde 0 a -2400 m, y manifestaciones de gas, respectivamente.

Las estimaciones 2D de profundidad magnética sobre ambas anomalías indican fuentes someras, entre -2000 y -2500 m, en congruencia con los datos precedentes.

El modelo inverso 3D, generado a partir de un volumen de densidad, incluyó el posible límite de las chimeneas siguiendo la distorsión sísmica. El nuevo límite de la base de las chimeneas permitió interpretar la filtración a partir de un plano de falla inclinado.

La formación de minerales ferromagnéticos de alta densidad, generada por la filtración y ascenso de hidrocarburos en la columna sedimentaria está documentada globalmente (Schumacher y Abrams, 1996).

La presencia somera de estos minerales genera anomalías de gravedad y magnéticas positivas y de alta frecuencia, mientras que la filtración de gas explica la distorsión de la imagen sísmica debido a la disminución de velocidad del campo de ondas P.

La desviación estándar del modelo inverso sugiere que la interpretación de los límites de la chimenea puede ser detallada mediante un modelado directo 3D.

Una evaluación que incluya estudios de geoquímica con muestras de suelos, permitiría confirmar la hipótesis descrita. En tal caso, el análisis presentado podría ser empleado en áreas con características similares para la detección y evaluación de prospectos, en particular respecto de los procesos de migración, acumulación y sello.

EG-33 CARTEL

### RIESGOS GEOLÓGICOS OCASIONADOS POR LA MINERÍA DEL CARBÓN

Pérez Flores Marco Antonio<sup>1</sup>, Martínez Carrillo Diego<sup>2</sup>, Batista Rodríguez José Alberto<sup>2</sup> y Camacho Ortegón Luis Fernando<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila  
mperez@cicese.mx

En el estado de Coahuila se hallan los mayores yacimientos de carbón de México, dentro de la llamada Región Carbonífera de Coahuila. Este recurso natural constituye una de las principales fuentes de ingreso del estado. Por décadas se ha extraído carbón del subsuelo utilizando minas a cielo abierto y subterránea. Históricamente en zonas de antigua minería se han ubicado centros urbanos e infraestructuras civiles (carreteras, puentes, etc.) y de igual manera en la actualidad, se realizan explotaciones mineras próximas a dichos centros urbanos e infraestructuras. En los últimos años se han observado afectaciones estructurales a obras civiles, que pueden estar vinculadas de manera directa o indirecta a la explotación minera, sobre todo a la de carácter subterráneo.

En el presente trabajo mostramos secciones geo-eléctricas del subsuelo sobre sitios identificados con grandes probabilidades de ocurrencias de riesgos geológicos ocasionados por la minería. Las secciones se ubican al lado de carreteras y puentes, próximas a actividades mineras activas e inactivas.

Utilizamos resistividad de corriente directa con un equipo de medición moderno y colectamos datos en tres modalidades: Dipolo-dipolo, Schlumberger y Wenner. Para obtener el modelo geo-eléctrico, utilizamos inversión conjunta bidimensional de los tres arreglos para obtener un modelo único que ajusta a los tres conjuntos de datos.

En las secciones geo-eléctricas se localizan varias zonas de alta resistividad, vinculadas con supuestas cavidades ocasionadas por la minería subterránea. Algunas de ellas se relacionan con hundimientos que se observan en las carreteras. Tales cavidades se encuentran a partir de 20 m de profundidad, con formas variables y dimensiones de hasta 80 m, en ocasiones ligadas a zonas de intensas fracturas, que pueden llegar hasta la superficie.

EG-34 CARTEL

### RECENT DEVELOPMENTS IN PORE-SCALE MODELLING OF MEMBRANE POLARIZATION: NEW ANALYTICAL AND NUMERICAL APPROACHES

Buecker Matthias<sup>1</sup>, Undorf Sabine<sup>1</sup>, Kemna Andreas<sup>1</sup> y Hoerdt Andreas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geodinámica y Geofísica, Universidad de Bonn, Alemania

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica y Física Extraterrestre, TU Braunschweig, Alemania  
buecker@geo.uni-bonn.de

Due to its sensitivity to textural and chemical changes, induced polarization (IP) is a promising geophysical technique for environmental applications. However, no widely accepted theory has yet been developed which would accurately describe the origin of the polarization effects at the pore scale and quantitatively link macroscopic effects with microscopic properties, such as pore geometry or fluid chemistry. In particular, for membrane polarization – one often discussed polarization mechanism – there is a lack of adequate physical models. Here, we present recent approaches to analytical and numerical modeling of membrane polarization.

Our analytical model is an extension of an existing 1-D description of membrane polarization which is based on a sequence of passive and active zones. Instead of assuming different mobilities in the two zones, as it has been done before, we include the properties of the electrical double layer (EDL) in the impedance calculation. Asymmetric anion and cation concentrations within the EDL are averaged over the pore cross section enabling us to use the existing analytical expression of the impedance, but with an extended parameterization accounting for the EDL and pore geometry.

We moreover present a 3-D simulation of ion fluxes in a cylindrical pore system, where fixed negative charges at the pore surface give rise to a dynamic EDL. This approach overcomes the limitations of earlier models and our analytical approach, including the assumption of different ion mobilities in the two zones or static concentration distributions within the EDL. Simulations were carried out at different frequencies of the excitation voltage in order to assess the spectral behavior of ion fluxes within the 3-D pore system.

EG-35 CARTEL

### PROCESAMIENTO DE DATOS AEROMAGNÉTICOS DE VENEZUELA

Regalado Sosa Jimmy<sup>1</sup>, García Abdeslem Juan<sup>2</sup> y Cerquone Ravelo Hugo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Exploración Oriente, PDVSA

<sup>2</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
jregaladososa@gmail.com

Motivado a la inquietud de contar con datos magnéticos que permitan modelar las superficies que dan origen este patrón de anomalías y las dudas existentes referentes a las compilaciones de datos que se habían realizado con esta información (Fernández, 2000). Se obtuvo el reporte ejecutivo del Levantamiento Aeromagnético de Venezuela, a cargo de la empresa Geoterrex Limited y la Compañía General de Geofísica (CGG) (MENEVEN, 1981-1982), donde se especifica que este proyecto se realizó con dos aeronaves una Learstar que utilizó un magnetómetro de 6 celdas de vapor de cesio fija al avión y otra DC-3 que utilizó un magnetómetro de vapor de cesio colgante. Ambos magnetómetros tenían una resolución de 0.01 gammas. Estas aeronaves utilizaron un sistema Doppler (Bendix DRA 12D) de navegación, un altímetro barométrico diferencial y un radar altímetro Collins AL 101. El proyecto fue dividido en 9 Bloques, cubriendo una longitud de 202354.6 kilómetros lineales con un espaciamiento entre líneas Norte – Sur de 3 km y Este – Oeste de 9 km, tomando en cuenta que se realizaron algunos ajustes para un mejor cubrimiento y cambios en el sistema de navegación.

Debido a que no se tenía certeza del cálculo de la anomalía reportado por Geoterrex, se reprocesaron los datos originales. A partir de la medición magnética corregida y el valor del campo teórico (IGRF) en cada posición se obtuvo la anomalía magnética. Luego se procedió a nivelar las líneas de vuelo por cada bloque para su posterior unificación y generación del mapa aeromagnético de Venezuela. Para la verificación del resultado obtenido se procedió a realizar la comparación con datos de los proyectos de magnetometría terrestres recientemente adquiridos por PDVSA. Este trabajo es dedicado a la memoria de nuestra compañera Nieves Nevados (INTEVEP) quien entregó de manera altruista, antes de su fallecimiento, estos datos originales e hizo posible el re procesamiento y recuperación de los resultados presentados en este trabajo.

EG-36 CARTEL

### MAPA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICO A LO LARGO DEL LÍMITE DE PLACAS DE NORTEAMERICA-PACÍFICO EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, DESIERTO DE SONORA Y VALLE DE MEXICALI, MÉXICO, A PARTIR DE EVIDENCIAS DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN

Gallardo Mata Clemente German, González Escobar Mario, Martín Barajas Arturo, Suárez Vidal Francisco, Mendoza Borunda Ramón, Pacheco Romero Martín y Arregui Ojeda Sergio Manuel

División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
gegallar@cicese.mx

Entre 1978 y 1983, Petroleos Mexicanos (PEMEX) realizó un programa de exploración intensa en el norte del Golfo de California, el desierto de Sonora, y sur del Valle de Mexicali. Este programa recibió el apoyo de operación de campo de la reflexión sísmica. Los datos sísmicos de reflexión colectados fueron 2D, 6 s de grabación, 48 canales y la energía de la fuente fue dinamita, vibroseis y pistolas de aire. Desde 2007 hasta la actualidad, los datos sísmicos existentes han sido re-procesados y re-interpretados como parte de un proyecto de colaboración entre la Subdirección de PEMEX Exploración y Producción-CICESE. El área de estudio se encuentra a lo largo del límite de la placa de Norteamérica-Pacífico, norte del Golfo de California y el sur de la Provincia tectónica Salton Trough (Valle Mexicali). Se presenta el resultado de los procesos de líneas de sísmica de reflexión. Muchas de las fallas conocidas previamente fueron identificadas dentro de esta región. Se identificaron regiones con diferente grado de actividad tectónica. Se puede observar la ubicación de muchas de estas fallas activas conocidas y su actividad sísmica asociada, así como otras estructuras sin sísmica asociada. Se incluyeron sísmica

histórica de la región. Se presentan seis líneas de reflexión que cruzan la zona de réplicas del sismo El Mayor- Cucapah del 4 de abril de 2010 (Mw 7.2). El epicentro de este terremoto y la mayoría de las réplicas se encuentran en una región donde antes de este sismo no había reportes de ningún terremoto. Un resultado importante de este estudio es demostrar que hay muchas fallas sepultadas por los sedimentos que aumentan el riesgo sísmico.

EG-37 CARTEL

### MONITOREO ELECTROMAGNÉTICO EN LA ZONA DEL VALLE DE MEXICALI: PRIMERA ETAPA

Cortés Arroyo Olaf Josafat, Romo Jones José Manuel,  
Gómez Treviño Enrique y Brassea Ochoa Jesús María  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
ocortes@cicese.edu.mx

El uso de los métodos electromagnéticos como herramienta de monitoreo de campos geotérmicos es relativamente nuevo. Sin embargo, los primeros resultados han generado resultados prometedores (Aizawa et al., 2011, Aizawa et al., 2013, Peacock et al., 2013).

En Mayo de 2013, se inició un proyecto en la zona del valle de Mexicali cuya meta es instalar una red de monitoreo electromagnético, cuyo registro sea continuo y que se desea se mantenga instalada de forma permanente.

Esta red consistirá de 15 estaciones magnetotelúricas de periodo largo, instaladas en puntos estratégicos del valle de Mexicali alrededor del campo geotérmico de Cerro Prieto, con la finalidad de mejorar nuestro entendimiento de la dinámica de los fluidos en el subsuelo. El realizar un registro de datos de forma continua permitirá evaluar las variaciones de las propiedades eléctricas del subsuelo, posiblemente asociadas a cambios en la permeabilidad y en la presencia de los fluidos geotérmicos.

Las estaciones de monitoreo han sido diseñadas y construidas en la división de Geofísica Aplicada de CICESE, utilizan dipolos eléctricos de 25 de distancia para medir la variación del campo eléctrico horizontal (Ex, Ey) y un magnetómetro fluxgate triaxial para registrar la variación del campo magnético natural (Hx, Hy, Hz).

En esta primera etapa, se cuenta ya con una estación instalada en las faldas del volcán Cerro Prieto, en donde se está registrando el campo electromagnético desde Junio de 2013. En este trabajo se presentan los primeros avances y experiencias adquiridas en la instalación y operación de esta primera estación de monitoreo, así como las problemáticas detectadas y los retos a vencer.

EG-38 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL SECTOR NOROCCIDENTAL DEL BAJÍO GUANAJUATENSE A PARTIR DE CARTOGRAFÍA AEROMAGNÉTICA Y SU APLICACIÓN HIDROGEOLOGICA

Sánchez Bravo Francisco Javier<sup>1</sup>, Arzate Flores Jorge Arturo<sup>2</sup>, Martínez Reyes Juventino<sup>2</sup>, Cortes Silva Alejandra<sup>3</sup> y Pérez Quezadas Juan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Geofísica, UNAM

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

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>4</sup>Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas, UV  
javierbsf@gmail.com

Las cartas de anomalía magnética aéreas de Campo Total del territorio nacional (SGM) constituyen una base de datos única con la que muy pocos países cuentan. A pesar de ello, las cartas aeromagnéticas en nuestro país han sido utilizadas casi exclusivamente para la definición de dominios magnéticos asociados a la presencia de recursos minerales siendo que tienen un gran potencial para ser utilizados en otras áreas de prospección de recursos naturales. En particular, las cartas aeromagnéticas a escala 1:50,000 pueden proporcionar información importante acerca de la estructura tectónica y distribución de rellenos sedimentarios en cuencas sedimentarias del centro del país. Esto tiene incidencia en la determinación de reservas acuíferas, así como en la definición de zonas favorables para la recarga artificial de los sistemas acuíferos entre otros. En este trabajo presentamos los resultados del procesamiento de datos aeromagnéticos de campo total del valle de León, ubicado en el Bajío Guanajuatense cuyo sistema acuífero se encuentra actualmente sobreexplotado. Con el propósito de interpretar los lineamientos y anomalías magnéticas obtenidas en las cartas de campo total, campo reducido al polo, y derivadas del campo horizontal y direccional principalmente, se llevó a cabo la actualización de la carta geológica del entorno del valle a partir de visitas de campo. Por otro lado, se realizó un muestreo de especímenes de mano y mediciones in situ de la susceptibilidad magnética y densidades de las principales unidades geológicas que constituyen la cuenca del valle de León con el propósito de constreñir los modelos propuestos. Adicionalmente, se llevó a cabo la interpretación de los datos gravimétricos satelitales de la zona para definir estructuras de carácter regional coincidentes con las interpretadas a partir de las cartas magnéticas procesadas. La integración de los modelos magnéticos (reducción al polo) y gravimétricos (residual), así como

de los lineamientos sugeridos por la derivada direccional magnética y rasgos gravimétricos regionales, proponemos un modelo estructural de la cuenca de León apoyado en la carta geológica actualizada. El modelo conceptual obtenido representa el punto de partida para establecer volúmenes de reservas, posibles zonas de recarga natural y nuevas direcciones de flujo en el valle de León a partir de modelos matemáticos fundamentados en las condiciones de frontera y distribución de unidades geológicas propuestas.

EG-39 CARTEL

### ESTUDIO MAGNETOTELÚRICO EN LA FALLA AGUA BLANCA, BAJA CALIFORNIA

Gutiérrez Carmona Dulce María Elizabeth, Romo Jones José Manuel y Frez Cárdenas José  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
dgutier@cicese.edu.mx

La deformación activa en el norte de Baja California, ocurre a través de una compleja red de fallas constituida por al menos una decena de fallas dominantes. Este estudio se enfoca a la falla de Agua Blanca, al sur de la ciudad de Ensenada, en la cual se ha observado deformación pero no se ha observado actividad sísmica significativa claramente asociada a la falla en los últimos años, en contraste con otras fallas dominantes cercanas (Falla San Pedro Mártir y Falla San Miguel). Se observa sin embargo, un conjunto local de focos sísmicos de pequeña magnitud (< 4.0) hacia el oriente de la falla.

En el presente trabajo se muestran los modelos geoléctricos obtenidos a partir del levantamiento de un perfil magnetotelúrico de 22 estaciones que corta transversalmente a la falla. El objetivo es caracterizar la extensión a profundidad y la conductividad eléctrica en la falla de Agua Blanca y sus alrededores.

Los datos se analizaron para determinar el grado en que están afectados por estructuras bi- o tri-dimensionales, mediante diferentes metodologías. Como resultado de este análisis se excluyeron 6 sitios en los que la influencia tri-dimensional resultó muy marcada. Los 16 sitios restantes pueden ser tratados como casos bidimensionales. Los modelos geoléctricos presentados se obtuvieron a partir de la inversión bidimensional con el método de Gauss-Newton. Los resultados obtenidos muestran una zona conductora (<10 Ohm-m) a ~30 km de profundidad posiblemente asociada a una zona de sutura relacionada con la expresión de la Falla de Agua Blanca ancestral (Wetmore et al., 2002). Se observan también cuerpos conductores más someros (<15 km) concentrados en la parte central del perfil que se han interpretado como rocas metamórficas y/o con mayor contenido de fluidos.

Estos conductores rodean un área de mayor resistividad que presenta una alta concentración de eventos sísmicos, lo cual coincide con los resultados de estudios anteriores.

EG-40 CARTEL

### ESTUDIO MAGNETOTELÚRICO DE UNA PORCIÓN DE LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA

Arango Galván Claudia<sup>1</sup>, Guzmán Cortés Abraham<sup>2</sup> y Canet Miquel Carles<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geomagnetismo y Exploración, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

<sup>3</sup>Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

claudiar@geofisica.unam.mx

El estudio de la caldera de Acoculco, en el estado de Puebla (México), reviste un especial interés pues se han hallado evidencias de la presencia potencial de recursos geotérmicos en la zona. Desde la década de los ochentas se han realizado prospecciones geoquímicas, geológicas y geofísicas, que incluyen las técnicas de gravimetría, aeromagnetometría y transitorio electromagnético, entre otras, que han corroborado dicha suposición. Sin embargo, los hallazgos sugieren la existencia de un sistema geotérmico de roca seca caliente cuya extensión no ha sido delimitada hasta la fecha. Así, el objetivo primordial de este trabajo es presentar los resultados de una prospección magnetotelúrica realizada en la porción centro-oriental de la caldera. El estudio se limitó a caracterizar geoelectricamente la parte superficial a lo largo de un perfil de aproximadamente 3 km, logrando identificar una unidad conductiva sin continuidad lateral probablemente asociada con la presencia de alteración argilítica. Subyaciendo este horizonte fue posible detectar una unidad de resistividad intermedia, con valores menores a 300 ohm.m, relacionada con la secuencia volcánica que se asocia con la actividad del complejo Tulancingo-Acoculco. Finalmente, se observa una capa de resistividades mayores a los 500 ohm.m, posiblemente correlacionada con la roca metamórfica correspondiente a skarn y mármol, así como a intrusivos de tipo andesítico y riódacítico. Esta información es coincidente con lo hallado en el pozo exploratorio EAC-1, que se perforó en las inmediaciones de la zona de estudio.

EG-41 CARTEL

### ESTUDIO GEOELÉCTRICO DEL VADO DEL RÍO EN HERMOSILLO, SONORA, PARA EVALUAR RIESGOS GEOLÓGICOS

Miranda Ramos José Fernando, Martínez Retama Silvia y Morales Montaña Mariano  
*Universidad de Sonora*  
 ing.fernando\_miranda@hotmail.com

En el año de 1992 se realizó un estudio geológico en la porción este de la zona del Vado del Río, en Hermosillo, en donde se obtuvo la profundidad del basamento mediante sondeos eléctricos verticales. En dicho estudio se identificaron varias formaciones de roca carbonatada incluyendo mármol masivo, mármol laminado, mármol de calcita masivo y pizarra calcárea-carbonosa. De acuerdo a su composición, estas formaciones pueden ser solubles y desarrollar cavernas. También se informó de cuevas que han sido parcialmente mapeadas. En la actualidad, se han reportado en forma aislada diversos casos de colapsos y subsidencias, por lo cual se pretende dar continuidad al estudio anterior. El objetivo de este trabajo es evaluar el riesgo geológico ocasionado por la posible existencia de cavidades subterráneas. En este trabajo se presentan resultados preliminares de la cartografía geológica y de un levantamiento de resistividad en la zona.

EG-42 CARTEL

### CONSTRUCCIÓN Y PRUEBA DE UN SISTEMA DE REGISTRO DIGITAL PORTATIL DEL CAMPO MAGNÉTICO Y DEL POSICIONAMIENTO VIA GPS PARA MAGNETÓMETRO GEOMETRICS G-856

Brasseea Ochoa Jesús María y Romo Jones José Manuel  
*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*  
 jbrasseea@cicese.mx

El objetivo de este trabajo es una actualización del magnetómetro Geometrics G-856 mediante un módulo externo que es un sistema de registro digital en memoria USB de los valores de campo total medidos con el magnetómetro y las posiciones (Latitud y Longitud) proporcionadas por un receptor del GPS.

Se eligió una memoria USB para este sistema por ser un medio de almacenamiento y transferencia de información digital muy común, de muy bajo costo y de fácil lectura en la mayoría de las computadoras actuales.

Presentamos la construcción y las pruebas del sistema construido, considerando que este sistema de registro pudiera ser de interés y de utilidad para los usuarios del magnetómetro Geometrics G-856 que realizan levantamiento de campo en transectos, al tener valores de intensidad de campo magnético asociados a posiciones vía GPS.

EG-43 CARTEL

### LEVANTAMIENTOS GRAVIMÉTRICOS, FUENTES DE ERROR INSTRUMENTAL

Chávez Alatorre Alejandro  
*Gerencia de Geofísica, SAPSA de C.V.*  
 alejandro\_chavez@penoles.com.mx

La medida y análisis de la variación de la gravedad sobre la superficie terrestre es una reconocida técnica llamada Método de Exploración o Prospección Gravimétrica, está, hoy en día tiene un sinnúmero de aplicaciones como: Detección de exceso de masa: sulfuros masivos; Detección de falta de masa: carbón, depósito de sal; Mapeo geológico regional: cuencas, grabens; Definición de la morfología del basamento y marco estructural regional y detección de espacios vacíos.

El valor de gravedad de la Tierra es casi constante, del orden de 9.80 m/seg<sup>2</sup> (980 gales), y para poder detectar los cambios de densidad, es necesario, medir con una precisión de una diezmilésima parte, siendo esta la demandada hoy en día en levantamientos gravimétricos con propósito prospectivo. No obstante, esto es posible con la ayuda de instrumentos muy sensibles, con la resolución, el cuidado, la calibración y la estabilización adecuada.

El gravímetro CG-5 Autograv mide la componente vertical de la aceleración gravitacional relativa con una resolución de 1 µGal con un rango operacional de 8000 mGals. Mide a 6 Hz durante un período de tiempo definido por el usuario, el cual, como mínimo es de 1 segundo. El sensor principal se basa en un resorte de cuarzo fundido ejerciendo la fuerza gravitacional sobre la masa suspendida y balanceada por una fuerza electrostática.

Previo al estudio de gravimetría, es necesario llevar a cabo una serie de pruebas para la correcta calibración de cada equipo en particular, ya que se ha demostrado que cada instrumento tiene un desempeño diferente.

Las lecturas de gravedad, tienen dos fuentes de error principalmente, la instrumental (deformación del resorte, ruido electrónico, temperatura, efectos de inclinación) y los ruidos ambientales (mareas terrestres, sismicidad, temperatura, presión atmosférica, viento y ruido del sitio), todos estos factores

pueden ser corregidos con un control adecuado para reducir su efecto al máximo y así asegurar una calidad adecuada en los datos, lo que nos dará certeza y veracidad en la repetibilidad de las mediciones.

EG-44 CARTEL

### FUNCIONES DE SENSIBILIDAD DE LOS SUSCEPTIBILIMETROS SM30, MS2D Y KT-5

Gómez Treviño Enrique<sup>1</sup>, Esparza Hernández Francisco<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  
 egomez@cicese.mx

Presentamos la función de sensibilidad de un arreglo general de bobina horizontal de radio  $a$ , a una altura cierta altura. Las funciones de sensibilidad se calculan directamente a partir de las ecuaciones de Maxwell. También se presenta la integral de la función de sensibilidad, esto es de la función acumulada para este arreglo. La función de sensibilidad y la función acumulada tienen expresiones relativamente sencillas. Así mismo, presentamos comparaciones de la función acumulada con resultados experimentales de Lecoanet et al. (1999), con Gattacceca et al. (2004) y con Jordanova et al. (2002).

EG-45 CARTEL

### INTERPRETACIÓN DE ANOMALÍAS MAGNÉTICAS EN LA REGIÓN ESTE DEL GRABEN DE CHAPALA

Fregoso Becerra Emilia<sup>1</sup>, Delgadillo Jáuregui Néstor Fernando<sup>2</sup> y Alatorre Zamora Miguel Ángel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Matemáticas, CUCEI

<sup>2</sup>Departamento de Física, CUCEI

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Civil, CUCEI  
 emilia.fregoso@red.cucei.udg.mx

El graben de Chapala comprende principalmente el Lago de Chapala. De acuerdo con algunos autores, el graben de Chapala alcanza aproximadamente 115 km de longitud y 37 km de ancho y tiene una gran importancia debido a sus implicaciones tectónicas en la región oeste y central de México. En el extremo Oeste del graben se han reportado un conjunto de grandes estructuras como Bloques, grabens y fallas, mientras que en el extremo Este se observan importantes fallas normales que dan cuenta de la evolución geológica y tectónica de la región.

En este trabajo presentaremos un estudio geofísico de la región Este del graben de Chapala con el propósito de contribuir, desde otra perspectiva, con la determinación de estructuras y de esta manera validar los resultados geológicos y tectónicos descritos por diferentes autores. Para este fin, se hará una descripción de la adquisición y corrección de datos magnéticos tomados en la región, así como de la interpretación de las anomalías magnéticas residuales del campo total, tratando de identificar las fallas principales propuestas.

EG-46 CARTEL

### DETECCIÓN DE UNA FUGA DE AGUA CON EL MÉTODO DE POTENCIAL ESPONTÁNEO

Méndez Delgado Sóstenes, García Peña Ángel y Chapa Guerrero José Rosbel  
*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*  
 sostenes.mendezdl@uanl.edu.mx

Las fugas de agua son un problema común las casas y edificios. En algunos casos la fuga de agua no se ve, sólo se refleja en el recibo de pago. Entre los métodos que se utilizan para detectar fugas están: el ultrasonido, la detección de un gas trazador, termografía y videoscopio. También se puede utilizar el método del potencial espontáneo.

El método de potencial espontáneo o potencial natural, es uno de los métodos más sencillos de realizar en geofísica puesto que basta con un buen multimetro para realizar las mediciones de potencial entre dos puntos a lo largo de un perfil. Entre sus usos están: la detección de sulfuros de cobre, detección de zonas de fracturamiento en hidrogeología, etc.

En este trabajo se presenta una aplicación del método de potencial espontáneo en la detección de una fuga de agua en una casa. Ante la seguridad de la existencia de la fuga se procedió a buscarla: a) inspeccionando visualmente el patio y los corredores; b) escuchando los sonidos en piso y paredes, que no dio buenos resultados y finalmente, c) con mediciones de potencial natural.

Se trazó un perfil aproximado de cuatro metros, realizando mediciones de diferencia de potencial a intervalos de 10 centímetros, paralelo a una banqueta y se obtuvo la localización de la fuga.

EG-47 CARTEL

### ARREGLOS NO CONVENCIONALES DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 3D

Vargas García Diana, Chávez Segura René, Cifuentes Nava Gerardo y Córdoba Ramírez Fernando  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
 diana.vargas.garcia@gmail.com

Los estudios de Tomografía de Resistividad Eléctrica 3D bajo condiciones particulares, (como zonas urbanas) presentan retos específicos debido a que formas de terreno y/o edificaciones no permiten hacer Tomografía Eléctrica Convencional 3D. Por lo que se deben implementar geometrías que puedan ajustarse a las necesidades de cada lugar de interés. Arreglos llamados L, esquina y triangulares, son de gran ayuda para resolver una investigación somera. En este trabajo se diseñaron arreglos para tres diferentes zonas de estudio de acuerdo a las características específicas de cada lugar: se diseñó una geometría de doble herradura en forma de H en el pueblo de San Antonio Tecomilt, Milpa Alta en el Distrito Federal, una geometría circular para el basamento piramidal en la zona arqueológica de Cuicuilco, Distrito Federal y un arreglo de tipo triangular dentro de las instalaciones del Centro Regional de Investigación Pesquera, La cruz de Huanacaxtle en el estado de Nayarit. Además se comparo la respuesta resistiva para cada caso con su respectivo modelo sintético de datos y se presentan los modelos obtenidos.

EG-48 CARTEL

### TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE RESISTIVIDAD GALVÁNICA Y CAPACITIVA EN SAN ANTONIO TECOMILT, MILPA ALTA, DISTRITO FEDERAL

Córdoba Ramírez Fernando, Cifuentes Nava Gerardo, Hernández Quintero Juan Esteban, Chávez Segura René y Vargas García Diana  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
 fernandocordobar@gmail.com

En el presente trabajo mostramos los resultados obtenidos al aplicar la Tomografía de Resistividad Eléctrica Capacitiva y Galvánica 3D (TRE 3D) en el pueblo de San Antonio Tecomilt, Milpa Alta, Distrito Federal.

El objetivo del proyecto es poder delimitar las zonas de vulnerabilidad a fracturamientos, la pertinencia de este radica en que algunas construcciones en el pueblo de San Antonio Tecomilt presentaron agrietamientos en sus estructuras, conociendo eso y la geología de la zona, determinándola como Zona de Transición, nos da el fundamento para elaborar un plan de trabajo con la finalidad de conocer las características del subsuelo en dicho poblado.

El método de Tomografía de Resistividad Eléctrica en sus dos modalidades, capacitiva y galvánica, ha demostrado satisfacer los requerimientos para dar buenos resultados en la detección de estructuras que puedan representar riesgo de colapso.

La aplicación de la Tomografía de Resistividad Eléctrica Capacitiva responde a diferentes necesidades, primero, determinar el lugar donde es más conveniente hacer el estudio de TRE 3D y segundo, obtener información de carácter más regional que se correlacionará con la obtenida en trabajos previos (brigadas 2010 y 2012), por eso se elaborarán perfiles de resistividad 2D en algunas calles del pueblo.

El estudio TRE 3D consistió en el diseño de una secuencia de adquisición que tiene la característica de ser una H en superficie, la adquisición de datos fue por medio de dos herraduras que componen esta H, en ella se utilizaron arreglos de Mínimo Acoplamiento, Wenner-Schlumberger y Dipolo#Dipolo Ecuatorial y Azimutal. Al utilizar los arreglos mencionados se obtuvieron 3,096 cuadrípolos por la H.

La característica de esta metodología es que los electrodos están acomodados siguiendo las calles, pero el uso de arreglos no convencionales permite obtener información por debajo de las construcciones, en este caso las casas afectadas.

Con los resultados obtenidos de los perfiles de Ohm-Mapper, el cubo de resistividades de la TRE3D y los estudios previos, se hizo una interpretación de las anomalías y se generó un mapa de riesgo siguiendo los lineamientos de fracturas que se han localizado en la zona, con el se tomarán decisiones sobre la situación de los pobladores.

EG-49 CARTEL

### EL PROBLEMA INVERSO EN GRAVIMETRÍA Y LA INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA DE ANOMALÍAS DE GRAVEDAD PARA FUENTES 2D Y 3D

Sánchez Galindo Luis Alfredo, Villaseñor Castillo Ruben Alejandro y Pereznegrón López Hugo Ignacio  
*ESIA, Ciencias de la Tierra, Instituto Politécnico Nacional*  
 geofisaplicada@gmail.com

La Inversión de los datos potenciales de gravedad se refiere a la determinación de los parámetros físicos y/o geométricos de la fuente gravitatoria mediante el análisis de su campo potencial, lo que se reconoce como el problema inverso. Por otro lado la solución al llamado problema directo, requiere generar la respuesta de un modelo suponiendo convenientemente un conjunto de parámetros físicos y/o geométricos a través de las leyes físicas que relacionan los campos potenciales medidos en superficie y los parámetros asociados a dicho modelo. Inherente a su estructura el problema inverso sufre de una no unicidad en el conjunto solución que lo define, pues existe una infinidad de modelos que con cierto margen de error son ajustables a las observaciones y particularmente en gravimetría existe una infinidad de combinaciones entre los parámetros que pueden tener un mismo efecto gravimétrico. En este trabajo se describen los métodos analíticos y numéricos que permiten llevar a cabo la interpretación cuantitativa de las anomalías de gravedad y por lo tanto soluciones aproximadas al problema inverso en gravimetría.

EG-50 CARTEL

### APLICACIÓN DEL MÉTODO ELÉCTRICO SEV PARA LA PROSPECCIÓN GEOHIDROLÓGICA EN LA ZONA DE SAN BARTOLO DE ACOLMAN

Martínez Torres Miriam Helen y Lechuga Lagos Francisco Miguel  
*ESIA, Ciencias de la Tierra, IPN*  
 miriam.maru1691@outlook.es

Los métodos eléctricos son la modalidad de investigación geofísica más antigua y la utilizada por geólogos, geofísicos e ingenieros para distinguir y caracterizar el subsuelo. Los métodos eléctricos se basan en la medición de las propiedades eléctricas del subsuelo.

Todos los materiales de la Tierra oponen resistencia al flujo de la corriente eléctrica. Esta propiedad se llama resistividad geoelectrica, la cual nos permite diferenciar entre distintos materiales.

Para poder identificar contrastes de la resistividad geoelectrica a distintas profundidades, es decir, la realización de un sondeo eléctrico vertical, se realiza mediante una formula así: intensidad (I), por medio de unos electrodos (AB), el cual nos permite medir una diferencia de potencial (dV) entre dos electrodos (MN).

La resistividad geoelectrica se obtiene por aplicación de la Ley de Ohm según la siguiente expresión:

$$R = K \frac{dV}{I} \text{ donde } K = \text{configuración geoelectrica}$$

En objetivo de nuestro trabajo es utilizar el método tradicional para la medición del subsuelo, nos referimos a los métodos llamados sondeos eléctricos verticales (SEV) para la búsqueda de acuíferos en el área de estudio e San Bartolo de Acolman, Estado de Mexico.

Cuales son las características hidrológicas, geofísicas del subsuelo para caracterizar un acuífero.

EG-51 CARTEL

### MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA SOMERA EN LA CUENCA DE GUAYMAS, GOLFO DE CALIFORNIA, A PARTIR DE ESTUDIOS RECIENTES DE GEOFÍSICA MARINA

Ponce Núñez Francisco<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos Ángel<sup>2</sup>, Bandy William L.<sup>2</sup> y Figueroa Albornoz Leonardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
 fponce@cmarl.unam.mx

La Cuenca de Guaymas, es una de las cuencas escalonadas que acomodan la extensión que forma en la actualidad el Golfo de California. Estudios de tomografía sísmica sugieren que el proceso de ruptura continental ha finalizado, dando paso al emplazamiento de nueva corteza oceánica. Debido a la alta tasa de sedimentación en la cuenca no se observan las características morfológicas típicas de una dorsal de esparcimiento lento 2.5 cm/yr; en su lugar, dos estructuras de graben marcan el eje de la expansión. Esta misma sedimentación ocasiona que la inyección de magma sea difusa en la cuenca, provocando magmatismo fuera del eje, que se observa en el emplazamiento de mantos magmáticos hasta 50 km lejos del graben. Estos cuerpos intrusivos provocan una circulación hidrotermal en los sedimentos, liberando hidrocarburos al lecho

marino, que sustentan comunidades biológicas. En este trabajo se muestran los resultados de varios estudios de geofísica marina, para localizar las zonas del lecho marino donde estos hidrocarburos se filtran hacia la superficie, para ser explorados en un futuro con métodos directos. El modelo digital de terreno fue integrado a partir de datos de batimetría multihaz de varios cruceros, obteniéndose una resolución máxima de 30 m en la parte central de la cuenca y margen de Sonora. La imagen acústica fue generada a partir de datos acústicos del ecosonda multihaz EM300 y tiene la misma resolución que el modelo batimétrico. Los perfiles sísmicos de alta resolución se obtuvieron de los datos de perfilador acústico TOPAS. Adicionalmente se obtuvo un mapa de anomalía magnética con rotación al polo magnético. La morfología de la cuenca muestra las dos estructuras de graben que marcan el eje de la expansión, se observa que ambas estructuras se traslapan y disminuyen su elevación hacia la región de traslape. El mapa de anomalía magnética no muestra alineaciones magnéticas claras, típicas de centros de esparcimiento desarrollados, y las anomalías positivas no coinciden con ambos ejes.

EG-52 CARTEL

### DISEÑO DE UNA FUENTE SÍSMICA DE IMPACTO

Vázquez Ramírez Daniel  
Colegio de Geofísica, BUAP  
daniel\_geofisico89@hotmail.com

El diseño de una fuente sísmica surge de la necesidad de realizar estudios de sísmica de reflexión de alta resolución con datos confiables y a una profundidad considerable, sin embargo, el colegio de geofísica solo cuenta con un marro que por su masa no permite llegar a una profundidad considerable ni visualizar de manera correcta los reflectores existentes del subsuelo, además, este marro como fuente sísmica requiere que sea operado por una persona con la capacidad física para realizar varios golpes durante un día, lo cual implica un cansancio por parte de dicha persona, reduciendo la energía cinética de la masa durante el golpe conforme pasa el tiempo.

La fuente diseñada tendrá la capacidad de realizar varios disparos al día con la suficiente energía cinética para generar ondas que aporten información del subsuelo a una profundidad superior al marro con la estabilidad requerida para evitar el registro de ruido que pudiera afectar durante el procesamiento de los datos y además tenga la portabilidad necesaria para transportarse dentro de las instalaciones de la universidad cargando parte del equipo de adquisición sísmica.

EG-53 CARTEL

### INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA DE ANOMALÍAS MAGNÉTICAS OBSERVADAS SOBRE UN ALINEAMIENTO DE FRACTURAS PROFUNDAS Y GRANDES OQUEDADES QUE MUESTRAN EMANACIONES DE VAPOR AL SUR DE GUADALAJARA, EN EL MUNICIPIO DE IXTLAHUACÁN, JALISCO

Alatorre Zamora Miguel Ángel<sup>1</sup>, Maciel Flores Roberto<sup>2</sup>, Jáuregui  
Jáuregui Carolina<sup>1</sup> y Belmonte Jiménez Salvador Isidro<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>CUCEI, UDG  
<sup>2</sup>CUCBA, UDG  
<sup>3</sup>CIIDIR, Oaxaca  
alatorre2004@hotmail.com

Aunque el método magnético es aplicado principalmente para la localización de objetos ferrosos sepultados o estructuras de origen volcánico, aparentemente se ha utilizado poco para el estudio de fenómenos del subsuelo que podrían estar vinculados con actividad geotérmica. Recientemente se ha detectado la ocurrencia de emanaciones de vapor y grandes oquedades en superficie en el Municipio de Ixtlahuacán de Los Membrillos, al sur de Guadalajara, en Jalisco. Las emanaciones parecen deberse a la transferencia de calor a través de fallas o fracturas profundas. Es posible que tales emanaciones sean debidas a la descomposición de materia orgánica inmersa en arcillas y lutitas que conforman la superficie del lugar, sin embargo, tal fenómeno ocurre a través de oquedades y hundimientos alineados casi W-E, lo que coincide con la tectónica del graben de Chapala. Esto parece indicar alguna actividad neotectónica. La importancia de investigar este fenómeno es para aportar información preventiva que auxilie en el cuidado del acueducto que surge a Guadalajara en gran medida, y que se localiza a pocos metros del área de las oquedades y emanaciones.

Se ha propuesto la aplicación del método magnético porque el basamento que podría estar siendo fallado y fracturado se constituye de rocas andesíticas. Se realizaron cinco líneas orientadas casi N-S con separaciones variables y estaciones a cada dos metros. Las longitudes de las líneas van de los 120 a los 160 metros.

Los perfiles de anomalías magnéticas obtenidos después de calcular el IGRF respectivo muestran rasgos que coinciden con el área del alineamiento de oquedades y zanjas.

Usando información oral y el espectro de potencia radialmente promediado se infirió una profundidad promedio al basamento andesítico de 5 metros. Además,

empleando datos de susceptibilidad magnética y magnetización de la literatura accesible, y alineamientos e inclinaciones de fallas concordantes con las fallas cercanas superficiales, se modelaron las cinco líneas magnéticas aplicando el algoritmo de Talwani (1965). Los cinco modelos proporcionan respuestas que coinciden fuertemente con las anomalías observadas.

EG-54 CARTEL

### FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS Y FÍSICOS DE LA PROSPECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Montiel Piña Enrique y Arce Hernández Jenny  
Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
emontiel31@hotmail.com

Se presentan los detalles Físicos y Matemáticos de la Prospección Electromagnética aplicada a la exploración de suelos que habitualmente son oscuros y complicados en la presentación de la teoría.

EG-55 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN MAGNETOTELÚRICA DEL DIAPIRO SALINAS DEL ROSÍO

Ruiz Aguilar Diego<sup>1</sup> y Marcuello Alex<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Universidad de Barcelona  
dieroso@gmail.com

En el presente proyecto se ha cumplido el objetivo principal de caracterizar geoelectricamente el diapiro Salinas del Rosío (España) mediante la técnica geofísica de Magnetotelúrica (MT). Este método ha mostrado ser una perfecta herramienta para la caracterización de estructuras de tectónica salina, debido a que éstas presentan un fuerte contraste de resistividad en comparación con el material que le circunda.

Se implementaron dos campañas de adquisición de datos; la primera en Febrero del 2011 y la segunda durante Marzo del mismo año. En total se adquirieron 24 sondeos MT a lo largo de un perfil con orientación NE-SW, omitiendo la componente vertical y utilizando dos equipos diferentes: ADU-06 y ADU-07. En cuatro sondeos se registraron únicamente las componentes del campo eléctrico, por lo que se utilizaron los registros magnéticos de estaciones próximas, asumiendo que el campo magnético no variaba sustancialmente en la zona de estudio.

El tensor de impedancias se obtuvo mediante un procesamiento robusto en el programa MAPROS. Se presentaron 3 problemas durante el procesamiento: 1) fases anómalas a partir de 1 s de periodo, 2) 4 sondeos registrados sin bobinas magnéticas y 3) filtrado y remuestreo de algunas de las bandas registradas. Para solucionar estos problemas se realizaron 4 diferentes códigos en MATLAB. Las fases anómalas no se pudieron corregir, por lo que se trabajó con los datos hasta 1 s aproximadamente para todos los sondeos.

Para realizar el análisis de dimensionalidad de los sondeos se utilizó el programa WALDIM, con el que se determinó que la estructura dominante para el rango de frecuencias analizado es bidimensional. Con esto, se procedió a realizar el análisis de la direccionalidad con el programa STRIKE. La dirección de la estructura resultó de 52 NW. Además, se analizó el problema del static shift, corrigiéndolo sólo para un sitio. Finalmente se rotó 28°E el tensor de impedancias para todos los sondeos, así se pudieron definir correctamente los modos TE y TM. En general, el comportamiento de las curvas para todos los sondeos fue similar: resistivo-conductor-resistivo.

La inversión de los datos se realizó con el programa WinGLink. Se utilizó una malla de 134 renglones y 193 columnas, y la inversión se realizó para los dos modos, el TE y el TM, partiendo de un periodo máximo de 100 s hasta 0.001 s. El error floor fue de 5% para las resistividades y de 1.5 ° para las fases. El valor de resistividad para el modelo inicial se asignó de 100 ohm-m. Con esto se obtuvo un modelo geoelectrico con 3.8 de RMS.

Con la información geológica, sísmica y registros de pozos recabada durante el trabajo, fue posible correlacionar el modelo geoelectrico generado. Las unidades resistentes UR-1 y UR-3 se asociaron al diapiro. La unidad UR-1 representa parte de la lengua del diapiro. La unidad conductora UC-1 se atribuyó a conglomerados del Cenozoico, mientras que las unidades, también conductoras, UC-2 y UC-3 se asociaron a las arenas y arcillas del Albiano. La unidad más resistiva, la UR- 2, se correlacionó con calizas del Cenomaniano.

EG-56 CARTEL

**MODELOS 3D DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE  
EN LA 2DA SECCIÓN DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC  
APLICANDO EL MÉTODO DE INTERFEROMETRÍA SÍSMICA  
PARA EXPLORAR INESTABILIDADES EN EL SUBSUELO**

Cárdenas Soto Martín, Cuellar Urbano Mayra, Escobedo Zenil  
David, Reyes Pimentel Thalía y García Serrano Alejandro

UNAM  
martinc@unam.mx

En este trabajo se presentan resultados de estudios de sismica pasiva realizados en el Bosque de Chapultepec gracias al apoyo del Fondo Mixto Conacyt-GDF (121119). El énfasis de éstos, surge a raíz del colapso del Lago Mayor ocurrido en junio de 2006, el cual ocurrió debido a una infiltración masiva de agua entre las juntas de las lozas, y favorecido por la inestabilidad del subsuelo que es zona minada. Uno de los retos del proyecto fue el de explorar la estructura del subsuelo bajo el Lago, pues no se puede vaciar, y los métodos de exploración están limitados a no ser invasivos ni destructivos.

A fin de contar con una comparación entre las diferentes respuestas sísmicas provocadas por la presencia de obras subterráneas de infraestructura (e.g. ductos y minas), realizamos el registro continuo de ruido ambiental en periodos de 15 minutos en 4 sitios distintos de la 2ª sección; zona de caracamos, lagos Menor y Mayor y uno en una red de minas subterráneas. Para ello utilizamos 6 sismógrafos Seistronix de 12 canales y un sismómetro Geometrix de 24 canales, ambos con geófonos verticales de 4.5 Hz.

Aplicamos el método de Interferometría Sísmica utilizando el ruido ambiental para generar fuentes virtuales, a fin de obtener la respuesta sísmica del subsuelo por correlación cruzada de observaciones entre pares de receptores. Utilizando el concepto de Time-Reverse Acoustic, construimos secciones de zero-offset utilizando 96 fuentes virtuales. En el rango de 10 a 40 Hz identificamos las anomalías de reflectividad asociadas a la difracción del ducto del Interceptor Poniente (4 m de diámetro). En el dominio de la frecuencia tal anomalía tiene una frecuencia dominante de 16 Hz. Esta metodología nos permitió identificar otras frecuencias dominantes asociadas a minas antiguas y estructuras no reportadas.

En el rango de frecuencia de 4 a 12 Hz, utilizamos los tiempo de retraso del máximo del pulso de correlación de las secciones de fuente virtual para realizar una tomografía de la variación del tiempo de viaje en función de la frecuencia. Esto nos permitió construir modelos 3D de velocidad de onda S, que en el caso del Lago Mayor, las zonas saturadas coinciden con zonas de baja velocidad ( $V_s < 400$  m/s). Las zonas de alta velocidad están asociadas a minas antiguas y probablemente a zonas rehabilitadas en profundidad relacionadas con estructuras de dimensiones considerables bajo en centro del lago. Los resultados de estos estudios indican que es posible explorar la estructura del subsuelo (aún con estructuras civiles en la superficie) con ruido sísmico, cuya adquisición resulta ser no invasiva ni destructiva.

EG-57 CARTEL

**ADAPTACIÓN DE DATOS DE SONDEOS ELÉCTRICOS  
VERTICALES PARA OBTENER IMÁGENES ELÉCTRICAS 2D**

Vences Estudillo Oscar Emmanuel Guadalupe  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
vencesestudillo@yahoo.com.mx

En este trabajo se expone una metodología simple para obtener una Imagen de Resistividad Eléctrica 2D a partir de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Este método fue aplicado para un estudio hidrogeológico en la zona federal El Caracol, ubicada en el municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México. En dicho trabajo se buscaba investigar el subsuelo a más de 150 m. Tal profundidad no puede ser alcanzada con los equipos multielectrónicos debido a limitaciones de potencia, pero a través de la metodología expuesta aquí se logra superar esta barrera. No existen reportes escritos de un estudio similar realizado en México, por lo que este representa una innovación.

Los SEV fueron realizados con la configuración Schlumberger, cada uno con las mismas características y cantidad de mediciones. Valiéndose en la teoría del punto de atribución, cada medición puede ser ubicada en un punto preciso del subsuelo. De esta manera se construyó una malla rectangular con todos los puntos medidos, y con ella se produjo una imagen invertida final. Los resultados finales fueron correlacionados con la geología local, demostrando bastante coherencia y que la técnica fue aplicada de manera correcta.

El trabajo original fue efectuado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y en él se cometieron ciertas fallas en el procesamiento de datos de la imagen eléctrica. El error consistió en agregar un procedimiento de SEV a los datos, cuando estos deben tratarse únicamente como datos de tomografía. En este trabajo se corrige esta equivocación, y se obtienen dos imágenes que poseen mejor correlación con la geología local en comparación con la del estudio previo.

La finalidad de esta interpretación geofísica sirvió para conocer la distribución de los estratos de roca en el subsuelo. Al conocer esta se tuvo una base para ubicar un sitio óptimo para la construcción de un pozo de recarga artificial de agua. Con esta recarga artificial se planea disminuir el abatimiento que sufre el acuífero de la región de estudio.

EG-58 CARTEL

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE REGISTROS FMI APLICANDO LA  
TRANSFORMADA ONDULAR DISCRETA BIDIMENSIONAL (DWT 2-D)**

Felipe López Mara Guadalupe<sup>1</sup> y Lozada Zumaeta Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Petróleo  
mara.felipe.lp@gmail.com

El algoritmo de la Transformada Ondular Discreta (DWT) es una herramienta que permite obtener información de una señal, en el dominio de la frecuencia y en el tiempo de manera simultánea. Su uso permite observar variaciones abruptas y muy pequeñas de la señal.

La Transformada Ondular Discreta Bidimensional (DWT 2-D) descompone una imagen en componentes de diferentes escalas (componentes de aproximación y de detalles: horizontal, vertical y diagonal), estas descomposiciones funcionan mediante filtros pasa bajas (aproximación) y pasa altas (detalles). Estas propiedades permiten hacer uso sólo de algunas de las componentes de mayor interés a expensas de otras, que pueden caracterizarse como texturas o bordes en imágenes, lo cual es de utilidad para encontrar singularidades que no son evidentes a simple vista. Los componentes de detalle son de gran interés ya que muestran las variaciones más abruptas en la señal, en este caso la imagen.

La finalidad de este trabajo consiste en aplicar la DWT 2-D en el mejoramiento de imágenes eléctricas de pozo FMI (Fullbore Formation Microimager), al mismo tiempo detectar fracturas resistivas que puedan presentarse en dichas imágenes, aprovechando la propiedad de la DWT de detectar bordes. La DWT 2-D es utilizada como método no convencional de filtrado en este tipo de imágenes. Se ha observado que en el componente de detalle vertical éstas fracturas se ha aislado de la demás información en la imagen, quedando claramente resaltadas, esto es debido a su alto contraste en el conjunto de datos. Este resultado permite su cuantificación para el uso en otros procesos en la caracterización de yacimientos. Finalmente, se presentan las conclusiones que arroja este trabajo así como las recomendaciones correspondientes.