

SIS-01

CARACTERÍSTICAS DE LA SISMICIDAD EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC UTILIZANDO UNA RED SISMOLÓGICA REGIONAL DE 13 ESTACIONES INSTALADAS EN OAXACA Y CHIAPAS

Bravo Hugo¹, Antonio Uribe², María Eugenia Pérez¹, Mario Garduño¹ y Primitivo López¹

¹ Residencia de la Red Sismológica Pacífico Sur, CFE

² Depto. de Sismotectónica, CFE

Se tiene instalada una red sismológica de 13 estaciones en los estados de Oaxaca y Chiapas, con la que se interpretó la sismicidad de esta región de enero de 1999 a febrero del 2000. De los meridianos 93.00° a 98.00° de longitud Oeste y los paralelos 15.50° a 18.00° de latitud Norte (aproximadamente), se tiene una capacidad de detección para un sismo de magnitud $M_c=3.5^\circ$ con esta instrumentación. Se establecieron criterios de calidad que filtraron los datos con 6 o más fases leídas, un RMS inferior a 1.0 segundos y un error en profundidad de la solución del HYPO71 inferior a 15 km. La relación de velocidades de ondas P y S que arrojan estos datos es de 1.75 congruente con otros estudios en la zona (ej. Ponce et al, 1992). Uno de los resultados más interesantes de este trabajo es que se observa un notable cambio de profundidad en lo que se considera la zona de mayor acoplamiento de los sismos de subducción en México, es decir, en una banda de 80 km a lo largo de la costa (como se considera en la figura). Este cambio de profundidad inicia entre los puntos B y C, y se mantiene en el segmento C-D. A partir del punto D, se incrementa la actividad sísmica. De acuerdo a la información batimétrica disponible, la proyección de la dorsal de Tehuantepec en la costa se ubica próxima al punto D. La misma información batimétrica disponible indica una separación de la trichera con respecto a la costa que inicia en el punto B y muestra una notable plataforma de separación (poco deformada) en el segmento C-D, que se reduce nuevamente en los límites con Guatemala. Se discute la calidad de los datos.

SIS-02

SUBSIDENCE OF THE GUERRERO COAST, MEXICO FROM DIFFERENT GEODETIC OBSERVATIONS AND ITS SEISMOTECTONIC INTERPRETATION

V. Kostoglodov¹, K. Larson², O. Sánchez¹, A.R. Lowry² and R. Bilham²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² University of Colorado, Boulder

Studying deformation of the Pacific coast of Mexico is of great importance for understanding a strain evolution during the interseismic phase of large subduction earthquakes. The Guerrero region is particularly motivating for this type of studies because it comprises two apparently mature seismic gaps. Long time tide gauge records and GPS observations carried out during several last years denote a significant subsidence rate of 6-11 mm/yr at Acapulco, Barra de Potosi, and Atoyac sites. The first two sites are located at the extreme limits and the last one in the middle of the Northern Guerrero gap. Even though all northern Guerrero coast is subsiding, the results of differential leveling along the profiles perpendicular to the coastline reveal that the borders of the gap suffer inland tilt, while in the middle of the gap the tilt has an opposite sign. To explain the observed tilt and absolute subsidence,

a simple two-dimensional elastic half space dislocation model is applied. The results of the modeling suggest that the seismotectonic development of the Northern Guerrero gap is entirely different from those taking place on the gaps borders. The plate interface at the border zones of the gap is locked and the strain energy is accumulating there, while the gap zone itself is slowly (6-9 cm/yr) releasing the strain at the present stage.

SIS-03

IDENTIFICACIÓN DE RÉPLICAS SÍSMICAS EN CATÁLOGOS

Granados Hernández Jorge y Nava Pichardo Alejandro
CICESE

Se presenta un método para la identificación y eliminación de réplicas en catálogos sísmicos. El método que proponemos es una formalización del procedimiento manual, donde las réplicas de un evento principal (t_0 , d_0 , M_0) son identificadas dentro de ventanas espacio-temporales: $t_0 < t < t_0 + T$, $|d - d_0| < D$ y $M < M_0$, donde, t , d y M son el tiempo, las coordenadas hipocentrales y la magnitud, respectivamente. Las principales características del método son: a) se considera el problema de la identificación como un problema local, contemplando una situación ideal donde un volumen espacio-temporal contiene la secuencia de réplicas, b) consideramos a las réplicas como sismos generados y asociados directamente al plano de falla que deslizó durante el evento principal, mientras que los eventos más lejanos, que pudieran asociarse también a la ocurrencia del sismo principal, los consideramos como sismos disparados y asociados al cambio en el campo de esfuerzos en la región, c) aunque existen límites prácticos debido a la cobertura del catálogo y al interés en sismos de gran magnitud, cualquier evento puede ser considerado un evento principal, siempre y cuando no haya sido identificado anteriormente como réplica de otro.

El algoritmo para la identificación de las réplicas se basa en estimar, en forma iterativa, la ubicación, orientación y extensión del plano de falla donde ocurrió el evento principal, haciendo ajustes a partir de una solución inicial que hace pasar el plano de falla por el hipocentro, ya que es ahí donde comienza la ruptura. Las condiciones espaciales, a lo largo, ancho y perpendicularmente al plano presentan límites difusos que asignan una probabilidad de identificación P_i ($i = 1,2,3$) para cada evento y que va desde 0 (rechazo total) a 1 (aceptación total). La decisión final para aceptar o no un evento como una réplica está basada en el cálculo de la probabilidad de identificación total: $P_1 * P_2 * P_3 \leq \epsilon$, donde ϵ es el criterio umbral de aceptación. La metodología es flexible y permite la modificación de parámetros para definir nuevos tamaños en las ventanas espacio-temporales.

SIS-04

PRIMERA ESTACION SISMOLOGICA EN HERMOSILLO, SONORA

Leobardo López Pineda¹, Cecilio Rebolgar Bustamante² y Arturo Pérez Vertti²

¹ Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora

² Depto. de Sismología, CICESE

Oficialmente a partir del 14 de marzo del 2000, gracias a un esfuerzo interinstitucional entre el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, Centro de Investigación Científica y de

Educación Superior de Ensenada e Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, se ha establecido la primera estación sismológica en Hermosillo, Sonora; logrando satisfacer una necesidad que la comunidad científica local había venido reclamando desde hace varios años. La Estación sismológica de Hermosillo esta ubicada sobre un afloramiento de granito sano y localizado en las coordenadas: latitud norte 29°, latitud oeste 111°, consta de un sismógrafo Guralp T40 de banda ancha que permite registrar sismos desde 4° de magnitud dentro de un radio de 200 kms y sismos mayores de magnitud 6 en cualquier parte del mundo. La Estación sismológica de Hermosillo forma parte de la red de monitoreo sismológico del Dr. Cecilio Rebollar, localizada a lo largo del Golfo de California.

Con la información sísmica recabada se entenderán mejor los mecanismos tectónicos que se presentan en el Mar de Cortés, coadyuvara a la identificación de fallas tectónicamente activas y al fortalecimiento de los estudios de microzonificación de riesgo sísmico en la Ciudad de Hermosillo, Sonora.

SIS-05

MONITOREO DE SISMICIDAD CON REDES LOCALES EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA.

J. Frez, J. González-García, J. Acosta, A. Nava, H. Fabriol, M. Alvarez, G. Arellano, J. Carlos, R. García, I. Méndez y F. Farfán

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Entre 1997 y 2000, se han instalado redes locales de 12 a 30 estaciones (Refteks, 3 componentes, periodo corto, grabación digital por disparo, 125 m/s) en diversos lugares del norte de Baja California: Zona Sísmica de Mexicali, Valle Ojos Negros, falla San Miguel, falla Sierra Juárez (cubrimiento parcial), traslape entre las fallas San Miguel y Vallecitos, costa entre Salsipuedes y sur de Ensenada. El objetivo general inmediato es obtener una base de datos de buena calidad que permita determinaciones precisas y exactas de profundidades, mecanismos focales, magnitudes y otros parámetros sísmicos. En forma mediata, se trata de estudiar la sismotectónica de la región, problemas relacionados con la autosimilaridad (o el quiebre correspondiente) de las distribuciones de los parámetros señalados, estudios de estructuras sísmicas y de transmisión de ondas en medios heterogéneos.

En esta presentación, entregamos un resumen de los resultados alcanzados hasta ahora, ampliando presentaciones anteriores en dos reuniones de la UGM. En particular, se analizan las distribuciones de profundidad, mecanismos focales sísmicos y magnitudes en las regiones estudiadas. Los resultados se complementan con la información que resultan de las dos redes regionales (RESNOM y SCSN). También se discute las indicaciones de alineaciones de sismicidad que parecen existir entre los dos sistemas principales de la región: el compuesto por las fallas Cerro Prieto/Imperial y el de San Miguel.

SIS-06

EL SISMO DE COLIMA DEL 6 DE MARZO DEL 2000 (Mw = 5.2)

Javier F. Pacheco, Ricardo Barrón, G.A. Reyes Dávila, C.A. Ramírez Vázquez y F. Nuñez Cornú
Instituto de Geofísica, UNAM
RESCO, Universidad de Colima
CSVO, Universidad de Guadalajara

El 6 de Marzo del 2000 ocurrió un sismo de magnitud 5.2 que fue sentido en todo el estado de Colima y en las zonas aledañas del estado de Jalisco. Este temblor se localizó al oeste del río Armería, dentro del graben sur de Colima, a una profundidad cercana a 10 km. Debido a la falta de estaciones al sur del estado de Colima durante la ocurrencia del temblor, para lograr un mayor control sobre la localización de las réplicas, la Universidad de Guadalajara instaló una estación sísmica portátil Lenards en Manzanillo dos días después del sismo principal. Cuatro días más tarde, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) instaló 4 estaciones portátiles de banda ancha RefTek alrededor de la fuente sísmica, en un radio menor a 20 km. Estas estaciones junto con las estaciones de la Red Sísmica de Colima (RESCO) y las estaciones permanentes del SSN permitieron localizar más de 100 réplicas con gran precisión.

El mecanismo del temblor principal se determinó a través de una inversión del tensor de momento sísmico, a partir de las ondas regionales registradas en las estaciones permanentes de banda ancha del SSN. Este mecanismo se corroboró con la polaridad de los primeros arribos a las estaciones de período corto de RESCO, y el mecanismo publicado por la Universidad de Harvard. Todos ellos muestran un mecanismo de falla normal sobre un plano de orientación SW-NE de buzamiento superficial orientado hacia el NW. Utilizando los datos de las estaciones portátiles de banda ancha se determinaron, a través del modelado de las ondas de cuerpo directas, varios mecanismos focales individuales para las mayores réplicas que se registraron. Todos los mecanismos muestran fallamiento normal con la misma orientación que el mecanismo del evento principal.

Las réplicas mejor localizadas definen un plano de falla con orientación SW-NE y buzamiento al NW de 39°, en concordancia con los mecanismos focales determinados a partir de las ondas sísmicas. Las primeras localizaciones, con la red incompleta, no permiten identificar la falla ni su extensión. Las mejores localizaciones definen una zona de ruptura de 15 km de largo por 7 km de ancho. Utilizando un momento sísmico de 1.2e17 N-m, se obtiene un deslizamiento promedio de 2.5 cm en la falla.

La localización del hypocentro y su mecanismo focal muestran que este evento está relacionado con la actividad tectónica del graben del sur de Colima. Esta es la primera evidencia directa de actividad asociada al graben del sur de Colima.

SIS-07

EVALUACIÓN DE EFECTOS DE SITIO USANDO MICROTREMORES EN LA CIUDAD DE ARMENIA COLOMBIA

Julio Cuenca¹, Hugo Monsalve² y María Luisa Bermúdez³¹ Instituto de Ingeniería, UNAM, México

E-mail: julio@gea.iingen.unam.mx

² Universidad del Quindío, Armenia Colombia

E-mail: hugom@uniquindio.edu.co

³ INGEOMINAS, Colombia

E-mail: mbermu@trilo.ingemin.gov.co

La Ciudad de Armenia capital del Departamento del Quindío, esta localizada en el lado occidental de la Cordillera Central en la parte central del Eje Cafetero Colombiano, e insertada dentro del sistema de fallas Romeral. Se realizaron mediciones puntuales de microtremores para evaluar el efecto de sitio en la Ciudad de Armenia ante el crecimiento acelerado de la ciudad y la vulnerabilidad manifiesta ante el último sismo. El objetivo de este trabajo es estimar los niveles de amplificación de sitio y determinar la frecuencia dominante de los sitios evaluados. Se analizaron los microtremores con la técnica de Nakamura, cálculo de cocientes espectrales de los componentes horizontales respecto al componente vertical para un mismo punto, que permite determinar periodos dominantes en el rango de 0.37 a 0.6 segundos, resaltando en promedio los periodos de alrededor de 0.4-0.5 segundos y las amplificaciones máximas relativas alcanzan factores hasta 11 veces para zonas al sur de Armenia, en ambos casos asociada a daños tanto al centro como al sur de la ciudad, que evidencian una amplificación del movimiento sísmico de las capas de los sedimentos blandos superficiales. Comparando la respuesta sísmica del suelo a ambos lados de la Falla de Armenia, encontramos mayores amplitudes del microtremor en el lado sur. Se complementó este estudio con la técnica estándar usando réplicas locales y un análisis de amplificación de sitio usando ondas de coda de dichas réplicas respecto a la estación de referencia Calarcá en suelo duro. El mapa de isoperiodos, así como el de factores de amplificación máxima relativa obtenidos muestran el efecto de sitio que esperamos en la zona de estudio para futuros temblores. Considerando que la Ciudad de Armenia, por un lado presenta suelos que están conformados por cenizas volcánicas y dividida en dos partes por una falla geológica superficial y por otro lado considerando las áreas de daños en la Ciudad de Armenia a raíz del terremoto del 25 de Enero de 1999 (con saldo de 15000 viviendas colapsadas en el Quindío), encontramos que existe una buena correlación de los resultados, en la que contribuyeron tanto el efecto de sitio, aparte de un efecto topográfico (sistema de muchas cañadas), las condiciones del suelo blando y a la vulnerabilidad de las construcciones.

SIS-08

ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL DE VELOCIDADES DE ONDA P EN LA REGIÓN VOLCÁNICA Y GEOTÉRMICA LAS TRES VÍRGENES, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Victor Wong y Luis Munguía

Depto. de Sismología, CICESE

Se estimó una estructura tridimensional preliminar de velocidades de ondas P para la región volcánica y geotérmica Las Tres Vírgenes usando el método de inversión simultánea de

hipocentros y estructura de velocidades propuesto por Thurber (1981). Los datos utilizados consisten en 90 temblores locales registrados por la red sísmológica temporal instalada durante octubre de 1993 en la región de estudio. Las velocidades determinadas con la inversión muestra variaciones importantes tanto lateralmente como en profundidad cuando se compara con el modelo inicial. En la capa superficial (0-2 Km) se observa una zona de baja velocidad asociada a la porción sur de la Caldera El Aguajito y al flanco sur del volcán La Virgen. Una de las zonas de baja velocidad inferidas coincide con el Cañón El Azufre y la zona de alteración hidrotermal del flanco noreste del volcán El Viejo. En la capa a profundidad intermedia (2-5 Km) se observa una amplia zona de baja velocidad que parece extenderse desde el flanco sur de la Caldera El Aguajito hasta el volcán La Virgen. Esta zona de baja velocidad está rodeada por zonas de alta velocidad. En la capa a mayor profundidad (5-10 Km) se observa prácticamente el mismo patrón de distribución de velocidades que en la capa a profundidad intermedia. La distribución de velocidades en la zona de los volcanes muestra una distribución uniforme tanto horizontalmente como verticalmente, indicando una estructura de velocidades casi homogénea a profundidades mayores de los 8 Km. La mayor variación lateral de la velocidad se observa en la zona del Cañón El Azufre cuyo efecto se puede apreciar hasta 7 Km de profundidad. Los resultados de este estudio indican variaciones de velocidad importantes en el interior del área de inversión en comparación con la estructura de velocidades que se encuentra en la periferia. Esto se puede deber, entre otras muchas razones, al efecto que induce tanto la cubierta volcánica como la parte superior del basamento granítico fracturado que se observa en la región. También las altas temperaturas de la zona de los volcanes pueden afectar a las velocidades en esta zona, sin olvidar que el contenido de fluidos en las fracturas de las rocas superficiales de la zona geotérmica puede ocasionar una disminución de las velocidades. En la periferia del área estudiada las velocidades estimadas reflejan el efecto de una más estructura homogénea en comparación con la estructura de velocidades determinada para la parte interior, aunque la posibilidad de que esto sea un efecto de borde ocasionado por una menor resolución del proceso de inversión, no se puede descartar por ahora.

SIS-09

ZONAS SISMOGENÉTICAS DE LOS ESTADOS DE HIDALGO Y QUERÉTARO

D. Santamaría, A. Uribe, S. Fernández y E. Lomas

Depto de Sismotectónica, Gerencia de Ingeniería Civil, CFE

La Comisión Federal de Electricidad, ante la necesidad de observar el comportamiento sísmico en las diferentes áreas donde tiene contemplados proyectos, inicia específicamente en 1981 este monitoreo en los límites de los estados de Hidalgo y Querétaro. En tal región han ocurrido sismos de magnitudes considerables, dentro de éstos se encuentran: Pinal 1887, 5.3 OR, Acambay 1912, 6.7 OR, Ixmiquilpan 1950, 4.9 OR, Cardonal 1976, 5.3 OR, Maravatío 1979, 5.3 OR, Actopan 1987, 4.1 OR, Landa 1989, Mc = 4.4, Bella Vista del Río 1996, Mc = 4.3 OR y Pedro Escobedo 1998, Mc = 3.2 OR.

Para observar la actividad sísmica de esta área se ha contado con las siguientes redes: Cazonas, Laguna Verde, Zimapán y las estaciones Tamanzunchale y Landa de Matamoros, su cobertura no es óptima, sin embargo la actividad sísmica registrada por estas estaciones han dado la pauta para identificar zonas de actividad

sísmica como: El Fraile, Jalpan, San Joaquín, Bellavista del Río, Caltimacán, Pedro Escobedo y Actopan. La concentración de la sismicidad en cada una de estas zonas, es clara evidencia de que existe liberación constante de energía, posiblemente asociada con los esfuerzos tensionales característicos de la región, originando temblores superficiales, en el rango de magnitudes entre 2.6 y 4.4 grados.

SIS-10

MONITOREO SÍSMICO DE LA REGIÓN DE BAHÍA DE BANDERAS

Núñez-Cornú F.¹, Suárez-Plascencia C.¹, Nava F.A.² y J.A. Paz-García³⁻⁴

¹ SisVOc, Universidad de Guadalajara

² División de Ciencias de la Tierra, CICESE

³ RESCO, Universidad de Colima

⁴ Unidad Estatal de Protección Civil Jalisco

Resultados de estudios temporales de sismicidad realizados entre 1996 y 1998 muestran que esta región es muy activa desde el punto de vista sísmico. Por ello, como parte del Atlas de Riesgos Naturales para Puerto Vallarta, la Secretaría de Desarrollo Urbano del Gobierno del Estado de Jalisco apoyó la instalación de una red sísmica temporal por un período mínimo de dos años para identificar las estructuras tectónicas locales sísmicamente activas. Este estudio lo realiza el Centro de Sismología y Volcanología de Occidente de la Universidad de Guadalajara junto con el CICESE, con el apoyo de la Unidad Estatal de Protección Civil de Jalisco. La red consta de equipos Lennartz Mars88 y Marslite, 4 de ellos con sensores LE3D de 1 seg y uno de ellos con sensor de banda ancha, más un acelerógrafo. Los sitios donde se ubican estas estaciones son Punta de Mita, Las Trompetas, Mismaloya, El Tuito, Cabo Corrientes y San Sebastián del Oeste. Se tiene programado también la instalación de tres estaciones telemétricas en la región.

SIS-11

CARACTERÍSTICAS DE LA SISMICIDAD EN LA COSTA Y EL NORTE DEL BLOQUE DE JALISCO

Rutz M.¹, Núñez-Cornú F.¹, Reyes-Dávila G.², Suárez-Plascencia C.¹ y Nava F.A.³

¹ SisVOc, Universidad de Guadalajara

² RESCO, Universidad de Colima

³ División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Se hace un análisis de los datos registrados durante diferentes de períodos de observación en la región utilizando equipos sismológicos portátiles tipo Mars88 con sensor Le 3D (1Hz) complementados con datos de RESCO. Tomando como base todos los eventos localizados se pueden distinguir al menos 4 zonas: una zona de sismicidad interplaca cuya geometría sugiere una subducción oblicua, esto se observa más claramente al sur del paralelo 20°. Una zona de sismicidad intraplaca en la placa de Rivera (oceánica) y/o manto superior, también más observable al sur del paralelo 20°, esta región se corresponde al área de ruptura del Terremoto de 1995. El área comprendida entre Ameca y Amatlán de Cañas donde la profundidad de los eventos varía de superficiales a 35 km. Por último la zona de Bahía de Banderas donde se observan diferentes tipos de eventos sísmicos, un primer tipo superficial que parece estar asociado a la actividad interplaca. Un segundo tipo con profundidades entre los 10 y 30 km que aparentemente están

asociados a rasgos que cruzan la Bahía de Banderas en dirección EW. Finalmente una sismicidad somera en la placa continental que parece concordar con algunos rasgos estructurales continentales; se han identificado tres familias diferentes de sismos.

SIS-12

ANOMALÍAS EN LA RADIACIÓN DE ENERGÍA SÍSMICA DETECTADAS EN C.U.

Ricardo Barrón, Javier F. Pacheco y Shri K. Singh
Instituto de Geofísica, UNAM

La magnitud de los sismos moderados a grandes que ocurren en México y son reportados por el Servicio Sismológico Nacional, se miden desde 1994 con la estación de banda ancha localizada en Ciudad Universitaria (C.U.) en la ciudad de México. Esta magnitud se determina de dos maneras: con la amplitud de las ondas superficiales, y con la medida de la energía sísmica radiada. La magnitud de amplitud (M_a) se mide filtrando los sismogramas entre 15 y 30 segundos, por lo que se obtiene una medida similar a M_s para registros regionales. Esta magnitud es muy estable y satura para sismos con magnitudes mayores a 7.0. La magnitud de energía (M_e) es una medida de la energía radiada y registrada en C.U. Este valor se lleva a la fuente, luego de corregir por la amplificación que sufren las ondas en el Valle de México, y se promedia sobre toda la esfera focal. Ambas magnitudes han sido previamente calibradas con M_w (la magnitud de momento sísmico). Por lo que no es de extrañar que ambas magnitudes arrojen valores muy similares para un mismo temblor. Sin embargo, durante el sismo del 9 de Agosto de 2000 (M_w 6.5) localizado en las costas de Michoacán, se notó una diferencia considerable entre la magnitud M_a (6.4) y M_e (7.0). Esta sobreestimación de la magnitud determinada a través de M_e , de 0.5 unidades, se debe a una amplificación de las ondas en un rango de frecuencias cercano a la frecuencia de esquina del sismo. Mucho se ha debatido sobre las consecuencias del sismo de Michoacán de 1985 sobre la ciudad de México. Se atribuye mayormente a la amplificación de ondas sísmicas por los sedimentos del antiguo lago. Parte de la afectación también se atribuye a la amplificación de las ondas por la estructura tridimensional del Valle de México. Otros autores, sin embargo, señalan la contribución de la trayectoria sobre las ondas, y en algunos casos se apunta a una contribución de la fuente sísmica. Para entender la anómala amplificación de ondas en la ciudad de México debido al sismo de Michoacán es importante realizar un estudio comparativo entre el sismo del 9 de Agosto, ocurrido en la misma región del de 1985, y otros ocurridos al sur de la ciudad de México, para los cuales podemos determinar sus magnitudes M_a y M_e . En el presente trabajo se analizaron 80 sismos ocurridos entre 1994 y el presente, localizados en un radio de 800 km de la estación C.U. para los cuales se cuenta con la magnitud de Momento sísmico (M_w) dada por Harvard y las magnitudes M_a y M_e . Se realizó una comparación entre las magnitudes, las profundidades y las trayectorias de las ondas entre el epicentro y la estación en C.U.

SIS-13

EFFECTOS MACROSÍSMICOS DEL TEMBLOR CORTICAL DE COLIMA (MW 5.3) DEL 6 (7) DE MARZO DE 2000 EN ZONA OCCIDENTAL DE MÉXICO

Vyacheslav M. Zobin¹, Gabriel A. Reyes-Dávila², Luz Maria Pérez-Santa Ana¹, Carlos A. Ramírez-Vázquez² y J. Francisco Ventura-Ramírez³

¹ Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima

² Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias Básicas, Universidad de Colima

³ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima

El sismo de magnitud Mw 5.3 ocurrido la noche del 6 de Marzo, 2000 a las 22:32 (Hora Local, ó 7 de Marzo, 04:32 UT) en Colima, México, en la parte oeste del sistema de fallas del Sur de Colima (SFSC). El temblor estuvo caracterizado por un mecanismo focal tipo falla normal y fue acompañado por numerosas réplicas. Este sismo fue el primer evento cortical (profundidad del foco 6 km) de esta magnitud registrado instrumentalmente dentro de la SFSC desde el inicio de las investigaciones regionales de sismicidad en 1989.

Para estudio macrosísmico del temblor, tuvimos cerca de 200 entrevistas con personas que sintieron el temblor en sus casas situadas en 54 ciudades y pueblos en los estados de Colima, Jalisco y Michoacán. El campo macrosísmico del temblor está representado por tres zonas, de intensidades 5, 4 y 3. La zona de intensidad 5, abierta hacia el océano, tiene cerca de 50x50 km² con epicentro en el centro de esta zona. Esta incluye la ciudad de Manzanillo en su porción costera. La zona de intensidad 4 incluye Colima y Tecmán, dos de las ciudades más grandes del estado de Colima.

El sismo del 6 de Marzo se localizó dentro del área epicentral occidental de la SFSC y puede ser considerado como el evento característico para esta zona epicentral. El fallamiento normal en la fuente del temblor del 6 de Marzo muestra que la zona epicentral occidental se formó a lo largo de una estructura extensional de tipo rift que puede corresponder al sistema de fallas Tamazula.

SIS-14

LOS EFECTOS DE TRAYECTO EN EL MOVIMIENTO SÍSMICO DEL CENTRO DE MÉXICO. RESTRICCIONES A PARTIR DE EVENTOS DE MAGNITUD INTERMEDIA

Martín Cárdenas Soto y Francisco J. Chávez-García
Coordinación de Ingeniería Sismológica, Instituto de Ingeniería,
UNAM

Las características de propagación del movimiento sísmico en el centro del país son una de las mayores incertidumbres involucrados en la evaluación del riesgo sísmico al que esta expuesto la ciudad de México. Esto se debe principalmente a dos razones: 1) Las curvas de atenuación derivadas de movimientos fuertes excluyen aquellos sitios donde se observan anómalas amplificaciones, 2) La excepcional duración del movimiento del terreno observada en la zona de lago, esta aún presente en la zona de lomas. Resultados recientes apoyados en observaciones y modelos han reunido esos dos fenómenos dentro de los efectos de

trayecto. La hipótesis propuesta para explicar dichos fenómenos se atribuye a la heterogeneidad lateral introducida por la presencia del Eje Volcánico Transmexicano (EVTM). Sin embargo, en todos los estudios realizados hasta el momento aún se carece de un número suficiente de observaciones que nos permita avanzar en el estudio de esos fenómenos, aunado al limitado conocimiento sobre la estructura de la corteza.

A fin avanzar en el conocimiento sobre dichos efectos, en este estudio se llevó a cabo el análisis de 19 eventos de la zona subducción ($3.6 < M < 4.9$) registrados en un arreglo de siete estaciones sísmicas de banda ancha (tres componentes) situado en el centro del país. En el análisis de los datos se empleó una inversión generalizada para el estudio de fuente trayecto y sitio. Mostramos que mediante tal inversión es factible determinar confiablemente los parámetros de fuente. Las funciones de respuesta de sitio muestran una amplificación alrededor de 0.6 Hz solo para dos estaciones situadas presumiblemente sobre terreno firme dentro EVTM. Una estación situada en el sur de la ciudad de México y la otra al norte de la ciudad de Toluca. El análisis de los registros en el dominio del tiempo y la frecuencia muestran que el efecto de sitio, que se manifiesta en significantes amplificaciones y duraciones del movimiento sísmico para ambas estaciones, no corresponde a efectos locales.!

El trayecto fue caracterizado por los residuales de atenuación, dependientes de la frecuencia, y un factor de calidad regional. Observamos que la propagación del movimiento sísmico hacia el interior del continente, es afectada por la redistribución de energía al nivel de la corteza inferior.

Finalmente, los resultados obtenidos de este trabajo nos sugieren para comprender el fenómeno de amplificación regional y la duración del movimiento se profundice en el estudio de los siguientes temas: a) zonas sismogénicas que por su localización y características de fuente de los sismos que ahí se originan, liberen energía sísmica en frecuencias que no se observa de otras regiones, b) la influencia de las propiedades elásticas, geometría y dirección de la placa que subduce al movimiento en superficie, y c) definir la extensión de la influencia del EVTm en las características de la propagación sísmica en el centro del país.

SIS-15

NEW CONSTRAINTS ON THE UPLIFT OF OCTOBER 9, 1995 JALISCO-COLIMA EARTHQUAKE (M_w 8) BASED ON THE ANALYSIS OF TSUNAMI RECORDS AT MANZANILLO AND NAVIDAD

M. Ortiz¹, V. Kostoglodov², S.K. Singh², and J. Pacheco²

¹ Depto. de Oceanografía, CICESE

² Instituto de Geofísica, UNAM

Tsunami records registered during the October 9, 1995 Jalisco-Colima Earthquake (M_w 8) by two tide gauges and one pressure gauge were analyzed to estimate the coseismic subsidence at Manzanillo and Navidad Bay. Numerical modeling of the tsunami waveform determined the location and magnitude of the maximum offshore coseismic uplift on the fault plane. To fit the observed data, the fault-slip offshore from Manzanillo is required to be 2-3 times less than the average slip on the fault plane in front of the Navidad Bay. The new constraints on the coseismic uplift distribution

obtained from the present tsunami analysis can be combined with the existing GPS coseismic inland data to accomplish a new more detailed inversion of the fault-slip distribution.

KEY WORDS: October 9, 1995 Jalisco-Colima, México, earthquake, rupture zone, tsunami, tide gauge records.

SIS-16

ESTRUCTURA DEL FALLAMIENTO ACTIVO CONTEMPORANEO Y ORTOGONAL EN EL SECTOR SEPTENTRIONAL DE LA FAJA VOLCÁNICA MEXICANA, EN LA VECINDAD DE LA CIUDAD DE QUERÉTARO

Aguirre-Díaz Gerardo¹, Nieto-Obregon Jorge², Lermo-Samaniego Javier³, Zuñiga F. Ramon⁴ y Pacheco F. Javier

¹ Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

E-mail: gjad@servidor.unam.mx

² Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: nieto@servidor.unam.mx

³ Instituto de Ingeniería, UNAM

⁴ Instituto de Geofísica, UNAM

Dos conjuntos ortogonales de fallas normales se intersectan en la parte norte del Cinturón Volcánico Mexicano, en los alrededores de la Ciudad de Querétaro. Se generan dos grabens y un arreglo complejo de bloques levantados y hundidos, donde la ciudad de Querétaro ocupa el depocentro. El conjunto ENE tiene un mayor número de fallas, la mayoría de los cuales tienen longitudes menores a 20 Km, saltos de decenas de metros y un desplazamiento normal con una pequeña componente lateral izquierda. Este sistema está asociado al desarrollo del Cinturón Volcánico Mexicano, conocido como sistema de fallas intra-arco. El conjunto NNW intersecta al anterior, y tiene fallas con longitudes de 10 a 25 Km, escarpes de falla y saltos de más de 100 m, un desplazamiento predominantemente normal, con pequeñas componentes laterales izquierdas y derechas. Este conjunto forma parte de la porción sur de la provincia de Cuencas y Sierras.

Se cartografiaron varias fallas del conjunto NNW que interrumpen a las del conjunto ENE implicando una edad más joven para el primero. Sin embargo, y dado que el sistema ENE también corta al otro conjunto, se deduce una actividad contemporánea en ambos.

Análisis cinemáticos basados en lineaciones de estrías en planos de falla indican una orientación NS casi horizontal para el eje T del conjunto ENE, mientras que para el conjunto NNW el eje T queda orientado casi EW y prácticamente horizontal. Se observaron también orientaciones de esfuerzos complejas en la vecindad de las intersecciones de estos sistemas, posiblemente relacionadas a reactivaciones de fallas del otro sistema.

Una secuencia de sismos ocurrió entre el 23 de enero y el 10 de febrero de 1998 en la vecindad de Sanfandila, 20 km al SE de la ciudad de Querétaro. El evento más grande ocurrió el día 29 de enero con una magnitud Mw de 3.4. Una pequeña red local fue instalada y permitió registrar alrededor de 200 eventos, a profundidades de 3.5 a 5.5 km. El modelado mostró una solución de plano de falla normal con un rumbo N 26 W, y un echado de 82° al E, en acuerdo a la distribución hipocentral del enjambre. En la continuación de esta traza de falla, todas las fallas ENE al este de

Sanfandila se interrumpen, sugiriendo la presencia de un elemento estructural mayor, y demostrando la actividad tectónica del conjunto NNW.

Dado que el sistema ENE es considerado sísmicamente activo (Acambay, Aljibes, y Valle del Mezquital), al estar éste desplazado por fallas del sistema NNW indica que este último debe ser también considerado como sísmicamente activo, por lo que las fallas NNW de esta región pueden interpretarse como antiguas fallas de la provincia Cuencas y Sierras que han sido reactivadas en diferentes tiempos, incluyendo el presente, como lo confirma la sismicidad de Sanfandila.

La aparición de fracturas y fallas en varias áreas rurales y urbanas se considera asociada a la respuesta del suelo a la excesiva extracción de agua subterránea, compactación diferencial de horizontes arcillosos dentro del paquete de depósitos aluviales, lacustres y de derrames de cenizas que rellenaron los valles, cañadas, etcétera, a su vez controlados por la tectónica descrita arriba.

SIS-17

BIOT THEORY, GASSMANN FORMULA AND THE MISSING ROLE OF DYNAMIC POROSITY

Pratap Sahay

Department of Seismology, CICESE

The experimentally measured ultrasonic P-wave velocity and attenuation in porous media are known to be higher than the predicted values by the Biot theory. The prediction by the Biot theory is based upon estimation of its elastic constants by the Gassmann formula. Attempts have been made to provide a correction to the Biot/Gassmann elastic constants on the basis of postulating "squirting" oscillation of the pore fluid.

The underestimation of velocity and attenuation by the Biot/Gassmann theory is because of the implicit assumptions about porosity change during deformation. I will show that if constituents are allowed to deform altering their proportion by volume (i.e., porosity is dynamically changing), then underestimations can be accounted without invoking the additional "squirting" mechanism at pore scale.

SIS-18

CÁLCULO DE PROPIEDADES EFECTIVAS DE ROCAS POROSAS CON ANISOTROPÍA CÚBICA

Oscar Valdiviezo Mijangos y Federico J. Sabina

CETIS No. 7, Miguel Lerdo de Tejada

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

E-mail: ovm@uxmyml.iimas.unam.mx

La caracterización de medios porosos saturados con fluido es de gran importancia en muchas áreas de interés por ejemplo, en la industria petrolera, en la localización de mantos acuíferos, etc. Tanto las rocas como el suelo son medios porosos y es por éstos por donde el fluido fluye, este fluido puede ser petróleo, gas, agua, etc. En general, las rocas tienen algún tipo de anisotropía. Aquí se presenta una forma para obtener propiedades efectivas de un medio anisótropo saturado de fluido, a partir de su microestructura. La

técnica matemática de Homogeneización Asintótica de dos Escalas permite obtener relaciones exactas para las propiedades efectivas de medios compuestos a partir de su microestructura, incluyendo el caso de una fase fluida.

Se considera un medio continuo infinito con anisotropía cúbica que contiene fibras cilíndricas paralelas infinitas de sección transversal circular arregladas en forma biperiódica llenas de fluido. Para obtener las propiedades efectivas con la técnica de Homogeneización Asintótica de dos Escalas es necesario conocer los desplazamientos planos y antiplanos en una celda periódica y estos desplazamientos pueden ser encontrados usando los potenciales de Kolosov-Muskhevisvilli y de las funciones doblemente periódicas de Weirstrass, los cuales conducen a sistemas de ecuaciones lineales infinitos que se pueden resolver y así obtener las propiedades efectivas del medio poroso.

SIS-19

SQUIRTING AND ITS NATURE

Adriana Arroyo A. and Pratap Sahay
Depto. de Sismología, CICESE

Experimentally it is found that a fluid layer sandwiched between two solid plates undergoes squirting, i.e., the solid plates flex sideways in a symmetrical way while the intervening fluid layer is squeezed forward and backwards parallel to the direction of wave propagation. A generalization of this idea of symmetric mode can be applied to a stack of alternate solid-fluid layers. Since porous media may be viewed as a stack of alternate solid-fluid layers, we are analyzing the dispersion curve for this model to understand squirting in porous media.

SIS-20

CORRELACIONES FACTOR DE RESISTIVIDAD- POROSIDAD DE SISTEMAS FRACTURADOS- VUGULARES

Mendoza-Romero G.¹, Cruz-Hernández J.², Islas-Juaréz R.² y
Becerril-Ayala J.²

¹ IMP

² PEMEX

Se presenta un estudio estadístico dirigido a establecer expresiones que relacionen factor de resistividad, F_R con porosidad, \emptyset , de yacimientos fracturados-vugulares.

Estos yacimientos al igual que los del tipo fracturado sin presencia de vugulos son, por su alta producción petrolera y por ende desde el punto de vista económico, los más relevantes a nivel mundial. En el sureste de México, en particular en las áreas de Tabasco-Chiapas y la Sonda de Campeche, se encuentran los más importantes dentro del ámbito nacional.

Desde el descubrimiento de esta clase de formaciones geológicas almacenadoras de hidrocarburos, su evaluación petrofísica, a partir del análisis e interpretación de registros geofísicos ha representado un problema complejo que no ha sido resuelto en su totalidad.

Existen técnicas establecidas que, sin lugar a dudas, conformaron en su momento, una solución adecuada para el estudio

de sistemas porosos homogéneos, pero que han demostrado ser inoperantes en los yacimientos gigantes de la República Mexicana.

Tal es el caso de la mayoría de los métodos convencionales de cálculo, sustentados en las ecuaciones generalizadas del tipo Archie, las cuales no poseen un soporte teórico, no satisfacen condiciones de frontera y sobre todo no fueron establecidas para la descripción de rocas tan heterogéneas, como las que conforman los sistemas fracturados-vugulares.

De acuerdo con esto es necesario instaurar caminos novedosos consistentes en desarrollar técnicas de interpretación petrofísica basadas en formulaciones teóricas generalizadas que solventen las limitaciones antes descritas.

Una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con el tema demuestra que son pocos los investigadores que han realizado esfuerzos en esa dirección (Towle, 1962, Harriet, 1985 y más recientemente Pérez-Rosales *et al*, 2000).

En principio y apariencia, las expresiones analíticas a las que estos autores han llegado tienen la limitante de que, son de difícil aplicación práctica.

En unos casos quizás por la forma que presentan, pero en otras situaciones se debe primordialmente a que con las herramientas de campo resulta prácticamente imposible evaluar, directa o indirectamente, los parámetros que relacionan, no obstante que éstos sean de una gran relevancia en los desarrollos teóricos.

Aquí se aprovechan las parejas de valores (F_R , \emptyset), inferidos de los modelos geométricos que propone y reporta Towle (1962), y se complementan con los resultados experimentales obtenidos recientemente en el Laboratorio de Modelos Físicos del IMP, sobre diferentes cubos de acrílico que presentan un número variable de cavidades hemisféricas perforadas sobre cada una de sus caras.

En estos sistemas, los cubos representan *bloques de matriz*; los espacios entre cubos, *fracturas*; y las cavidades hemisféricas, *vugulos*.

El análisis regresional aplicado, por partes, a todo el conjunto de valores experimentales pero variando: a) La magnitud de la interconexión de las fracturas con las cavernas, y b) El número de vugulos por cara de los modelos físicos (cubos de acrílico), conduce a correlaciones del tipo semilogarítmico:

$$F_R = A \ln \emptyset + B$$

donde, A y B son constantes estadísticas.

Estas expresiones tienen la ventaja de que dependen de parámetros de fácil obtención tanto en laboratorio como de la información de los registros de pozo, por lo que su aplicación a casos de campo es práctica e inmediata, como lo demuestran los resultados obtenidos en diversos pozos del Complejo Cantarell.

SIS-21

TORSIONAL WAVES IN FLUID-SATURATED POROUS CYLINDERS

Selene Solorza and Pratap Sahay

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Resonance bar measured shear wave velocities and attenuations in sonic regime for sandstone samples filled with oil show marked changes difference over the same sample filled with brine (J. Sothcott, *et al*, Proceeding of SEG 2000, p. 1883-1886, 2000). In Biot theory of poroelasticity the fluid viscosity term appears only in the intercomponent frictional term, whereas in the volume averaging theory of poroelasticity the fluid shear viscosity term also appears in its stress tensor. In order to account for the above experimental measurements we are carrying out analytical developments for torsional oscillations of fluid saturated porous cylinder in the framework of the poroelasticity theory obtained by volume averaging approach. We shall report the work in progress.

SIS-22

SIMULACION NUMERICA DE ONDAS SISMICAS EN MEDIOS POROELASTICOS

Gerardo Quiroga Goode
Programa YNF, IMP

En este trabajo, se presenta la solución numérica de la propagación de ondas sísmicas en un medio poroelástico.

Se emplean métodos discretos, explícitos y en el dominio del tiempo.

El reto numérico es debido a que un medio poroelástico se acoplan dos fenómenos físicos de escalas (temporal y espacial) muy variadas. La sísmica observa escalas de metros a cientos de metros y segundos mientras que el flujo de fluidos y de calor tienen escalas de milímetros y milisegundos. La dificultad numérica estriba en poder representar adecuadamente toda la física del modelo.

La teoría de propagación de ondas corresponde a De La Cruz y Spanos (C-S).

Las simulaciones numéricas muestran los frentes de onda de las ondas clásicas P y S y también las pseudo-ondas lentas P y S acopladas.

Cuando el medio poroso considera conducción de calor, se pueden observar incipientemente, dos pseudo-ondas lentas longitudinales, adicionalmente.

Como los casos más interesantes desde el punto de vista teórico y de aplicación a la exploración de hidrocarburos están relacionados a la presencia de heterogeneidades, en un trabajo futuro se está considerando la presencia de inhomogeneidades tomando en consideración las ecuaciones a la frontera, también debidas a C-S.

SIS-23

DEFINICIÓN DE PROPIEDADES PETROFÍSICAS UTILIZANDO IMÁGENES ELÉCTRICAS DE PARED DE POZO

Aída Rubí Bravo Almazán y Honorio Ramírez Jiménez
CFE

E-mail: aidarubi@excite.com

IMP

E-mail: hramirez@imp.mx

INTRODUCCIÓN

Los primeros intentos para obtener imágenes de pozo, consideraron la utilización de cámaras ópticas. Actualmente analistas e investigadores cuentan con una amplia variedad de herramientas ópticas, acústicas y eléctricas, de entre las cuales elegir para obtener imágenes de pared de pozo.

MECANISMOS UTILIZADOS EN LA OBTENCIÓN DE IMÁGENES DE PARED DE POZO

Mecanismos Eléctricos. El FMI (Fullbore MicroImaging) es una extensión de la técnica dipmeter, pero con una mayor cantidad de electrodos. La herramienta FMI muestrea pequeños volúmenes finitos de roca y los datos adquiridos son, sin embargo, muy sensibles a la rugosidad, por pequeña que sea de la pared del pozo. Variaciones en la porosidad y mineralogía de las capas afectan las propiedades eléctricas de la roca y son captadas por los canales rápidos de la herramienta FMI. La imagen resultante contiene información sobre la textura, estratificación y tipo de roca, la cual puede ser utilizada para análisis sedimentológicos, caracterización de facies, zonificación y delimitación del yacimiento. Los planos o superficies de estratificación pueden ser identificadas por su echado y azimut.

FÍSICA DE LAS HERRAMIENTAS DE IMÁGENES ELÉCTRICAS

Una corriente alterna fluye a la formación entre dos electrodos: el electrodo superior que contiene la electrónica y el inferior a la sección de patines. La resolución de las medidas es una función del promedio de muestreo de los datos. Un postulado del procesamiento de señales establece que un mínimo de dos muestras deberán ser adquiridas sobre una distancia equivalente a la resolución de la herramienta. Como la resolución de la herramienta es de 0.2 de pulgada, el promedio mínimo de muestreo deberá de ser una muestra cada 0.1 de pulgada. El muestreo de 0.1 de pulgada, deberá ser satisfecho en ambas direcciones vertical y azimutal. Esto se obtiene de la siguiente manera:

INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE PARED DE POZO

IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE POROSIDAD

Cavidades de disolución

El gran cubrimiento perimetral de la herramienta FMI, permite una buena visualización de la extensión y conectividad de la porosidad por cavidades de disolución. Puede ser posible relacionar el tamaño y distribución de los puntos negros en la imagen a

propiedades petrofísicas observadas en los registros de línea de acero tradicionales.

Estilolitas

Las estilolitas usualmente aparecen en las imágenes como líneas rectas u onduladas conductivas, con abruptos y erráticos desplazamientos verticales cortos e indican una fuerte solución y compactación.

INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL

Fallas

El análisis de las imágenes FMI muestra una repetición de la secuencia sedimentaria. Esta falla no presenta arrastre o deformación, por lo que no es detectable con las técnicas tradicionales del registro de echados.

Fracturas y planos de estratificación.

La inclinación de las fracturas es bajo, comparado con el echado de las capas y la estructura de red es perpendicular a la estratificación. Las imágenes eléctricas dan una de las mejores formas para correlacionar núcleos con las profundidades de registros.

Estratificación Convoluta

Esta se representa una estratificación convoluta altamente distorsionada, cubierta por una zona de transición hacia otra capa, que se incrementa hacia la base de la imagen.

ANÁLISIS DE FRACTURAS

Fracturas Naturales

Porque ellas representan una pequeña fracción del volumen de la formación, son difíciles de detectar con las técnicas convencionales de registro. La fractura inclinada estando cementada con material más resistivo que roca ocasiona que la corriente del patín se disperse de la fractura, creando la alternancia de zonas de resistividad alta y baja arriba y debajo de la intersección del plano de la fractura, así como cuando está rellena de material conductivo. Las fracturas inducidas siempre se presentan paralelas al eje del pozo.

SIS-24

MODELADO SÍSMICO BIDIMENSIONAL ACÚSTICO Y ELÁSTICO ORIENTADO A LA CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS

M. Manuel Lozada Zumaeta y Gerardo Ronquillo Jarillo
Subdirección de Exploración y Explotación, Gerencia de
Prospección Geofísica, IMP

Como bien establecido esta, la propagación de ondas elásticas queda descrita por una ecuación diferencial parcial de segundo orden en el tiempo. En términos generales, el modelado sísmico, se basa en la solución numérica de la aproximación discreta de la ecuación de onda acústica o elastodinámica. Una manera usual de aproximación de los términos de diferenciación parcial es la aplicación de operadores de diferencias finitas. El intervalo de muestreo espacial generalmente está relacionado con la longitud de

onda más pequeña que puede ser con suficiente precisión modelada. Se determina el número de puntos de la retícula por longitud de onda más pequeña con respecto al orden del operador de diferencias finitas espacial. Las derivadas espaciales deberán ser calculadas para cada intervalo del tiempo en cada punto de la retícula y el muestreo temporal queda determinado por algún criterio de estabilidad que proporciona el intervalo de tiempo más grande aplicable y compatible con la simulación numérica de propagación de ondas en cierto modelo y al esquema específico de modelado. Las velocidades sísmicas y el espaciado de la retícula espacial son los parámetros que gobiernan y determinan el intervalo de tiempo. Suponemos un muestreo espacial equidistante y altos contrastes relativos de velocidad.

En este marco general, se presenta los resultados obtenidos en la experimentación numérica de la simulación acústica y elástica orientado como herramienta útil a la caracterización de yacimientos y calibración.

El análisis sistemático de los resultados y calibración de modelos permiten obtener modelos representativos específicamente restringidos por parámetros petrofísicos y e información geológica complementaria compatibles con una geofísica de desarrollo y caracterización de yacimientos de gas y petróleo.

SIS-25

SIMULACIÓN VISCOELÁSTICA BIDIMENSIONAL EN MEDIOS ARBITRARIOS Y HERRAMIENTA COMPLEMENTARIA DE CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS CARBONATADOS

Gerardo Ronquillo Jarillo y M. Manuel Lozada Zumaeta
Subdirección de Exploración y Explotación, Gerencia de
Prospección Geofísica, IMP

Se presenta los resultados de la experimentación numérica del modelado viscoelástico de propagación de ondas en un medio heterogéneo. La velocidad de las ondas sísmicas dependerán de las frecuencia en un medio atenuante. Las observaciones de las variaciones del factor de calidad Q con la frecuencia pueden dividirse en dos grupos, aquellos que invocan un modelo lineal y los que se refieren a modelos no lineales. La no linealidad sistemáticamente ha sido ignorada por las dificultades matemáticas asociadas a los modelos no lineales. En perfecta elasticidad la deformación es proporcional al esfuerzo e independiente a la duración del esfuerzo. Cuando el esfuerzo cesa la forma original es recuperada. En viscoelasticidad, la deformación bajo la acción de un esfuerzo constante crece a una proporción decreciente, cuando el esfuerzo cesa, ocurre una recuperación inmediata de la deformación inicial y la deformación decrece hasta que tiende a cero.

La simulación viscoelástica bidimensional requiere estimaciones de la constante de Lamé, densidades y tiempos de relajación y desde que los materiales viscoelásticos son dispersivos, decrementos de Q implican el incremento de la velocidad.

En este marco general se presenta y analiza los resultados del modelado viscoelástico bidimensional efectuado como herramienta significativa en el procedimiento sistemático de caracterización de yacimientos carbonatados como parte integrante del Proyecto de caracterización de yacimientos carbonatados por modelado matemático, sísmico y atributos sísmicos que el Instituto Mexicano del Petróleo como proyecto prioritario desarrolla.

SIS-26

VARIACION ESPACIAL DEL PARAMETRO DE DECAIMIENTO ESPECTRAL κ EN LA REGION EPICENTRAL DEL TEMBLOR DE COLFIORITO DE 1997

Raúl R. Castro¹, Luca Trojani², Giancarlo Monachesi², Marco Mucciarelli³ y Marco Cattaneo⁴

¹ Depto. de Sismología, División Ciencias de la Tierra, CICESE

² Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata, Italy

³ Universita della Basilicata, Potenza

⁴ Istituto Nazionale di Geofisica, Roma

Calculamos el parámetro de decaimiento espectral κ usando 33 eventos ($2.2 < M < 4.1$) localizados en la zona epicentral del temblor de Colfiorito (Italia central) de 1997. Aunque las trayectorias fuente-estación de los eventos seleccionados tienen aproximadamente la misma distancia (± 2.5 km) y el mismo azimut, los valores de varían por un factor de entre 2 y 3 veces dentro de un radio de 2.5 km. Esta observación sugiere que la atenuación cerca de la fuente puede cambiar significativamente en un rango de distancia pequeño. Usamos los cambios espaciales de κ para determinar la atenuación de la región cercana a la fuente y encontramos que Q puede variar entre 16 y 52 en una distancia de 2 km. Con el objeto de separar los efectos de la fuente y de la trayectoria de los registros espectrales, calculamos una inversión espectral generalizada. Los resultados de esta inversión muestran que la mayoría de las estaciones tiene una respuesta de sitio constante en la banda de frecuencias usada para calcular κ ($10 < f < 20$ Hz). Además, Q muestra una débil dependencia de la frecuencia en esta banda de frecuencias. Los resultados del análisis sugieren que la causa más probable de la variación de κ observada es la variación espacial de Q cerca de la zona sismogénica.

SIS-27

UTILIZACION DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA LA SEPARACIÓN DE EFECTOS DE SITIO Y EFECTOS DE FUENTE

Aguirre Gonzalez Jorge y Contreras Ruiz Esparza Moisés Gerardo

Instituto de Ingeniería, UNAM
E-mail: jag@euler.iingen.unam.mx
E-mail: moy@servidor.unam.mx

Debido a que es necesario un método eficiente, con un mínimo grado de complejidad, para hacer la separación tanto de efectos de sitio como los efectos de fuente, se aplica el método propuesto por Moya(1998) a registros sísmicos obtenidos en Oaxaca. Una de las cualidades del método es que no requiere datos geotécnicos y geológicos previos del lugar en estudio.

El método consiste en separar los efectos de sitio y los efectos de fuente, después de que los datos observados ($Obs(f)$) son corregidos por atenuación geométrica y distancia. Originalmente se considera un modelo de fuente ω^2 (Aki 1952), y una amplificación ($g(f)$), debida a las características geológicas del sitio, quedando de la forma

$$Obs(f) = \frac{\Omega}{1 + \left(\frac{f}{fc}\right)^2} \times g(f)$$

donde Ω representa el nivel plano en bajas frecuencias y fc es la frecuencia de esquina.

Utilizando cuatro eventos registrados en cuatro estaciones es posible obtener los efectos de sitio en cada una de éstas, cuando las Ω 's y fc 's han sido determinados para cada uno de los cuatro eventos. Haciendo uso de algoritmos genéticos y de un planteamiento que toma en cuenta todas las variables involucradas, las Ω 's y fc 's son estimadas y con ello los efectos de sitio en cada estación.

Se probó la eficiencia del método mediante un modelo sintético en el que se propusieron cuatro fuentes y cuatro efectos de sitio, que se multiplicaron entre sí. Después, se utilizó el método para obtener los datos originales. Los datos obtenidos de la prueba sintética, arrojaron una desviación estándar aceptable, dando con esto los argumentos necesarios para validar el método.

Haciendo uso de los datos obtenidos en la campaña de medición de réplicas del sismo del 30 de septiembre de 1999 en Oaxaca, se seleccionaron cuatro eventos registrados en cuatro estaciones, para hacer la separación de efectos de sitio y de fuente.

En esta presentación se pretende mostrar la ventaja de no depender de datos geotécnicos ni geológicos previos, para poder hacer una separación de efectos de sitio y de fuente, es precisamente el caso de Oaxaca, donde se presentó el problema debido a que en los lugares donde estaban las estaciones no se contaba con los mismos.

SIS-28

NONLINEAR TRANSFORMATION OF LOW FREQUENCY ACOUSTIC WAVES OF SEISMIC ORIGIN INTO ULTRA-LOW FREQUENCY ONES

V.V. Grimalsky¹, S.V. Koshevaya², G.N. Burlak² and R. Perez-Enriquez³

¹ National Institute for Astrophysics, Optics and Electronics
E-mail: vgrim@inaoep.mx

² Autonomous University of Morelos, CIICAp
³ UNAM

The knowledge of the connection channels between the lithosphere and the ionosphere is very important for the creation of space-ground remote sensing system of monitoring the earthquakes. The acoustic channel consists in the transformation of the atmospheric acoustic waves caused by the oscillations of Earth surface into the ionospheric plasma waves and also moving the E - and F - layers. This mechanism can be very effective due to such the distinctive property of the atmospheric acoustic waves as increasing their amplitude under the propagation vertically upwards. Note that the nonlinear mechanism of the energy flow from the lithosphere into the ionosphere is very important. The amplitudes of atmospheric acoustic waves can grow, as the waves propagate in a vertical direction. Due to the nonlinear transformation of seismic waves into electromagnetic waves, it can be possible to observe an electromagnetic response at low (LF) and ultra low (ULF) frequencies.

In the report, the analysis of the nonlinear transformation of *LF* acoustic waves ($f \sim 100$ Hz) into *ULF* ($f \sim 1$ Hz) ones is presented. The *LF* wave is excited as the burst-like envelope by the seismic motion of the Earth surface. Then, it propagates upwards and is a subject to both nonlinearity and dissipation. Nonlinearity leads to the generation of higher harmonics and, thus, to the saw-like wave structure, and also to increase of *ULF* part of the wave spectrum. This process takes place under the altitudes $z = 0 - 100$ km. For the altitudes $z > 100$ km, the *LF* wave dissipates fully, and only *ULF* acoustic wave can reach the ionospheric dynamo layer (120 – 200 km), where this wave excites the alternative currents. Those currents are the sources of the plasma Alfvén and fast magnetosonic waves that can penetrate into the higher ionosphere and magnetosphere. The simulations of nonlinear transformation of acoustic waves are based on the slowly varying profile equation derived from the hydrodynamic equations of motion of atmosphere. All mechanisms of nonlinearity are essential. A high efficiency of nonlinear transformation of *LF* acoustic waves into *ULF* ones is demonstrated. Like possible linear transformation, this nonlinear transformation causes the magnetic and other precursors in the ionosphere. The magnitudes of magnetic fields excited by pointed above *ULF* acoustic wave are of order of $10^{-2} - 10^1$ nT at altitudes $z \sim 200$ km, also occurring temperature variations of the ionosphere plasma is possible.

SIS-29

TEST AND EVALUATION OF A NEW BROADBAND OCEAN BOTTOM SEISMOGRAPH

Carlos I. Huerta^{1,2}, Jay Pulliam¹, Yosio Nakamura¹ and Ben Yates¹

¹ University of Texas at Austin Institute for Geophysics

² CICESE

We present current results of the on-going study of using a PMD broadband sensor (based on a molecular-electronic transducer, MET, with no mechanical parts) into the University of Texas Institute for Geophysics Ocean Bottom Seismograph (UTIG OBS). Five data sets were used in this study. The first and third sets were collected on land near ground surface level at the Austin seismic station (ATX), 10 km west of Austin, Texas, (March 17 to 23, and April 22 to May 5, 1999). The second set was recorded on land at 470 m below ground surface at the Hockley seismic station (HKT) of the GSN/USNSN network, located about 45 km northwest of Houston, Texas, (March 24 to April 15, 1999). The fourth data set was collected during the *R/V Longhorn* Cruises Nos. 736 and 741 in the summer of 1999 on the Gulf of México (GOM) seafloor at 1478 m below the sea level (July 15 to August 12, 1999). The fifth and last data set was collected also near the ground surface level at the Junction seismic station (JCT) of the TexSeis/USNSN networks, located about 225 km west of Austin, Texas, (January 19 to February 16, 2000).

We incorporated the broadband PMD seismometer into our existing OBS (BBOBS) and recorded earthquakes and noise samples for comparison with data recorded at the permanent stations HKT (Streckeisen STS-1 seismometer) and JCT (Guralp 3T seismometer) in side-by-side experiments. With these tests we evaluated the performance of the seismometer separately from the coupling and noise effects of deploying the BBOBS on the seafloor or on land as a broadband seismic station.

The PMD sensor has a broad passband that extends to periods below the microseism (“noise”) peak in the oceans. This sensor is also appealing because of its ruggedness, tilt tolerance, low power requirements, light weight and relatively small size for a broadband sensor. The unit we tested during the 1999 experiments had a flat passband to velocity within 0.033–30 Hz, and was later modified to 0.0166–20 Hz for the year 2000 experiment. The UTIG OBS consists of a glass sphere (43 cm in diameter), which contains a seismometer, data acquisition system and batteries, and an anchor frame, through which the sphere is coupled to the sea floor.

From the side-by-side experiment of BBOBS/PMD with Quatterra/Streckeisen SST-1 at HKT, we estimated the instrument self noise of the PMD sensor. We also observed highly coherent waveforms including nearly identical recordings of numerous seismic phases. Using data collected during the GOM experiment we studied the detection limits of our BBOBS by comparing its outputs with records from the well-placed and highly sensitive HKT station 272 km away. Our noise characterization results indicate that the site amplification effects at the sea floor site are largely confined to frequencies above 1 Hz. This is outside the frequency band of 0.03–0.1 Hz where the background noise in the ocean basins usually reaches a minimum (the “noise notch”). We observed that the spectral amplitudes of the background noise increase significantly as wave height and wind speed increase. However, this energy is concentrated around 0.4 Hz, which is also outside the quiet “noise notch”, where regional and/or teleseismic earthquakes are best observed in the oceans.

SIS-30

EFFECTOS DE SITIO EN LA CUENCA DE PARKWAY. COMPARACIÓN ENTRE OBSERVACIONES Y MODELADO 3D

Francisco J. Chávez-García y Bill Stephenson
Instituto de Ingeniería, UNAM
IGNS Ltd., Nueva Zelanda

Durante los meses de octubre y noviembre de 1995 se instaló una red densa de sismógrafos en el pequeño valle aluvial de Parkway, Wainuiomata, Nueva Zelanda. Durante el periodo de observación se registraron 85 eventos en al menos nueve estaciones. Estos datos fueron analizados utilizando las técnicas más usuales actualmente para determinar efectos de sitio: cocientes espectrales respecto a una estación de referencia, funciones receptor e inversión generalizada de los espectros de amplitud de Fourier. En este trabajo presentamos los primeros resultados de simular la propagación de ondas en esta estructura tridimensional. Hemos utilizado el método de diferencias finitas, usando una malla alternada en desplazamiento-velocidad-esfuerzo junto con un esquema de optimización del espacio de RAM requerido por el cálculo. La excitación al modelo consistió tanto en fuentes puntuales explosivas en el interior de la malla, como ondas de cortante propagándose verticalmente. Los resultados son analizados mediante animaciones del movimiento en superficie y el análisis de 127 receptores distribuidos en el medio. Los resultados de la simulación numérica son confrontados con las estimaciones de efectos de sitio obtenidas del análisis de los datos registrados. Nuestro trabajo permite avanzar en la comprensión de la relación entre las contribuciones al movimiento sísmico en la superficie de los dos fenómenos que intervienen: amplificación 1D del

movimiento sísmico debido al contraste de impedancias en el medio y la generación y propagación de ondas superficiales difractadas por las irregularidades laterales.

SIS-31

ESTRUCTURA SOMERA EN UNA CUENCA ALUVIAL. RESULTADOS UTILIZANDO SPAC

Miguel Rodríguez, Francisco Chávez-García y Bill Stephenson
Instituto de Ingeniería, UNAM
IGNS Ltd. Nueva Zelanda

Durante los meses de octubre y noviembre de 1995 se instaló una red densa de sismógrafos en el pequeño valle aluvial de Parkway, Wainuiomata, Nueva Zelanda. Durante el periodo de observación se registraron 85 eventos en al menos nueve estaciones. Estos registros fueron analizados en estudios previos, proporcionando una buena idea de los efectos de sitio en esta cuenca. Adicionalmente al registro de temblores, las estaciones fueron programadas para registrar ventanas de un minuto de ruido sísmico cada hora, simultáneamente. En este trabajo utilizamos algunos de estos registros para explorar la aplicabilidad de SPAC. Para aplicar esta técnica hemos utilizado la siguiente secuencia. Elegimos tres días de registro, en los cuales la mayor cantidad de estaciones operaba correctamente. Por cada día de registro contamos con 24 ventanas de registro de ruido de un minuto. Hemos calculado la correlación cruzada entre todas las estaciones, usando estos registros para ventanas en frecuencia entre 0.75 y 8 Hz. (ancho de las ventanas de 0.5, traslapadas 0.25 Hz). La gran cantidad de registros con que contamos nos permitió poner a prueba algunas de las suposiciones usuales en este método: estacionariedad espacial, temporal y direccional. Promediando todos los resultados determinamos la variación de los coeficientes de correlación con la frecuencia y la distancia para los componentes vertical, radial y transversal. Hemos invertido estos coeficientes para obtener curvas de dispersión de velocidad de fase en la cuenca. Estas curvas son comparadas con las obtenidas a partir del análisis de temblores. Finalmente, exploramos la sensibilidad de la inversión de los coeficientes a las curvas de dispersión y la influencia del modelo inicial elegido.

SIS-32

DETERMINACION DE LA ESTRUCTURA RADIAL DE LA VELOCIDAD DE LAS ONDAS S EN D" DEBAJO DEL OCEANO PACIFICO CENTRO-ORIENTAL

Raúl Valenzuela Wong¹, Michael E. Wysession², Karen M. Fischer³ y Timothy J. Clarke⁴

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: raul@ollin.igeofcu.unam.mx

² Dept. of Earth and Planetary Sc., Washington University

E-mail: michael@wucore.wustl.edu

³ Department of Geological Sciences, Brown University

⁴ New Mexico Institute of Mining and Technology

La técnica de la constante de disipación ha sido usada con anterioridad para determinar la estructura radial de velocidades en la base del manto a partir de ondas que rozan el núcleo o que se difractan fuera de él. En particular, Valenzuela et al. [1994] propusieron un modelo de la velocidad de las ondas S debajo de Siberia Oriental consistente de un aumento súbito de entre 3.8 y

5.4% en la velocidad en el interfaz superior de la region D". Al seguir aumentando la profundidad se produce un decremento gradual de la velocidad hasta llegar al lindero núcleo-manto (LNM). En este caso el espesor de D" es de ~185 a 235 km. Ahora presentamos los resultados de aplicar la misma técnica a un volumen en D" debajo del Océano Pacífico centro-oriental. Empleamos datos del sismo de Kermadec del 3 de julio de 1995 registrados en estaciones en el noreste de los Estados Unidos de Norteamérica. Escogimos un perfil que incluye 15 estaciones, cubre una distancia de 15.6° en D" y cuya ventana acimutal es de sólo ~1°. Usamos el modelado directo para generar sismogramas sintéticos con el método de la reflectividad. Probamos el ajuste de modelos con (i) un decremento gradual de velocidad dentro de D" conforme aumenta la profundidad, (ii) un incremento gradual de la velocidad, (iii) un aumento súbito de la velocidad al entrar a D" seguido por un decremento gradual hasta alcanzar el interfaz con el núcleo y (iv) variaciones en la atenuación dentro de D". El modelo que resulta en el mejor ajuste, RJK2705, tiene un espesor de 186 km para D" y un aumento discontinuo de 3.38% en la velocidad en el interfaz de D" con el resto del manto inferior. Conforme aumenta la profundidad dentro de D", la velocidad disminuye gradualmente. Esta discontinuidad en la velocidad ha sido detectada previamente en otras partes del mundo. Usando la triplicación Scd y diferencias en los tiempos de recorrido de ScS-S, Garnero et al. [1993] observaron una región hacia el oeste del presente estudio con una estructura de velocidad similar y un espesor similar en D", pero menor incremento discontinuo de la velocidad. Las características del modelo RJK2705 pueden ser explicadas si D" actúa como una capa térmica limítrofe y por la ocurrencia de una transición de fase. Dicho modelo no es consistente con la existencia de silicatos enriquecidos en hierro como consecuencia de una reacción química con el núcleo. Considerando la geografía y la historia de la subducción en esta zona, es improbable que la discontinuidad sea el resultado de la presencia de corteza oceánica subducida.

SIS-33

MÉTODOS ALTERNOS PARA LA ESTIMACIÓN DE EFECTOS DE SITIO A PARTIR DE UN ARREGLO DE MICROTREMORES PARTE II

Hortencia Flores Estrella y Jorge Aguirre González
Instituto de Ingeniería, UNAM

Debido a la sencillez de su registro y a la facilidad relativa de su análisis, los Microtremores se han convertido en una herramienta de gran utilidad para los estudios de microzonificación sísmica, e incluso algunos estudios de geotecnia.

El Método de SPAC (por su nombre en inglés Spatial Autocorrelation Method) propuesto por Aki en 1957, permite obtener información sobre la estratigrafía del sitio de estudio, a partir de registros de microtremores obtenidos con un arreglo instrumental de cuatro, o incluso tres estaciones. El Efecto de Sitio, caracterizado por el periodo dominante y la amplificación, se estima de manera confiable con la estratigrafía obtenida.

En 1998 se obtuvieron registros de Microtremores con un arreglo de tres estaciones en Tulyehualco, al sureste de la Ciudad de México. En principio estos registros fueron analizados con el Método de Nakamura (1989), que proporciona información confiable a cerca del periodo dominante del Sitio. Los resultados de este análisis se presentaron en la Reunión de la UGM de 1999.

Esta ocasión se presentan las generalidades del Método de SPAC, su aplicación a los registros del arreglo instrumental de Tulyehualco, y se realiza una comparación entre los resultados obtenidos previamente con el Método de Nakamura, y los resultados obtenidos con el Método de SPAC.

SIS-34

RADIACIÓN DE ONDAS DURANTE LA VIBRACIÓN DE EDIFICIOS. EL EFECTO DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN EL MOVIMIENTO DE CAMPO LIBRE OBSERVADO EN EL VALLE DE MÉXICO

Martín Cárdenas Soto^{1,2}, Francisco J. Chávez-García¹ y Pierre-Yves Bard³

¹ Coordinación de Ingeniería Sismológica, Instituto de Ingeniería, UNAM

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³ Laboratoire de Géophysique et de Tectonophysique, Université Joseph Fourier, Francia

Estudios recientes han mostrado que la presencia del parque inmobiliario en zonas densamente urbanizadas, modifica el movimiento del terreno registrado en el llamado «campo libre», fenómeno asociado a la interacción cinemática entre el suelo y las estructuras. La importancia de este efecto requiere dos condiciones: suelo muy blando y coincidencia entre los periodos propios de la estructura y de las capas de suelo. Ambas condiciones se satisfacen en la zona de lago de la Ciudad de México, donde se ha señalado que los efectos de Interacción Suelo-Estructura (ISE) pueden ser muy considerables para estructuras de periodos medios y largos.

En este trabajo presentamos los resultados del análisis de mediciones experimentales y modelado numérico del campo de onda radiado desde la cimentación de un edificio. Estamos interesados en verificar si el campo de ondas que se propaga en las capas superficiales de la zona de lago de la ciudad de México, esta afectado por el parque inmobiliario. Los resultados muestran que en periodos menores que el periodo del sitio, T_0 , resulta complicado correlacionar el movimiento que se registra entre las diferentes estaciones. La energía sísmica que viaja en periodos cercanos a T_0 proviene de todas direcciones y se propaga con velocidades de corte similares a aquellas de los estratos más superficiales. Mediante propagación numérica de ondas, mostramos que desplazamiento superficial producido por las fuerzas desarrolladas al nivel de la interface suelo-cimentación, puede ser registrado a distancias de centenas de metros de su base. La amplitud del desplazamiento en la superficie del suelo depende de dos factores: a) la fuente que genera esos desplazamientos este conformada principalmente por el momento de balanceo de la estructura, y b) que el periodo fundamental de ISE sea menor que el periodo de vibrar sitio.

SIS-35

VARIACIONES EN LA PROFUNDIDAD DE LA DISCONTINUIDAD DE MOHOROVICIC PARA EL ESTADO DE GUERRERO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES RECEPTOR

Escobedo D., F.J. Pacheco y G. Suárez
Instituto de Geofísica, UNAM

La función receptor es una poderosa herramienta para estimar un modelo de la estructura de velocidades debajo de una estación sismológica. En esta técnica, se analizan datos telesísmicos registrados en un rango de distancias entre 30° y 90° , para trabajar con fases que arriban por debajo de la corteza en un ángulo cercano a la vertical. Al deconvolucionar la componente vertical de la componente radial de los telesismos utilizados, se aíslan las conversiones P a S realizadas dentro de la estructura y se genera una serie de tiempo denominada función receptor FR, (para mas detalles ver Langston 1977; Owens et al., 1984, 1987; y Ammon 1990). A partir del análisis visual de la FR, se estimaron características de la estructura debajo de la estación receptora. Para este estudio se utilizaron cinco estaciones de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional (CUIG, YAIG, PLIG y CAIG), además de dos estaciones temporales, instaladas en Chilpancingo y Mezcála, Guerrero. En su totalidad, las seis estaciones conforman un arreglo lineal que va de la costa de Guerrero (CAIG, Cayaco) a la Ciudad de México (CUIG, Ciudad Universitaria). El número de telesismos registrados, dependió de los periodos de funcionamiento para cada estación. La actividad sísmica registrada se agrupo en cuatro regiones principales: 1) Atlántico, 2) Sudamérica, 3) Tonga, y 4) Aleutianas. A partir de esto, se realizó un apilamiento de las señales por región, con lo cual se eliminaron los errores aleatorios y el ruido. Las formas de onda de las FR determinadas en este estudio son complejas. Se determinó la profundidad del Moho a partir de una velocidad promedio de la onda S (3.5 km/s). Para las estaciones YAIG y CUIG la profundidad promedio del Moho es de 40 y 45 km respectivamente, para las estaciones restantes, son menores a 40 km. Las profundidades del Moho estimadas, se comparan con los resultados de estructuras propuestas para la zona de Guerrero. En la región de Chilpancingo y Mezcála no se tiene información local sobre la estructura de velocidades. Sin embargo, los resultados obtenidos sugieren que no existe un fuerte contraste de velocidades que defina un limite de cambio entre estructuras, por el contrario, se infiere de los datos una zona de transición con gradiente positivo.

SIS-36

EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LA PREDICCIÓN DE ESPECTROS DE GRANDES SISMOS USANDO FUNCIONES DE GREEN EMPÍRICAS

Ernesto Heredia Zavoni^{1,2}, Carlos Ortiz Alemán¹ y Jorge Alamilla²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Instituto de Ingeniería, UNAM

El método de suma de funciones de Green empíricas es una herramienta poderosa para obtener sismogramas sintéticos de sismos grandes. Hartzell (1978) empleó por primera vez registros de sismos pequeños como funciones de Green empíricas, suponiendo que su función de fuente en el tiempo es similar a un pulso. De esta

forma, las complejidades observadas en el acelerograma se relacionan con los efectos de trayecto y sitio. El conocimiento de la historia de dislocaciones elementales en la fuente permite simular el acelerograma correspondiente al evento sísmico de mayor magnitud mediante la convolución entre la función de fuente y la función de Green. En este trabajo se propone una metodología para cuantificar la incertidumbre asociada a la suma estocástica de funciones de Green empíricas. Con este propósito, se obtienen expresiones para el valor esperado y la varianza del estimador de la función de densidad espectral de la aceleración del terreno. Finalmente, se ilustra el empleo de estas expresiones utilizando los registros del 2 de mayo de 1989 como funciones de Green empíricas para reproducir los acelerogramas obtenidos durante el sismo del 25 de abril de 1989.

SIS-37

¿SE ENCUENTRA VIVA LA HIPÓTESIS DE LA QUIETUD PRECURSORA?

F. Ramón Zúñiga¹ y Stefan Wiemer²

¹ Instituto de Geofísica, UNICIT, UNAM

² Instituto Tecnológico de Zurich, ETH, Suiza

Existen todavía muchas dudas sobre la viabilidad de la hipótesis de que algunas zonas experimentan un decremento en la tasa de sismicidad previo a la ocurrencia de grandes eventos. Algunos de los casos que se han demostrado como exitosos en este respecto carecen de la información de alta calidad, tanto en localización como en magnitud y densidad de datos, con la que se cuenta actualmente, por lo que siguen siendo controvertidos. En los últimos años se ha logrado un progreso notable en la calidad de los datos de sismicidad que se generan a través del Servicio Sismológico Nacional de México, lo que permite nuevas investigaciones retrospectivas en aquellas zonas que han sido sujetas a la ocurrencia de eventos de importancia. En los últimos diez años, al menos cinco eventos con magnitud mayor a los 7.0 grados han ocurrido en México tanto en la zona de Wadati-Benioff como dentro del continente en la placa subducida a profundidad intermedia. Un análisis efectuado con técnicas cuantitativas de evaluación nos permite inferir que de los cinco eventos analizados tres presentan evidencias significativas de quietud. Para aquellos eventos que muestran quietud, ésta aparece de uno a dos años antes de la ocurrencia del evento principal. Los eventos que no muestran quietud pertenecen al mismo régimen tectónico, lo que indica posibles mecanismos que inhiben este fenómeno.

SIS-38

LATERAL VARIATION OF LG WAVE PROPAGATION IN SOUTHERN MEXICO

Lars Ottemöller¹, Nikolai M. Shapiro², Shri Krishna Singh² and Javier F. Pacheco²

¹ Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Norway
E-mail: larso@ifj.uib.no

² Instituto de Geofísica, UNAM

In this study we investigate lateral variation of Lg wave propagation in southern Mexico from 117 crustal earthquakes with 756 travel paths. The efficiency of Lg propagation along the travel paths was measured in terms of Lg to Pn spectral ratio. It was found that Lg propagation is inefficient for travel paths through the Gulf of Mexico coastal plains and the Gulf of Tehuantepec, areas with

thick layers of sediments. An average Lg quality factor, QLg, as function of frequency for southern Mexico was estimated for the efficient Lg travel paths. The relation obtained for QLg in the frequency range 1.6 to 8 Hz is $QLg(f)=204 f^{0.89}$. The lateral variation of $1/QLg$ was solved as mixed-determined inverse tomography problem, in which spatial smoothness was required and a priori information was added in poorly covered regions. The spatial resolution obtained was about 200 km. It was found that, compared to the average QLg values, the Trans Mexican Volcanic Belt, the Gulf of Mexico coastal plains and the area east of 92°W are characterized by lower QLg values, i.e. higher attenuation, as expected. High QLg values were obtained for the Mixteco-Oaxaca terranes, while for the Guerrero terrane values similar to the average were obtained. The results obtained show the correlation of QLg and crustal structure and provide valuable information on lateral variation of QLg, needed for reliable prediction of ground motion during future earthquakes.

SIS-39

SUBDUCCIÓN OBLICUA A LO LARGO DE LA MARGEN CONVERGENTE COCOS-CARIBE Y SU POSIBLE RELACIÓN CON LA SISMICIDAD SOMERA EN EL ARCO VOLCÁNICO CENTROAMERICANO

Marco Guzmán Speziale

Instituto de Geofísica, UNICIT, UNAM

Se analiza el fenómeno de subducción oblicua, o más precisamente, la partición del desplazamiento sísmico a lo largo de la margen convergente Cocos-Caribe (trincheras mesoamericana), para determinar la componente de desplazamiento paralela al arco (Vs). Los datos usados son los vectores de desplazamiento sísmico de 72 sismos interplacas relacionados con la subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe. También se considera el movimiento relativo de las placas en cuestión, a partir del modelo NUVEL-1.

Los resultados obtenidos muestran que la magnitud de la componente paralela al arco Vs (2 a 4 cm/año) sería suficiente para causar desplazamiento del segmento de antearco a lo largo del arco volcánico. Sin embargo, Vs tiene un cambio de dirección a la mitad del segmento de arco considerado, por lo que sugerimos que la subducción oblicua no es el mecanismo de origen de la sismicidad somera a lo largo del arco volcánico centroamericano.

SIS-40

RESOLVING THE REGIONAL VS. TELESEISMIC ENERGY DISCREPANCY

Xyoli Perez-Campos¹, Shri Krishna Singh² and Gregory C. Beroza¹

¹ Department of Geophysics, Stanford University

² Instituto de Geofísica, UNAM

The seismic energy is one of the fundamental parameters describing the strength of an earthquake source. Estimates of the radiated seismic energy derived from regional data are often an order of magnitude higher than estimates derived from teleseismic data. This discrepancy has been observed in a range of tectonic environments, from the transform plate boundary of the western United States to the subduction zone of the Middle America Trench

in Mexico. In this study we attempt to determine the source of the discrepancy by comparing regional and teleseismic estimates made for the same earthquake. We find that the discrepancy exists for both shallow earthquakes and for earthquakes up to 70 km deep. This suggests that the cause is not due to egregious mis-modeling of regional wave propagation in the Earth's crust. Both teleseismic and regional estimates involve an integral that measures the energy flux at a station. By determining the frequency range over which the discrepancies arise, we hope to constrain its cause.

SIS-41

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD INTERPLACA AL NORTE DE GUERRERO Y OAXACA

Juan Martín Gómez G. y David Escobedo Z.
Instituto de Geofísica, UNICIT, UNAM

Analizamos la forma de onda y la distribución espacio-temporal de algunos sismos ocurridos al norte de los Estados de Guerrero y Oaxaca. La actividad sísmica reciente en la zona y la excelente calidad de los datos registrados, por los instrumentos de banda ancha del SNN, han permitido mejorar el catálogo de sismos registrados. En esta zona han ocurrido varios eventos importantes tanto desde el punto de vista tectónico como de riesgo. Entre los más recientes están los del pasado mes de julio, en los límites entre Guerrero y Puebla. El primero de ellos (02/07/2000) tuvo una magnitud de M4.3 y el otro (21/07/2000) de Mw5.9. Ambos eventos de profundidad intermedia (SNN) presentan mecanismos focales en falla normal. La mayoría de los eventos de magnitud moderada ocurridos en esta zona presentan una ruptura relativamente simple y de corta duración. Su ubicación define con más claridad la geometría subhorizontal de la placa de Cocos en subducción bajo la Placa Norteamericana. Esta forma subhorizontal comienza más allá de los 100 km, y el carácter tensional de esfuerzos que da origen a estos eventos en falla normal aparece entre los 200 y 300 km respecto a la trinchera en una profundidad promedio entre 50 y 70 km. Por otro lado, los antecedentes sísmico-históricos son muy vagos, sólo se han cuantificado los eventos más grandes ocurridos en este siglo, este desconocimiento ha impedido tener una idea clara de los periodos de recurrencia. Por ello, el estudio de la distribución espacio-temporal de los eventos permitirá conocer las características regionales de la ruptura, definir de manera más clara la geometría y el estado de esfuerzos existente bajo dicha zona, así como tener una mejor idea de las dimensiones de las zonas sísmica y asísmica.

SIS-42

VELOCIDAD DE FASE EN LA PARTE CENTRAL DE MÉXICO

Carlos Fuentes y Javier Pacheco
Instituto de Geofísica, UNAM

Utilizando los sismogramas de telesismos registrados en las estaciones de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional, se calculó la dispersión de velocidad de fase para ondas de Rayleigh. El cálculo de la dispersión se realizó por mínimos cuadrados, invirtiendo los tiempos de retraso de las fases y las distancias entre estaciones. El tiempo de retraso de cada fase se calculó con el espectro cruzado entre la estación de interés y una estación de referencia.

La distancia fue corregida por el azimut del telesismo y el azimut, entre las estaciones, utilizando una estación de referencia. Con este método, a diferencia del método tradicional de dos estaciones, no requiere que el azimut del evento coincida con el azimut entre las estaciones sismológicas. En este trabajo se analizaron un total de once registros de telesismos provenientes de diferentes regiones del mundo. Del análisis se obtuvo una curva de dispersión promedio de velocidad de fase para la región comprendida dentro del arreglo de las estaciones de banda ancha. Con esta curva de dispersión promedio, se pretende obtener un modelo de estructura cortical y manto superior para la parte central de México.

SIS-43

ONDAS RAYLEIGH EN MEDIOS LATERALMENTE HETEROGÉNEOS: APLICACIÓN A INGENIERÍA SÍSMICA

Leobardo Salazar Peña^{1,2} y Francisco J. Chávez García¹

¹ Instituto de Ingeniería, UNAM

² ESIA, Ciencias de la Tierra, IPN

El movimiento sísmico durante grandes temblores incluye una parte importante de ondas superficiales que a veces son las que tienen la mayor amplitud, especialmente para distancias de la fuente mayores a 100 km. Esas ondas superficiales se propagan guiadas por las estructuras tabulares que forman la corteza terrestre, y son afectadas por la heterogeneidades laterales de esas estructuras. Desde un punto de vista teórico, las ondas superficiales sin embargo sólo existen en medios estratificados. El objetivo de esta investigación es estudiar la forma en que las ondas superficiales interactúan con la resonancia unidimensional en suelos blandos.

Planteamos estudiar la interacción de modos aislados de ondas Rayleigh con heterogeneidades geométricas de la estructura estratificada. En particular, exploramos los efectos de variaciones lentas del espesor de las formaciones que guían las ondas Rayleigh. Este estudio es exclusivamente teórico, utilizando modelos numéricos de propagación de ondas y abordará únicamente irregularidades bidimensionales.

El método utilizado en este trabajo es el de diferencias finitas. Utilizaremos modelos bidimensionales de estructuras lateralmente heterogéneas y exploraremos el efecto de esas variaciones en la propagación de ondas Rayleigh. La excitación de los modelos estará dada por el desplazamiento en dos columnas sucesivas del modelo. Ello permitirá introducir como desplazamiento modos específicos de ondas Rayleigh. Esto es, buscamos determinar el efecto de las irregularidades laterales en cada modo considerado aisladamente.

La conclusión de este trabajo es entender los efectos de variaciones laterales de la estratigrafía en modos aislados de ondas Rayleigh. Ello permitirá entender mejor la forma como el campo de ondas incidentes al Valle de México excita la resonancia unidimensional observada en la zona de lago.

SIS-44

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA TELEMETRICO DIGITAL PARA ESTUDIOS SISMOLOGICOS

Henry Kemper Castro, Walter Kemper Castro, Horacio Mijares Arellano y Javier Lermo Samaniego
Instituto de Ingeniería, UNAM
E-mail: lermo@inti.iingen.unam.mx

Este sistema telemétrico digital tiene como objetivo la modernización del sistema analógico de la red Sismotelemétrica del Valle de México (SISMEX), operada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. En su primera etapa, se le ha implementado físicamente para el estudio de la actividad sísmica del Cerro Chiquihuite (Distrito Federal). Considerando como estación central al Instituto de Ingeniería y una estación remota localizada en el Cerro del Chiquihuite.

La estación remota registra la actividad sísmica por medio del sensor de velocidad de tres componentes Mark L4C-3D, la señal se digitaliza a través de un registrador GBV-316 de 16 bits (GeoSys AG) almacenándose los eventos locales y regionales al cumplirse el algoritmo de disparo STA/LTA establecido. Estos eventos almacenados en la memoria del registrador son interrogados y recuperados por la estación central por medio de dispositivos de radiocomunicación basados en el transceivers FreeWave DGR-115.

En la estación central se utiliza el software AllView (sistema operativo de varios registradores de GeoSys AG) para su interrogación, recuperación de eventos, y configuración de parámetros del registrador. Los eventos recuperados desde la estación remota son convertidos al formato SEISAN (programa de procesamiento de datos sísmicos desarrollado por la Universidad de Bergen, Noruega) para su análisis respectivo.

Entre las ventajas del sistema telemétrico digital implementado se puede mencionar el bajo costo de los registradores GBV-316 de tres componentes y el uso de software libres, desarrollados por diferentes universidades, tanto para plataformas Windows o QNX (sistema operativo de multitarea en tiempo real). Tal como el software SEISLOG (programa de adquisición de datos) para QNX que nos permite un monitoreo continuo de la actividad sísmica en tiempo real, con la capacidad de programar varios tipos de disparos y almacenarlos en la PC de la estación central.

SIS-45

RECIENTES TEMBLORES INTRAPLACA EN MÉXICO: INVERSIÓN CINEMÁTICA DE LA FUENTE SÍSMICA A PARTIR DE DATOS LOCALES Y REGIONALES

Iglesias-Mendoza A.¹, S.K. Singh¹, J.F. Pacheco¹, N. Shapiro¹,
B. Hernández² y V.M. Cruz-Atienza¹

¹ Instituto de Geofísica UNAM

² Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, Francia

En los últimos años han sucedido, en México, diversos temblores intraplaca de fallamiento normal (Chiapas, 1995 Mw 7.2, Michoacán, 1997 Mw 7.1, Tehuacan, 1999 Mw 7.0; Oaxaca, 1999, Mw 7.5; Copalillo, 2000 Mw 5.9). Para entender la causa de la

generación de éstos y el peligro sísmico que representan para el país, así como la dinámica de la subducción y el estado de esfuerzos en la placa de Cocos, es de gran importancia estudiar en detalle las características de sus fuentes. Gracias a la reciente instrumentación de diversas zonas del país actualmente se cuenta con datos sísmicos locales y regionales, que permiten inferir la cinemática de la ruptura para dichos temblores.

El propósito del presente trabajo, es estudiar estos eventos sistemáticamente usando una técnica uniforme. Con este fin, el plano de falla de cada sismo es dividido en pequeñas celdas (subfallas), para cada una de las cuales se calculan las funciones de Green hasta las estaciones de interés. Estas funciones son calculadas con el método de número de onda discreto (Bouchon et al., 1981). Los sismogramas sintéticos son construidos como una combinación de las diversas funciones de Green para cada estación-subfalla, convolucionadas, cada una, con una función de tiempo de la fuente que puede ser diferente para cada subfalla. Los registros observados son filtrados e invertidos con un esquema lineal de mínimos cuadrados (Cotton y Campillo, 1995). El producto de la inversión es la dislocación y los tiempos de ruptura y ascenso para cada una de las subfallas. El conocimiento de estos parámetros permite calcular la caída de esfuerzos aparentes en el plano de falla, así como la energía liberada. Dada la naturaleza no-lineal del problema se propone también, el uso de un método de inversión semi-global (*simulated annealing*) con el fin de evitar el entrapamiento en mínimos locales que pudieran sesgar el resultado en torno a un modelo inicial dado. El esquema de inversión tiene la bondad de proporcionar una idea acerca de la incertidumbre en los resultados con lo que se refuta una de las críticas mas frecuentes de los métodos semiestocásticos (como lo es *simulated annealing*) en torno a la imposibilidad de calcular una matriz de resolución de los parámetros que proporcione una idea acerca de los errores cometidos en la inversión. En esta ponencia se presentarán los primeros resultados obtenidos y se discutirán sus implicaciones.

SIS-46

ESTRUCTURA SOMERA DE LA PORCIÓN ESTE DEL CRÁTER DE CHICXULUB A PARTIR DE LA INVERSIÓN DE LAS CURVAS DE DISPERSIÓN DE ONDAS SUPERFICIALES

Hugo Cruz Jiménez¹, Francisco Chávez-García¹, Matsui Takafumi², José Acosta Chang³ y Oscar Campos E.⁴

¹ Depto. Ingeniería Sismológica, Instituto de Ingeniería, UNAM

E-mail: hcj@gea.iingen.unam.mx

² Tokyo University

³ Depto. de Sismología, CICESE

⁴ Instituto de Geofísica, UNAM

El cráter de Chicxulub es considerado como la estructura resultante de un impacto meteorítico causante de la extinción masiva en el límite K/T. Debido a su importancia, ha sido objeto de numerosos estudios.

A partir de un experimento de refracción sísmica, se obtuvieron registros de velocidad en 22 estaciones. Estas estaciones se colocaron a lo largo de un perfil Este-Oeste a partir del centro del cráter. En éstos registros se observan trenes de onda con características dispersivas, los cuales fueron identificados como ondas Rayleigh. El análisis de estos trenes de onda permite determinar curvas de dispersión de ondas Rayleigh.

Mediante la inversión de las curvas de dispersión de velocidad de grupo y fase de ondas superficiales se obtuvo un modelo preliminar de velocidades de la estructura somera en la porción Este del cráter de Chicxulub. Además, en algunas curvas de dispersión se tienen incertidumbres en las velocidades relacionadas a la falta de sincronía entre la hora de disparo y la del instrumento. Estas curvas fueron comparadas con las aquellas en las que los tiempos son correctos, con el objetivo de aprovecharlas. El modelo final es el resultado de la integración de todas las curvas de dispersión determinadas.

El modelo de velocidades obtenido contribuye a mejorar la configuración de ésta estructura de impacto.

SIS-47

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE FORMAS DE ONDA EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Cruz-Atienza V.M., Javier F. Pacheco, S.K. Singh, N.M. Shapiro, C. Valdés y A. Iglesias-Mendoza
Instituto de Geofísica, UNAM

Conocer la evolución de la actividad volcánica del Popocatepetl es de gran importancia para la prevención de desastres en las poblaciones aledañas al volcán. El estudio de las señales sísmicas emitidas por el volcán durante sus explosiones puede ser un buen indicador de dicha actividad. Este análisis requiere de un mínimo conocimiento sobre la estructura de velocidades en las circundancias próximas al edificio volcánico. Para esto, es posible emplear señales telesísmicas registradas en las faldas del volcán y aislar la información procedente de la estructura local debajo del receptor. La resolución que poseen dichas funciones de receptor permite determinar la distribución vertical de velocidades, incluyendo una anómala capa de baja velocidad posiblemente asociada a la cámara magmática del volcán. Una vez que se cuenta con esta información, el efecto de propagación se conoce y es factible modelar las características de la fuente sísmica suscitada durante las explosiones del aparato volcánico. El modelo físico utilizado considera una fuerza puntual aplicada muy próxima a la superficie de la estructura. La solución del problema inverso lineal, dado este modelo, nos permite precisar la duración, dirección, y magnitud de la fuerza ocasionada por cada explosión. Este método permite conocer de una forma veloz y verosímil la energía total liberada (magnitud) por el volcán durante sus episodios explosivos.

SIS-48

INTRASLAB EARTHQUAKES IN THE SUBDUCTING OCEANIC PLATES BELOW MEXICO

S.K. Singh, V. Kostoglodov and J.F. Pacheco
Instituto de Geofísica, UNAM

Moderate and large intraslab earthquakes in the subducted Cocos plate below Mexico are relatively frequent. For example, four of the seven large ($M_w^{37.0}$) earthquakes, which occurred in Mexico between 1995 and 1999, were intraslab earthquakes. Two of these four earthquakes also caused damage and deaths in towns near the epicentral region. Historically, some of the intraslab earthquakes have devastated cities and town located in the Mexican altiplano. Recent intraslab earthquakes has been well recorded by local and regional seismographs and accelerographs. The analysis of these data, along with previous results, has improved our knowledge of:

(a) the Benioff zone, (b) the source process of intraslab earthquakes, (c) the relationship between intraslab and interplate earthquakes, and (d) expected ground motions such events. In this paper, we summarize significant new results and point out some outstanding problems, which still need to be solved to understand the process of subduction and the occurrence of intraslab earthquakes.

SIS-49

RELACIONES UNIVERSALES Y CORRESPONDENCIA ENTRE DIELECTRICIDAD Y ELASTICIDAD TRIDIMENSIONALES

Federico J. Sabina
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

Se estudian materiales reforzados de fibras con una distribución doblemente periódica. Se consideran tanto materiales dieléctricos como elásticos con una cierta anisotropía. Por medio del método de homogeneización asintótica, se encuentran dos relaciones universales nuevas para el caso dieléctrico. También se establece una correspondencia entre la dielectricidad y la elasticidad para las anisotropías transversalmente isotrópica y cúbica. Estos resultados tienen interés en el estudio de propiedades de rocas.

SIS-50 CARTEL

CAMBIOS EN LA ATENUACION DE CODA EN LOS EVENTOS PREVIOS A LA ERUPCION DE 1998, VOLCAN DE COLIMA

Justo Orozco R.¹ y Tonatiuh Dominguez Reyes²
¹ Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
² Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias del Ambiente

El pasado proceso eruptivo se caracterizó por la ocurrencia de varios enjambres sísmicos. En el presente trabajo se estudia un parámetro sísmico mas: la atenuación de las ondas sísmicas. La evolución temporal de dicho parámetro es el reflejo de los cambios estructurales ocasionados por los procesos eruptivos. Los resultados de esta clase de estudios, como los realizados en Monte Santa Elena, por Fehler, Roberts y Fairbanks [1998], nos dan muestras de que los cambios en la atenuación de coda acompañan también a las erupciones volcánicas, pues este cambio es atribuido a un incremento en la densidad de microfracturas abiertas en las rocas asociadas con la inflación del volcán antes de la erupción. En este trabajo se presentan los resultados de la medición del decaimiento de coda para los enjambres sísmicos registrados en el volcán de Colima, antes de la erupción del 20 de noviembre, haciendo una comparación entre los enjambres de ocurrencia cercana a la erupción, especialmente con el último que inicia el 30 de octubre y culmina con la erupción del volcán.

SIS-51 CARTEL

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES DE LA SISMICIDAD ASOCIADA A LA

Yahir G. García López y David A. Novelo Casanova
 Depto. de Sismología y Vulcanología, Instituto de Geofísica,
 UNAM

El volcán Popocatepetl (19°03'N; 98°35'W) constituye una zona de alto riesgo en el país, debido principalmente a los numerosos asentamientos humanos e industrias ubicadas en sus alrededores. En el presente trabajo se analizaron los registros sísmicos asociados al Popocatepetl durante los meses de octubre, noviembre, diciembre (1998) y enero (1999). El período de análisis representa una de las etapas de mayor actividad desde comienzos de la crisis del 21 de diciembre de 1994. Con la finalidad de caracterizar los eventos sísmicos por su frecuencia máxima, sus Espectros de Fourier fueron estimados. Con este propósito, se analizaron las tres componentes de la estación telemétrica Canario (PPP), debido a su cercanía al cráter del volcán. Se consideraron los siguientes parámetros: 1) tipo de evento sísmico, que para este estudio fueron solo Tipo- A; 2) frecuencia máxima obtenida de los Espectros de Fourier para todo el sismograma y para las ondas P, y; 3) relación con las fechas en que se suscitaron las principales exhalaciones en el volcán. Finalmente se relacionaron las componentes espectrales de cada evento, con las fechas de ocurrencia de las principales exhalaciones. Los resultados preliminares muestran una tendencia de la frecuencia máxima a incrementarse durante fuertes erupciones volcánicas. Esta observación podría estar relacionada con los procesos internos que ocurren en el volcán durante una erupción.

SIS-52 CARTEL

SISMICIDAD RECIENTE DEL VALLE DE MÉXICO

Degadillo-Peralta M., Quintanar-Robles L. y Jiménez-Jiménez Z.
 Instituto de Geofísica, UNAM

Utilizando principalmente la base de datos de la Red Sísmica del Valle de México (RSVM), dependiente del Instituto de Geofísica de la UNAM, se analizó la sismicidad en la Cuenca de México durante el período 1996-1999. Los eventos fueron localizados usando el programa de localización SEISAN empleando lecturas de P y S. Los resultados obtenidos indican que durante este período y en esta región, se presentó una actividad sísmica moderada de eventos de baja magnitud ($M_C < 3.5$). La distribución de los epicentros muestran que éstos se originaron predominantemente en la región oriental de la Cuenca de México en una franja de rumbo N-NW. Dentro de esta franja se pueden apreciar concentraciones de eventos relacionados a actividades sísmicas locales; una de éstas, es la relacionada con la actividad del volcán Popocatepetl; otra se localiza al norte de Juchitepec, una más, se encuentra comprendida entre la región Vaso de Texcoco-Río Frío y otra al sur de Tlaxcoapan, Hgo.

Observaciones de grietas generadas en el terreno en distintas regiones al oriente de la Ciudad de México (eg. en el municipio de Ixtapaluca, Méx.), así como la ocurrencia de sismos someros en la zona de Milpa Alta durante los últimos años, avalan el hecho de que la actividad sísmica en la franja anteriormente mencionada es una de

las más abundantes dentro de la Cuenca de México. Sin embargo, la posición de estos epicentros no se correlaciona con la existencia de las fallas reportadas en la literatura.

SIS-53 CARTEL

SISMICIDAD Y DEFORMACIONES EN EL VALLE DE MEXICALI DISPARADAS POR EL SISMO DE HECTOR MINE (M=7.1) DE OCTUBRE 16, 1999

E. Glowacka, G. Diaz de Cossio, F.A. Nava y F. Farfán
 División de Ciencias de la Tierra, CICESE

El sismo de Hector Mine con magnitud 7.1 localizado en California (EUA), 250 kilómetros al norte de Mexicali, cambió significativamente el estado de deformaciones y sismicidad en el Valle de Mexicali.

La sismicidad en el Valle reportada por RESNOM aumentó significativamente un día después del sismo. Sin embargo el análisis detallado del registro continuo de un sismómetro de banda ancha que operaba en el Valle muestra un aumento en la sismicidad local una hora después del sismo principal.

Los dos grietómetros y un inclinómetro de superficie instalados en la cercanía de la falla Imperial registraron un evento de creep simultáneamente (con la precisión del intervalo de muestreo) con la llegada de las ondas sísmicas del sismo principal.

Un inclinómetro de superficie instalado en el terreno del campo geotérmico Cerro Prieto registró deformación, unas horas después del sismo de H.M., cuya duración coincide con el período de sismicidad disparada en el campo.

Las observaciones en el Valle de Mexicali después de la ocurrencia del sismo de Hector Mine confirma que las ondas sísmicas pueden disparar sismicidad a distancias de cientos de kilómetros (v.g. sismo de Landers 1992).

SIS-54 CARTEL

CORRECCIÓN DE ESTACIONES PARA HIPOCENTROS DETERMINADOS LOCALMENTE EN EL SISTEMA DE FALLAS SAN MIGUEL. IMPLICACIONES PARA LA ESTRUCTURA SÍSMICA

F. Farfán, I. Méndez, J. Frez, V.M. Frías, G. Arellano, J. Carlos, J. González, L. Orozco y O. Gálvez
 División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Esta presentación pone al día una investigación que fue reportada en una reunión anterior de la UGM. En esta actualización, se utiliza una selección de las 1,200 determinaciones hipocentrales que provienen de las redes locales instaladas en 1997 y 1998 en la Sierra Peninsular, en particular monitoreando la microsismicidad en el Valle de Ojos Negros, y en las fallas San Miguel y Sierra Juárez. Cerca de 50 de estas determinaciones tienen magnitud suficiente para ser detectadas por las redes regionales. Existen buenas estimaciones de la profundidad de los sismos lo que hace factible el presente estudio.

El modelo de estructura que se utiliza es SIERRA97 que resulta de una modificación de la de Nava-Brune (1982) y que incorpora información local. Con los hipocentros determinados

localmente y seleccionados para asegurar un buen cubrimiento de distancia y acimut, se calcularon los residuales a las estaciones locales y regionales, siendo las correcciones el resultado de un cálculo iterativo; los valores promedios obtenidos en la iteración final son las estimaciones buscadas si es que los valores son estables. Las desviaciones estándares permiten evaluar la estabilidad y significación de cada corrección. Las estaciones regionales consideradas están a menos de 150 km de distancia.

La sismicidad se distribuye en cúmulos. El estudio detalla la distribución de los residuales de las estaciones locales para varios de estos agrupamientos y discute la significación de los resultados en términos de la estructura sísmica correspondiente. Los resultados se presentan en forma de tablas y figuras. Se examina la distribución del tamaño y signo de las correcciones en términos de la variación lateral de las estructuras sísmicas.

SIS-55 CARTEL

AN APPLICATION OF SPECTRAL RATIO MODELING TO SITE EFFECT ANALYSIS IN MARINE ENVIRONMENTS

Carlos I. Huerta^{1-2,3}, Kenneth H Stokoe-ii², Jay Pulliam¹ and Yosio Nakamura¹

¹ Institute for Geophysics, University of Texas at Austin

² Department of Civil Engineering

³ CICESE

We studied local site effects of the Gulf of Mexico seafloor by means of the spectral ratio method (Nakamura, 1989), a technique that characterizes a site effects in terms of horizontal-to-vertical (H/V) spectral ratios. We also performed a 1-D wave propagation modeling using the modified Thomson-Haskell (Thomson, 1950; Haskell, 1951) propagation matrix method, known as the stiffness matrix method developed by Kausel and Roesset (1981) to estimate the soil properties and the theoretical amplification factor of shallow soil layers.

Our objectives in the local site effect analysis were to identify at which frequency or in which frequency band the spectral amplitudes are enhanced through the effect of the upper 30 to 50 m of soft sediments (local site conditions), and to characterize the local soil in terms of its physical properties.

We studied the local site effect within the context of in-situ evaluation of the local ground response of the seafloor upon seismic excitations. We used noise records as well as earthquake records, and obtained H/V spectral ratios to characterize the local soil response in terms of the distribution of ground motions with their respective frequencies. We identified a larger horizontal amplification between 0.3-2.5 Hz. We modeled (1-D forward modeling) the upper 50 m sub-bottom sedimentary layer (with a discretized 3 layer system resting over a half-space) to compute the local site response. We iterated the inversion process until the theoretical H/V spectral ratio "best" matched (under least squares criteria) with the H/V spectral ratios of background noise samples. Once the "best" model was selected we estimated the SH transfer function and the respective physical properties of the theoretical model. The modeling results were consistent between earthquake (i.e. strong input signal) and noise (background, microseismic noise) records recorded with the prototype BroadBand Ocean Bottom Seismograph developed by the University of Texas at Austin Institute for Geophysics (UTIG BBOBS). We observed that

the horizontal amplitudes increases as much as an order of magnitude relative to the vertical amplitude at frequencies above 1 Hz. The site effect appears to be less significant at lower frequencies.

In designing critical and/or strategic facilities, accounting for the "site effects" on ground motion is an important effort that requires contributions from earthquake seismology, engineering seismology, geotechnical engineering and civil engineering.

Modeling H/V spectral ratios of data recorded by three-component UTIG BBOBS, offers a fast and inexpensive means to obtain design criteria for marine structures such as oil drilling and production platforms because (a) the method makes use of background noise rather than coherent input signal (one need not supply an active source to conduct a study, nor wait for an earthquake), (b) the method is well-suited to modeling shallow sediments, which cover the great majority of the seafloor, and (c) the BBOBS is small, lightweight and inexpensive and operates autonomously.

SIS-56 CARTEL

SISMICIDAD EN LA REGIÓN DEL ESTADO DE COLIMA: PERIODO 01/11/1999 AL 30/10/2000

G.A. Reyes Dávila y C.A. Ramírez Vázquez
RESCO, CICBAS, Universidad de Colima

La actividad sísmica en la región del estado de Colima, porción sur-este del Bloque de Jalisco, es monitoreada por la Red Sismológica Telemétrica del Estado de Colima. Durante el periodo que se reporta la sismicidad de carácter tectónico en la región ha seguido los patrones registrados en los últimos años y continúan presentándose secuencias tectónicas entre las que destaca la previa al evento de magnitud 5.2 del 6 de marzo del 2000.

La actividad sísmica de carácter volcánico se ha mantenido estable durante el último año. La mayor parte de los eventos registrados esta asociada a eventos del tipo de explosión y/o degasificación sin llegar a las magnitudes registradas durante 1999. A partir del inicio de las lluvias se han presentado nuevamente secuencias de eventos de baja amplitud y alta frecuencia como premonitores de eventos del tipo de explosión. Lluvias intensas durante los primeros días del mes de junio generaron lahares cuyas señales, y desarrollo, son comparados a las registradas previamente a los eventos explosivos de 1999.

Se presenta en este trabajo una descripción detallada de la actividad arriba mencionada.

SIS-57 CARTEL

PARÁMETROS DE FUENTE DEL SISMO DE TEHUACÁN (MR = 6.7) DEL 15 DE JUNIO DE 1999

Antonio Pérez Soto, Guillermo González Pomposo, Ana Elena Posada Sánchez y Saby Gabriela Félix Romero.
Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

El día 15 de junio de 1999, a las 15:42:23 horas (tiempo local), la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP) registró el temblor ocurrido en el límite de los estados de Puebla y Oaxaca, con

magnitud de 6.7 grados en la escala de Richter y coda de aproximadamente 90 segundos. Su epicentro se localizó a 30 Km al suroeste de la ciudad de Tehuacán y a una distancia de 125 Km al sureste de la ciudad de Puebla, a los 18.20° de Latitud Norte y 97.47° de Longitud Oeste. El hipocentro se localizó a una profundidad de 92 Km. Este movimiento provocó daños importantes a edificaciones de la ciudad de Puebla y destrucción en inmuebles de varias comunidades del estado de Puebla. Actualmente la RESEP cuenta con dos estaciones analógicas con registro de tinta en papel: una de ellas ubicada en la Facultad de Ingeniería de la BUAP en la ciudad de Puebla (UAP) y otra localizada en Santa Rosa Tecamachalco (SRP).

La Facultad de Ingeniería de la BUAP cuenta además con la Red de Acelerógrafos de la ciudad de Puebla (RACP) integrada por 10 estaciones ubicadas en la mancha urbana, que cuentan con acelerógrafos digitales compuestos por tres servoacelerómetros triaxiales, modelos DCA-333, GSR-12, GSR-16, IDS-3602A y un ETNA. El sismo del 15 de junio fue registrado por seis estaciones de esta red (BHPP, CAPP, PBPP, PHPU, SRPU y UAPP), obteniéndose aceleraciones máximas de 279 gales en la componente Norte-Sur y 216 gales en la componente Este-Oeste para PHPU y SRPU, respectivamente; y las aceleraciones mínimas registradas fueron de 59 gales en BHPP. Con los datos obtenidos por la RACP se realizó un estudio de parámetros de fuente basados en el Modelo de Brune (1971) usando la metodología de Archuleta (1982). Se calcularon los radios de ruptura, momentos sísmicos y caídas de esfuerzo y se calculó un promedio ponderado de estos parámetros para las distintas estaciones de la RACP.