

GACETA

**DEL INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

COORDINACIÓN DE INGENIERÍA SISMOLÓGICA

La dualidad fuerza
aplicada-energía
medida y sus aplicaciones

Estimación probabilista
de riesgos naturales,
algunas aplicaciones
recientes

Estimación de modelos
de velocidades 3D usando
ruido sísmico

Sistema de monitoreo
de movimientos fuertes
del Instituto de Ingeniería

Centro de Registro Sísmico, IIUNAM

EDITORIAL

La Gaceta del Instituto de Ingeniería dedica este número a la Coordinación de Ingeniería Sismológica (CIS) cuyo personal se encuentra en los edificios 1, 2 y en el 1^{er} piso de la Torre de Ingeniería.

Esta Coordinación cuenta con el Centro de Registro Sísmico equipado con tecnología de punta con la que es posible dar una rápida respuesta a las instituciones que dan apoyo a la población en caso de desastres (CENAPRED, Protección Civil). También es responsabilidad del personal de la Coordinación de Ingeniería Sismológica calibrar y dar mantenimiento a la red de acelerógrafos que pertenecen a la Red Sísmica Mexicana que se encuentran distribuidos a lo largo de la República Mexicana.

En este número se presentan cuatro artículos: el primero lleva por título La dualidad fuerza aplicada-energía medida y sus aplicaciones escrito por Francisco J Sánchez-Sesma y Martha Suarez; el segundo aborda la Estimación probabilista de riesgos naturales, algunas aplicaciones recientes cuyos autores son Eduardo Reinoso, Mario Ordaz y Miguel Jaimes; el tercero lo escribí yo y aquí presento la Estimación de modelos de velocidades 3D usando ruido sísmico y el último de los artículos habla sobre el Sistema de monitoreo de movimientos fuertes del Instituto de Ingeniería y los autores son: Marco Antonio Macías Castillo, Leonardo Ramírez Guzmán y Citlali Pérez Yañez.

Los resultados de las investigaciones que se llevan a cabo en esta Coordinación son ampliamente reconocidos a nivel mundial ya que se publican en revistas indizadas y de divulgación, libros, tesis, y congresos.

Jorge Aguirre González

Coordinador de Ingeniería Sismológica

UNAM

Rector
Dr. Enrique L. Graue Wiechers
Secretario General
Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario Administrativo
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario de Desarrollo Institucional
Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa
Secretario de Atención a la Comunidad Universitaria
Dr. César Iván Astudillo Reyes
Abogada General
Dra. Mónica González Contró
Coordinador de la Investigación Científica
Dr. William H. Lee Alardín
Director General de Comunicación Social
Mtro. Néstor Martínez Cristo

IIUNAM

Director
Dr. Luis A. Álvarez Icaza Longoria
Secretaría Académica
Dra. Rosa María Ramírez Zamora
Subdirector de Estructuras y Geotecnia
Dr. Efraín Ovando Shelley
Subdirector de Hidráulica y Ambiental
Dr. Moisés Berezowsky Verduzco
Subdirector de Electromecánica
Dr. Arturo Palacio Pérez
Subdirector de Unidades Académicas Foráneas
Dr. Germán Buitrón Méndez
Secretario Administrativo
Lic. Salvador Barba Echavarría
Secretario Técnico
Arq. Aurelio López Espíndola
Secretario de Telecomunicaciones e Informática
Ing. Marco Ambriz Maguey
Secretario Técnico de Vinculación
Lic. Luis Francisco Sañudo Chávez
Jefe de la Unidad de Promoción y Comunicación
Lic. Israel Chávez Reséndiz

GACETA DEL IIUNAM

Editor responsable
Lic. Israel Chávez Reséndiz
Reportera
Lic. Verónica Benítez Escudero
Fotografías
Archivo Fotográfico del IIUNAM
Natalia Gómez Cabral
Sandra Lozano Bolaños
Verónica Benítez Escudero
Fotografía de portada
Centro de registro sísmico del IIUNAM,
Sandra Lozano Bolaños
Diseño
Sandra Lozano Bolaños
Corrección de estilo
Gabriel Sánchez Domínguez
Impresión
Grupo Espinosa
Distribución
Guadalupe De Gante Ramírez

GACETA DEL IIUNAM

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual este muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, los cursos y los talleres que imparte, reportajes de interés e información general. Se publica los días 10 de cada mes, con un tiraje de 1500 ejemplares. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04 2014 070409264300 109. Certificados de Licitud de Título y de Contenido en trámite. Instituto de Ingeniería, UNAM, edificio Fernando Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México, México. Tel. 5623 3615.



COORDINACIÓN DE INGENIERÍA SISMOLÓGICA

La Coordinación de Ingeniería Sismológica fue creada el 31 de mayo de 1994. Esta Coordinación, reúne a investigadores y técnicos especializados tanto en la observación, análisis y modelado de terremotos, como en la evaluación del riesgo sísmico para reducir el peligro sísmico en lugares donde hay asentamientos humanos. Está formada por ocho investigadores, veinte técnicos académicos y 53 becarios. Siete de los investigadores tienen grado de doctor y uno de maestro en ciencias. De los técnicos, dos tienen el grado de maestría y uno de doctorado. Siete de los miembros de la coordinación pertenecen al SNI, tres de ellos con nivel III. Las principales líneas de investigación que se cultivan son: 1) Registro y análisis de sismos fuertes, réplicas de sismos grandes, o sismicidad inducida, 2) Monitoreo sísmico para la generación de mapas de aceleración máxima, evaluación de fallas locales, efectos de sitio y estudios geotérmicos, 3) Espectros de diseño y microzonificación sísmica, 4) Desarrollo de métodos para estudiar la respuesta sísmica de valles aluviales, medios heterogéneos, medios fracturados, y evaluación de efectos de sitio, 5) Análisis y modelado de los fenómenos dinámicos asociados a las fuentes sísmicas,

6) Estudios de vibración ambiental para su aplicación en la ingeniería sísmica y exploración geotécnica, 7) Pérdidas esperadas por sismo en edificios e infraestructura urbana e industrial.

En años recientes la Coordinación agrupó a lo que antes fue la Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica. Parte de esa Coordinación es actualmente la Unidad de Instrumentación Sísmica. Otra parte constituye el Grupo de Procesamiento. Ambos grupos tienen principalmente la tarea de mantener, reforzar y modernizar la red acelerográfica de nuestro instituto a fin de dar cumplimiento al convenio de colaboración celebrado con la Secretaría de Gobernación en materia de Protección Civil enmarcado en el proyecto de la Red Sísmica Mexicana. Cuenta con un Puesto Central de Recepción donde se recibe información de varias estaciones acelerográficas instaladas en diversos estados de la República Mexicana. Contar con esta infraestructura de comunicación en tiempo real, ha permitido tener, después de ocurrido un sismo, mapas de la distribución de la severidad del movimiento sísmico tanto a nivel nacional como en el valle de México, con el propósito de coadyuvar con las autoridades de protección civil para la atención de la emergencia. Además de las estaciones en campo libre se atiende a estructuras instrumentadas, como edificios, puentes, monumentos



históricos, rellenos sanitarios, pirámides y viaductos. Lo que ha permitido contar con información valiosa para el estudio de los efectos de sitio en suelos, así como el estudio del comportamiento de las estructuras. Para realizar su labor experimental, esta Coordinación dispone de equipo e instalaciones especializadas como: laboratorios electrónicos, donde se da mantenimiento y se adecúan para los muy diversos experimentos; acelerógrafos y sismógrafos usados para redes temporales, además de un sismógrafo de exploración con 24 geófonos.

Los resultados de las investigaciones y proyectos realizados por esta coordinación le han otorgado, al Instituto de Ingeniería de la UNAM, gran prestigio a escala nacional e internacional, que se constata con las relaciones de colaboración que sostiene, desde sus inicios, con instituciones públicas y privadas como: Gobierno del Distrito Federal, Pemex, CFE, CONACyT, IMP, Universidad Joseph Fourier de Grenoble, Universidad de Kyoto, Universidad de Tokyo, Academia Eslovaca de Ciencias, Universidad de Thessaloniki, Instituto de Ciencias Geológicas y Nucleares (Nueva Zelanda), entre otras. |

Jorge Aguirre González
Coordinador de
Ingeniería Sismológica

LA DUALIDAD FUERZA APLICADA-ENERGÍA MEDIDA Y SUS APLICACIONES

FRANCISCO J SÁNCHEZ SESMA Y MARTHA SUAREZ

La técnica de los cocientes espectrales H/V (de los módulos de la trasformada de Fourier del componente horizontal entre el vertical de las vibraciones ambientales o micro-temblores) propuesta por Nakamura en 1989 ha recibido gran atención en todo el mundo debido a que con ella es posible obtener de manera sencilla y expedita el periodo dominante de un sitio y otra información referente a las características mecánicas del suelo y de su variación con la profundidad. Esta técnica ha sido exitosa en numerosos estudios experimentales; sin embargo, no existían fundamentos teóricos claros que la sustentaran. En este escrito se proporcionan los fundamentos que ayudan a comprender el porqué esta técnica es útil.

El fenómeno de difusión se presenta en múltiples circunstancias. Para que se produzca se requiere que una “fuente inicial” entre en contacto con un medio dado y que sus partículas o heterogeneidades difracten o “diluyan” la energía que la fuente inicial genera, de tal manera que sea difícil definir de dónde viene la perturbación, pues ésta se ha generalizado y

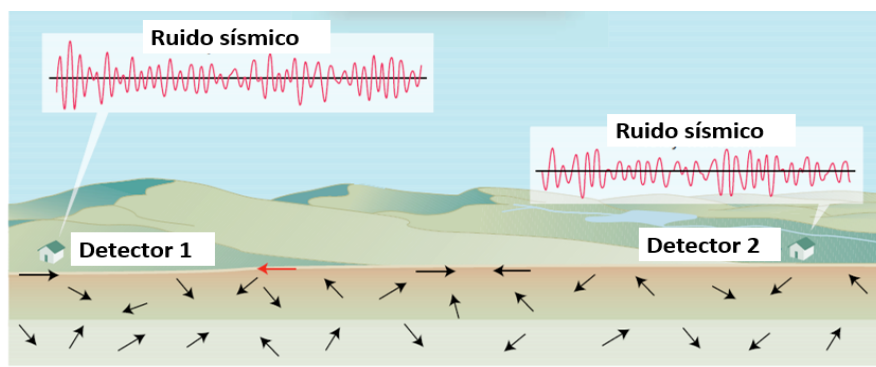
está en todos lados. Un ejemplo sencillo de difusión escalar se produce cuando se deja abierto un frasco de perfume en una habitación. Otro ejemplo, esta vez de naturaleza vectorial, se tiene en un día nublado o si hay múltiples fuentes de iluminación, lo que hace que no generemos sombra o muy poca. Se habla entonces de iluminación difusa porque debido a sus múltiples interacciones, la luz llega de todos lados. Estas analogías se reflejan en las ecuaciones que gobiernan estos fenómenos, que en sus varias expresiones se catalogan como “de difusión”.

En la tierra las ondas sísmicas tienen un comportamiento análogo; las heterogeneidades del subsuelo hacen que los registros de los sismos no sean muy limpios, porque después de las ondas principales llegan ondas reflejadas, refractadas y difractadas de todos lados. Se dice que la coda de los sismogramas (esto es, la parte final del registro) y el ruido ambiental son evidencia de la existencia de difracción múltiple en la litósfera y en el subsuelo. Las ondas sísmicas se propagan de acuerdo con las leyes de la dinámica lo que da lugar a ecuaciones de onda, sin embargo, la energía asociada y sus interacciones con múltiples objetos están gobernadas por ecuaciones de transporte que en tiempos largos tienden a ser ecuaciones de difusión.

Puede decirse que si en un medio heterogéneo, elástico y anisótropo, se aplica un conjunto no correlacionado de fuerzas aleatorias con distribución uniforme, teóricamente se genera un campo difuso. También puede surgir un campo difuso cuando las ondas sufren difracción múltiple. La suposición de un campo

Correlación

$$\int u_1(t)u_2(t+\tau)dt = C(\tau)$$



Usando ruido sísmico ambiental. Cuando un campo difuso es generado por fuentes distantes o por difracción múltiple, los detectores registran señales aleatorias. Ocasionalmente una onda (por ejemplo, la representada por la flecha roja) es registrada por ambos detectores. La correlación entre señales revela las ondas en común que están asociadas al tiempo de viaje entre receptores. (Figura modificada a partir de Weaver, 2005)

difuso implica que existe iluminación uniforme en el medio o que hay múltiples difractores. Si bien no todas las vibraciones aleatorias generan un campo difuso, la suposición de que éste existe es muy útil en varias circunstancias.

Las ondas sísmicas presentes en la coda de terremotos y en el ruido sísmico ambiental conservan una coherencia residual y si se calcula la correlación entre señales temporales registradas en dos sitios (esto es, la correlación que existe entre ellos), ocasionalmente surgirá una onda que aparezca en ambos y que rescate lo que hay de común entre los dos sitios: el tiempo que tardó esa onda en viajar entre los receptores. Ese tiempo depende de las características del medio por donde se propaga.

Una de las aplicaciones de este conocimiento está vinculada a la exploración del subsuelo. El ruido sísmico ambiental y la coda de los sismos forman un campo de ondas que depende fuertemente de la estructura de suelo por el que viajan y de la distribución de las fuentes. El análisis de este campo proporciona una idea bastante clara de las propiedades físicas del subsuelo y de su velocidad de propagación. Este campo de ondas puede ser considerado como difuso (aunque no siempre lo sea) que contiene todo tipo de ondas elásticas y que es producido por la difracción múltiple.

En un campo difuso la energía disponible se reparte en cantidades asociadas a la densidad de modos o estados de vibración en una banda de frecuencia limitada. Además, puede describirse en función de los grados de libertad. Estos dos aspectos de la equipartición conducen a la interpretación del cociente espectral H/V de Nakamura en términos de la parte imaginaria de las funciones de Green.

Los campos equiparticionados tienen funciones de correlación proporcionales a las señales obtenidas por el empleo de fuerzas impulsivas concentradas (Funciones de Green). Estas correlaciones revelan información sobre una estructura del subsuelo que normalmente se obtiene sólo por métodos activos que consisten en la aplicación de fuerzas en superficie del terreno para detectar su respuesta. De esta dualidad entre fuerza aplicada y densidad de energía medida surge la justificación del popular método de Nakamura.

Si consideramos un espacio elástico completo 3D, las ondas longitudinales (onda P) y transversales (onda S) tienen densidades de energía en cantidades fijas y su suma es la misma si se considera el tipo de onda o los grados de libertad (direcciones). Para los tres grados de libertad, cualquier dirección ortogonal i del espacio tridimensional tiene la misma densidad de energía promedio E_i , esto es, un tercio de la densidad de

energía total. Para un semiespacio, la aparición de las ondas superficiales genera fluctuaciones de las densidades de energía cerca de la superficie, este efecto es somero e influye en una profundidad de aproximadamente una longitud de onda de Rayleigh. Pese a ello, el teorema de equipartición se aplica considerando además la densidad de energía debido a las ondas de Rayleigh.

Las ondas de cuerpo producidas por fuerzas horizontales pueden interactuar con las capas estratificadas; mientras que las ondas superficiales producidas por una fuerza vertical en alta frecuencia, son relativamente insensibles a las capas profundas. Su patrón de irradiación espacial es complicado, pero la característica distintiva es que más de $2/3$ de la energía que sale del punto de aplicación de la fuerza lo hace como ondas S. Estos dos casos exhiben claramente el carácter distintivo de la energía irradiada en la parte imaginaria de la función de Green ($\text{Im}G_{11}$ e $\text{Im}G_{33}$ en la superficie).

La parte imaginaria representa la potencia inyectada por una fuerza armónica unitaria en un punto dado. Esta cantidad detecta las energías que son irradiadas por la fuente y las que regresan a ésta. En los casos prácticos no se tienen expresiones explícitas para la parte imaginaria de la función de Green, pero se tienen datos. Si los datos muestran estabilidad y el promedio converge, es muy probable que se acerquen a la forma de la parte imaginaria de la función de Green. En pocas palabras, conocer una función que se acerque a la forma que tiene la parte imaginaria de la función de Green nos ayuda a tener una idea de las propiedades físicas y geométricas del sitio.

Estas ideas se pueden aplicar para conocer las propiedades de un medio estratificado horizontalmente en los casos 1D y 3D, dependiendo de la manera de cómo se ilumina. Por ejemplo, cuando se supone la existencia de difracción múltiple donde se consideran las contribuciones de las ondas superficiales y de cuerpo (tratamos con un problema 3D) se establece la relación entre las correlaciones promedio y la función de Green, conduciendo a expresiones útiles para interpretar el promedio del cociente espectral H/V . Si la iluminación proviene de la profundidad, como ocurre para sismos cercanos o para sismos profundos con incidencia de ondas casi vertical, y se desprecia el efecto de las ondas superficiales, el análisis se puede llevar a cabo considerándolo como un problema 1D donde se puede demostrar que la parte imaginaria de la función de Green es proporcional al cociente de los módulos de las funciones de transferencia del medio, apreciándose que en el cociente H/V se excitan los modos superiores.

Las ondas que componen el ruido se distribuyen aleatoriamente debido a la difracción producida por las heterogeneidades de la tierra, por ello, se espera que se lleve a cabo la equipartición de la energía. Para frecuencias bajas ($f < 0.3$ Hz) el ruido ambiental es dominado por la interacción del océano con la tierra sólida (Kedar y Webb, 2005)¹. En altas frecuencias, el ruido es producto de la actividad humana y del viento, que debido a la atenuación, no se puede propagar a largas distancias. En cualquier caso el ruido se produce por fuentes superficiales que generan predominantemente ondas superficiales. Por tanto, se espera que las señales extraídas de los registros de ruido contengan principalmente ondas superficiales. A pesar de que las fuentes de ruido se ubican en la superficie y a que la difracción ocurre debido a la fuerte heterogeneidad de las capas superficiales y a la topografía, el resultado es el acoplamiento entre las ondas superficiales y las ondas de cuerpo. La eficiencia de este proceso en la tierra se ilustra mediante la observación de equipartición entre los diferentes modos de las ondas superficiales y de cuerpo.

En resumen, en un campo difuso la energía se reparte entre los distintos estados o modos de manera equitativa (equiparticionada). Cuando se comparan (correlacionan) las señales de ese campo medidas por los receptores, el resultado es la parte imaginaria de la función de Green que lleva implícitas las propiedades y geometría del medio por donde se propaga. El cociente espectral de la función de Green en la dirección horizontal entre la función en dirección vertical es muy parecido al cociente espectral obtenido con el método de Nakamura (cociente H/V). Por tanto, al analizar señales medidas en campo utilizando este método (Nakamura) se pueden interpretar los resultados comparándolos con los cocientes de las partes imaginarias de funciones de Green para deducir las propiedades del medio.

Referencia

1. Kedar S. y Webb F.H. (2005). "The ocean's seismic hum". *Science*, 307(5710):682–683.

ESTIMACIÓN PROBABILISTA DE RIESGOS NATURALES, ALGUNAS APLICACIONES RECIENTES

EDUARDO REINOSO, MARIO ORDAZ Y MIGUEL JAIMES

Plataforma de visualización de daños

Los desastres naturales cada año causan en el país grandes pérdidas humanas y económicas. Si bien no podemos evitar los peligros naturales, sí podemos realizar una estimación del riesgo de éstos y adoptar medidas preventivas antes de que ocurra un desastre. Desde hace cinco años, aprovechando las herramientas actuales y los sistemas de información geográfica, hemos desarrollado una plataforma para visualizar los daños provocados por eventos naturales recientes y superponerlos en la información actual. Esto lo hemos desarrollado para varios huracanes y sismos en México georreferenciando la información de los daños y agregando datos que puedan ser

útiles para al menos comprender por qué han ocurrido esos desastres.

De acuerdo a la concentración de daños visibles en la plataforma se pueden delimitar zonas vulnerables que impulsen acciones para mitigar los efectos en el futuro, en pro de la seguridad e integridad de la población y su entorno. Como ejemplo se muestra, en la figura 1, la imagen de un sistema de información geográfica cuyo fondo es la foto de Google Earth® disponible en internet y una capa con la información recopilada de los edificios con más daño durante el sismo de 1985; la figura muestra la información detallada de uno de ellos, el Hotel Regis, con tres columnas: a) antes del sismo, b) lo que pasó en el sismo y c) la situación actual. La información contenida en las distintas columnas es relevante para ilustrar la problemática del riesgo sísmico ya que se indican factores como el tipo estructural, número de pisos, factores relevantes de comportamiento (golpeteo, irregularidades en planta y elevación, fecha de construcción, entre otros). Asimismo, se indican en la segunda columna, una descripción detallada de los daños y otros parámetros que en ese momento no se conocieron y que con investigaciones recientes hemos podido estimar cómo el periodo del suelo y la aceleración espectral que estimamos se

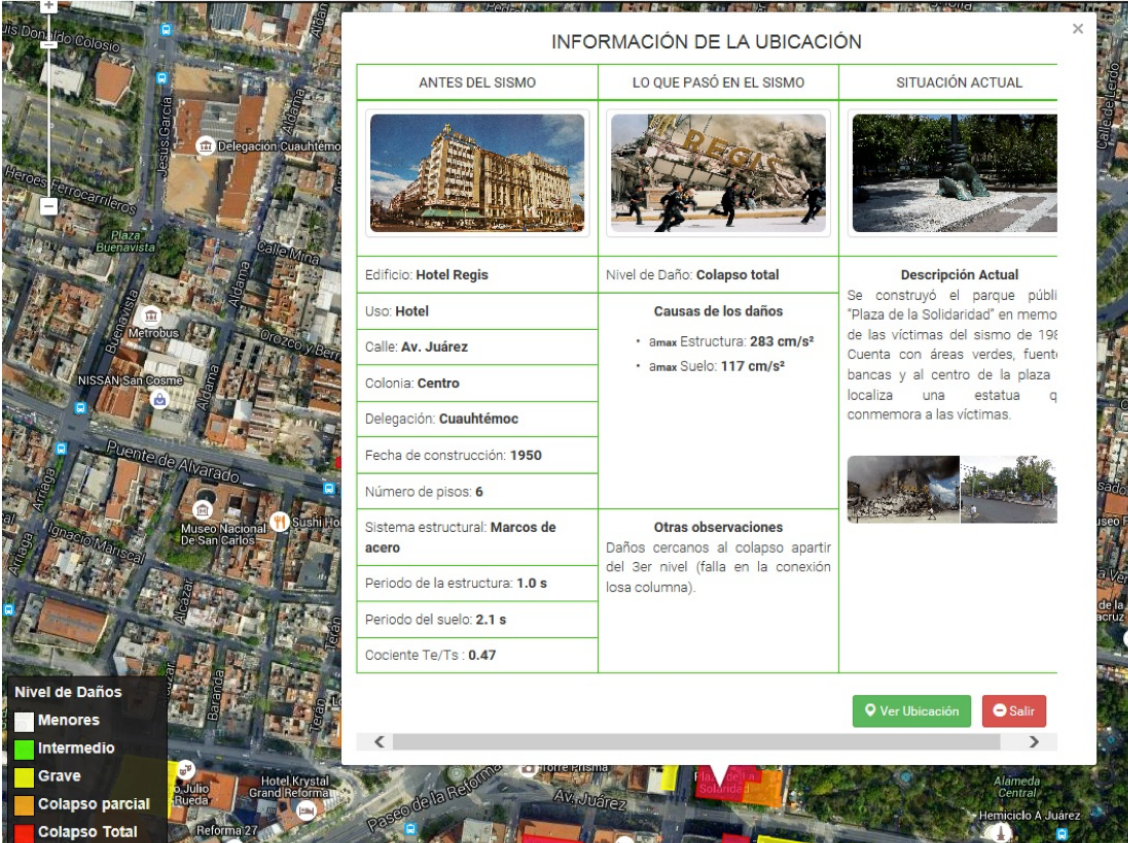


Figura 1. Imagen del sistema web donde se despliega la información de cada uno de los edificios que sufrieron daños mayores durante el sismo de 1985. Para cada edificio, se muestra como estaba antes del sismo, lo que pasó durante el mismo y como se encuentra el predio actualmente

presentó durante el sismo. Finalmente, en la tercera columna, se describe lo que hoy existe en ese lugar, en este caso, el Parque de la Solidaridad, que honra a las víctimas y a la gran labor humanitaria que la población realizó espontáneamente después del sismo.

Este tipo de análisis nos permite mejorar las herramientas no sólo para el cálculo del riesgo sísmico sino para la visualización del mismo. En la figura 2 se muestra un detalle de la amenaza y riesgo sísmico del centro de la CDMX como si hoy volviera a ocurrir un sismo como el de 1985. Los datos de los edificios corresponden al catastro de 2010, por lo que los edificios recientes, entre ellos las grandes torres, no aparecen allí. En la figura se aprecia la gran variación de la intensidad sísmica con los colores en el fondo de la misma: los tonos azules corresponden a la intensidad en la zona de lomas, mientras que los tonos amarillos y rojos corresponden a intensidades mucho más altas, propias de la zona de lagos. Nótese que la variación no es uniforme y presenta máximos en zonas que aparentemente son similares a otras con menos intensidad. Por otro lado, el riesgo de los edificios se indica con colores que van desde el blanco, correspondiente a riesgo bajo, hasta rojo, de alto riesgo. Es evidente que los edificios en alto riesgo no necesariamente están en las zonas de alta intensidad; esto es porque el riesgo es una medida que involucra muchos factores que no se pueden mostrar en un mapa así. Nótese también que los edificios altos en general muestran un riesgo medio (color ocre).

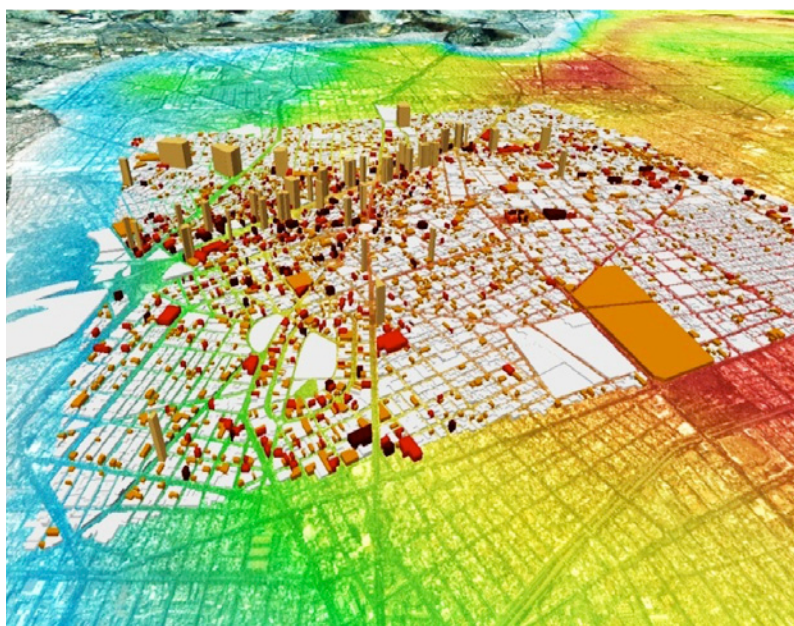


Figura 2. Mapa de la Ciudad de México que ilustra el riesgo de los edificios como si el día de hoy ocurriera de nuevo el sismo de 1985: color rojo, alto riesgo; naranja, medio riesgo y; blanco, riesgo bajo. Asimismo, se muestra en tonos de colores la intensidad que ese sismo produciría en las distintas zonas de la ciudad, siendo el azul el menos intenso y el rojo el más intenso

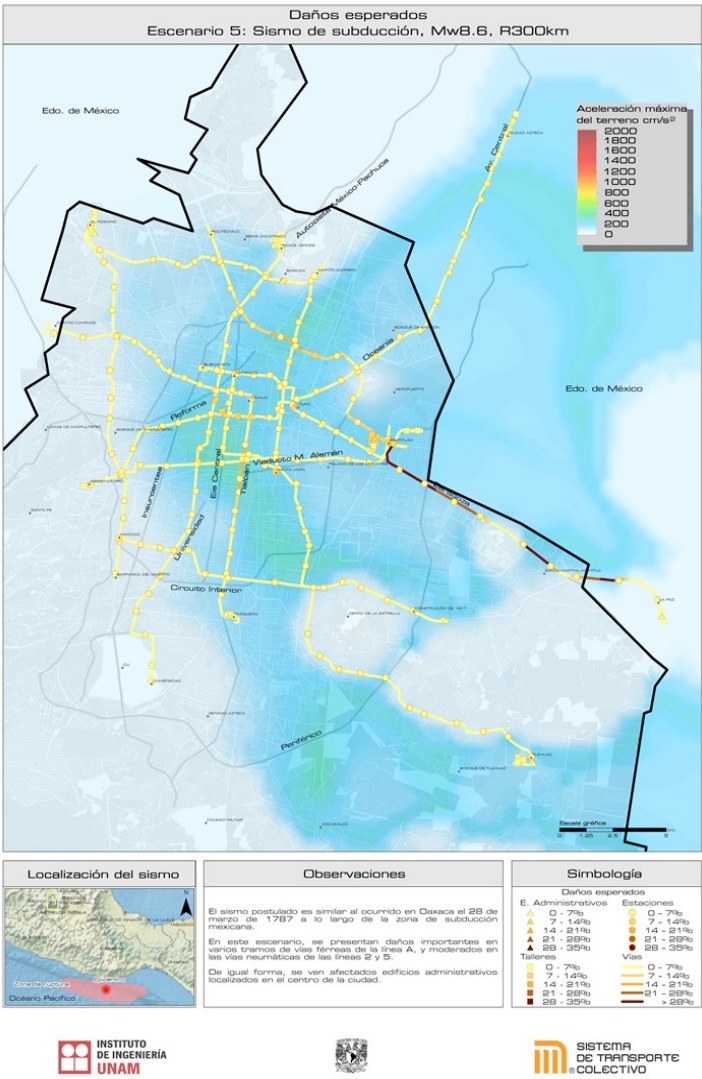


Figura 3. Mapa de daños esperados en la infraestructura del STC Metro ante un sismo de gran magnitud en las costas de Guerrero

Estudio del riesgo sísmico del Sistema de Transporte Colectivo Metro

Si bien el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la CDMX no ha tenido daños considerables durante sismos, incluyendo el de 1985, es conveniente revisar si ante los sismos que esperamos en el futuro, que no necesariamente son los mismos que se han presentado, seguirá teniendo un comportamiento aceptable. Pero además, algunas de las nuevas líneas, por tener tramos elevados, son mucho más vulnerables que las primeras. Es obvio que después de un sismo intenso el transporte público debe seguir siendo funcional, y los posibles daños deben evitarse para minimizar el daño del sismo a la ciudad.

Realizamos un estudio completo de riesgo sísmico de todas las líneas y de las centrales. La figura 3 muestra un mapa con resultados de daños esperados para todas las líneas y sus estaciones, ante un sismo de gran magnitud que podría ocurrir

en las costas de Oaxaca. Los resultados muestran un riesgo relativamente bajo concentrándose principalmente en las líneas ubicadas en la superficie A y 2 del STC Metro. Respecto a las líneas subterráneas (aprox. 61% de la red del STC Metro) el riesgo sísmico resultó bajo debido a que las intensidades sísmicas a las que estarían sujetas esas líneas subterráneas son menores a que si estuvieran ubicadas en la superficie.

Por otro lado, calculamos el riesgo sísmico no sólo de las estructuras sino también de los contenidos dentro de las centrales de control, en este caso, equipos de comunicación, computadoras y sistemas desde donde se desarrollan actividades que involucran procesos de control de tráfico y seguridad de todas las líneas del STC Metro. En caso de fallar o sufrir daños los equipos o contenidos durante un evento sísmico pueden producir consecuencias adversas considerables (operativas o de seguridad) dentro de todo el STC Metro. El procedimiento para calcular el riesgo de estos equipos es el siguiente: 1) se toman fotografías del equipo o contenido, 2) se digitaliza éste para poder modelar el comportamiento sísmico por volteo o deslizamiento de éste, 3) se obtiene, con programas que hemos elaborado, la probabilidad de falla del elemento ya sea por volteo y/o deslizamiento considerando su ubicación dentro del edificio (por ejemplo, planta baja, 2º piso) y, 4) se emiten recomendaciones para que, con base en los resultados anteriores, se minimice el riesgo de daño en caso de un sismo. La figura 4 muestra estos pasos utilizando como ejemplo un anaquel de la central de control.

Fotografía	Digitalización	Función de distribución de probabilidad de falla	Descripción del objeto
			Nombre: Repisa Ubicación: 2 Cantidad: 1 PFA 125 Años: 11.58 Nivel de riesgo 125 Años: Bajo Recomendación NO HAY RECOMENDACIÓN

Figura 4. Cuadro de resumen del proceso de evaluación del riesgo sísmico de cada equipo o contenido por volteo o deslizamiento

Agradecimientos

Agradecemos el patrocinio del Sistema de Transporte Colectivo Metro y a los ingenieros Faustino Ventura y Luis Manuel Buendía.

ESTIMACIÓN DE MODELOS DE VELOCIDADES 3D USANDO RUIDO SÍSMICO

JORGE AGUIRRE GONZÁLEZ

Una de las tareas cotidianas del Ingeniero Geofísico es la exploración y caracterización de las estructuras del subsuelo. Esta caracterización se realiza utilizando las propiedades físicas de los materiales como densidad, resistividad y propiedades elásticas. Estas últimas son estimadas a través de la propagación de ondas elásticas. Los métodos que utilizan ondas elásticas en general se pueden agrupar en dos, los que utilizan fuentes activas y la sísmica pasiva. El primero requiere la generación de ondas sísmicas por medio de fuentes artificiales controladas: el golpe de un marro, una explosión, la vibración de una masa (bailarina) o un camión (vibroseis) entre otras. Estos métodos son usados ampliamente en la exploración somera de decenas de metros mediante el método de refracción. En turno, el método de reflexión sísmica es ampliamente usado en la exploración petrolera con objetivos más profundos (de algunos kilómetros). Entre más profundos son los objetivos buscados más energía debe contener la fuente generadora. Por ello, para la exploración petrolera, se utilizan explosivos o grandes camiones pesados (vibroseis). En el caso de la sísmica pasiva las fuentes no son controladas ni artificiales. Tradicionalmente la sísmica pasiva consistía en registrar eventos sísmicos y a través de ellos, estudiar la estructura de velocidades por donde pasan las ondas. En las últimas décadas, la sísmica pasiva ha logrado extraer información del subsuelo no sólo usando registros de sismos sino a través del uso del ruido sísmico. El ruido sísmico corresponde a la parte de los registros que antecede a la llegada de las ondas producidas por un sismo, por eso es llamado “ruido”, ya que contrasta con la parte del registro que contiene la “señal” del evento sísmico. Este ruido de fondo corresponde a una señal que los seres humanos no percibimos pero que los instrumentos registran y que está presente de manera permanente. El ruido sísmico es también conocido como vibración ambiental o microtremores.

En nuestra coordinación el ruido sísmico se ha estudiado durante varios años y ha contribuido a generar mapas como el de microzonificación de la ciudad de México que se encuentra en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. Paradójicamente el ruido sísmico sí contiene información

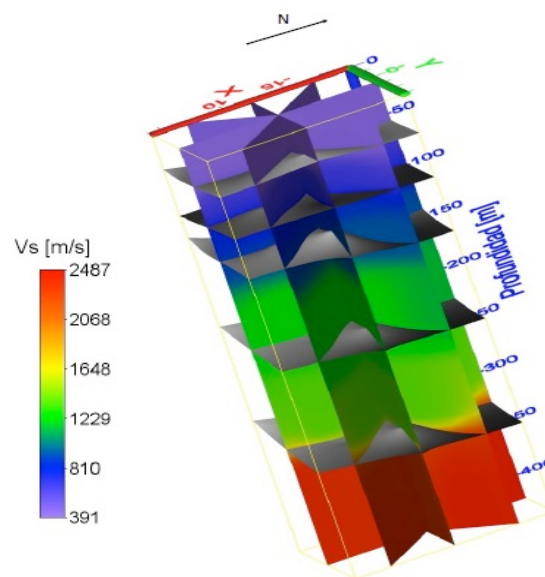
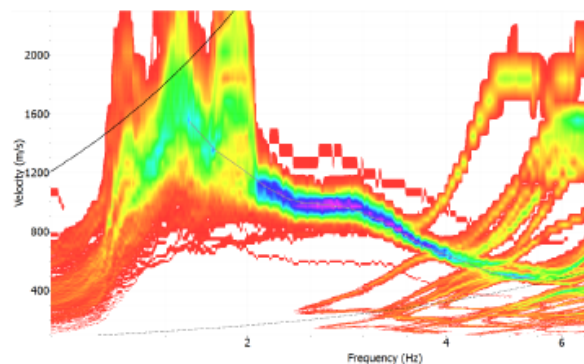


Figura 1. Distribución del arreglo de estaciones en el Jardín Botánico de la BUAP (arriba a la izquierda). Curva de dispersión obtenida (arriba a la derecha). Modelo tridimensional de la estructura de velocidades estimada (abajo)

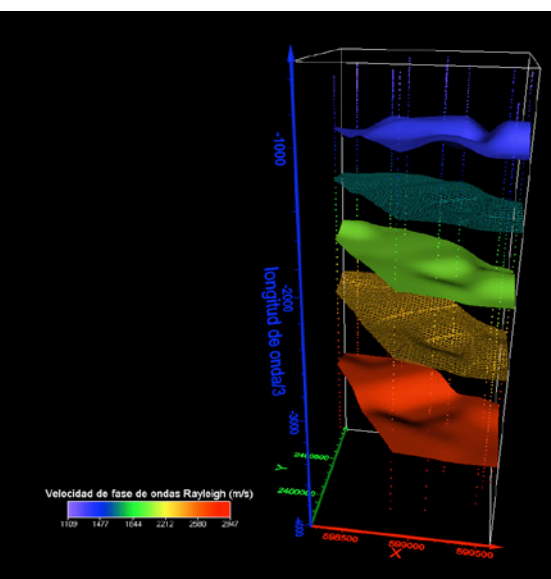


Figura 2. Modelo tridimensional obtenido a partir de las curvas de dispersión de velocidades de fase de las ondas de Rayleigh

que ha resultado útil para explorar y caracterizar el subsuelo. Generalmente el ruido sísmico está compuesto en su mayoría de ondas superficiales. Esto no es de extrañar considerando, por un lado, que las fuentes que lo originan se encuentran en la superficie de la tierra y, por el otro, que las ondas superficiales se atenúan menos que las ondas de cuerpo. Las fuentes que los originan son tanto de origen natural (oleaje, cambios de presión, vientos, etc.) como antropogénico (trenes, camiones, fábricas, minas, y actividad humana en general). Para extraer información de estos registros se usan diversos métodos que requieren de registros obtenidos simultáneamente en varias estaciones que conforman un arreglo con sincronía de tiempo común.

Con el análisis de estas señales se obtienen curvas de dispersión de ondas superficiales que reflejan las características del subsuelo. Al invertir las curvas de dispersión se obtiene una descripción de las características elásticas por debajo de los arreglos.

Hemos ocupado el ruido sísmico para varios objetivos utilizando varios métodos. Uno de ellos corresponde a la exploración somera como apoyo a trabajos de geotecnia y/o la caracterización de efectos de sitio. Un ejemplo de este tipo de exploraciones se muestra en la figura 1 donde obtuvimos una representación tridimensional de la velocidad de ondas S (Olivares *et al.*, 2016). En este arreglo la separación mínima entre sensores fue de 40m y la máxima de 120m. Con ello se logra explorar hasta un poco más de 300m de profundidad.

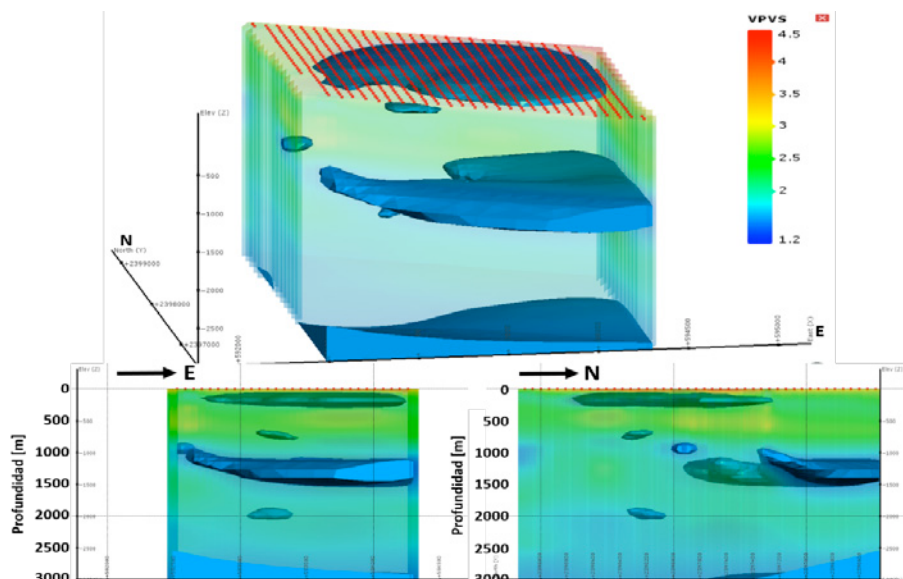


Figura 3. Relación V_p/V_s . Arriba se muestra el cubo 3D en perspectiva. En azul se muestran los cuerpos con un valor menor o igual a 1.6. Abajo se muestran los perfiles horizontales apuntando hacia el Este (izquierda) y al Norte (derecha)

Otro ejemplo del uso de estos datos para la exploración petrolera se muestra en la figura 2. En este caso se ocupó un arreglo de 21 sensores de banda ancha instalados en una malla de triángulos equiláteros cuya distancia mínima entre sensores es de 462m y la separación máxima entre sensores del arreglo es de 3200m. Con ello se logró explorar hasta una profundidad de más de 3000m.

Dentro de esta línea de investigación obtenemos distribuciones 3D de estructuras de velocidades que *per se* contribuyen a la generación del conocimiento del subsuelo. Con ello, generamos insumos útiles para otros proyectos de investigación como son modelos que permiten realizar la simulación de la propagación de ondas ya sea para estimar el peligro sísmico, evaluar niveles de vibraciones, estimar espectros de diseño, entender los mecanismos de amplificación local, etc. Pero además evaluamos los alcances y limitaciones de los diferentes métodos que utilizamos. Esto resulta de gran importancia cuando se diseñan los arreglos que se deben usar en concordancia con la resolución requerida. En este tenor, hemos encontrado que la combinación de métodos ayuda a incrementar la resolución. Un ejemplo de ello es el modelo mostrado en la figura 3, que fue obtenido combinando la información generada con el método SPAC (método de autocorrelación espacial) y con la interferometría sísmica (correlación entre pares de estaciones). Esta combinación permitió complementar el rango de frecuencias entre un método y otro de tal forma que el rango de frecuencias total usado para obtener este modelo

fue de 0.2 a 7Hz. En esta figura se muestra una combinación de propiedades elásticas obtenidas (V_p/V_s) que contribuye a caracterizar lo que se conoce como *sweet spots*. Este término hace alusión a los lugares más propicios para la explotación de yacimientos no convencionales de petróleo y gas en Lutitas. Los resultados obtenidos en este proyecto han mostrado la factibilidad del uso de ruido sísmico en la exploración petrolera, pero existe una gran brecha de mucho desarrollo antes de alcanzar los estándares de resolución y eficiencia que tienen los métodos de reflexión convencionales usados actualmente.

SISTEMA DE MONITOREO DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA

MARCO ANTONIO MACÍAS CASTILLO,
LEONARDO RAMÍREZ GUZMÁN
Y CITLALI PÉREZ YAÑEZ

El monitoreo sísmico iniciado en 1910 por el Instituto Geológico Nacional, a través del Servicio Sismológico Nacional (SSN), tuvo después del terremoto del Ángel de 1957 un nuevo impulso con la instalación de equipos acelerográficos, que permitieron por primera vez registrar el movimiento intenso causado por sismos regionales de interés para la ingeniería sísmica. El Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM) fue la entidad pionera en la instalación de los primeros instrumentos destinados a medir movimientos fuertes en la Ciudad de México y la costa del Pacífico Mexicano. El objetivo de la Red Acelerográfica del II (RAII) fue, y continúa siendo, proveer observaciones del movimiento, tanto en estructuras como en campo libre, para comprender las causas y los efectos que la actividad sísmica provoca a las edificaciones y a diversas obras civiles de importancia en México.

La RAII trabaja bajo la dirección del personal académico de la antigua Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica, hoy Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS) de la Coordinación de Ingeniería Sismológica. Los registros hasta ahora obtenidos han permitido dar respuesta a algunas de las

Usar ruido sísmico en lugar de fuentes activas traería, entre otras ventajas, ahorros económicos y menos efectos negativos tanto a la ecología como a las edificaciones y poblados cercanos.

Referencias

Olivares, A B; Aguirre, J; Ferrer, H; Ontiveros, A y Salinas, P (2016), Modelo 3D de las propiedades elásticas del subsuelo utilizando microtemores en Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla; Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, Puerto Vallarta, del 30 de octubre al 4 de noviembre de 2016.

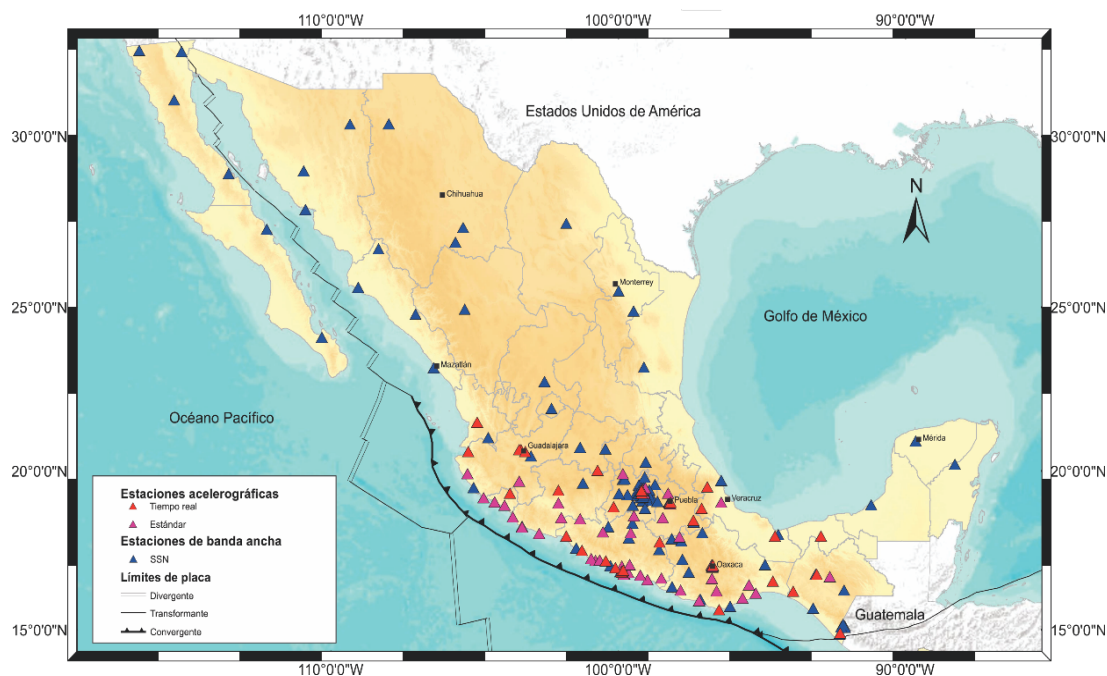
interrogantes sobre los terremotos y sus efectos, dando cauce a nuevas preguntas y motivando la investigación sobre el tema.

El crecimiento de la RAII, columna vertebral del Sistema de Monitoreo de Movimientos Fuertes (SMMF) del Instituto de Ingeniería, ha sido paulatino. La RAII tuvo como punto de quiebre el sismo de 1985, después del cual hubo un crecimiento muy importante tanto en recursos humanos como en infraestructura dedicada. Antes de la ocurrencia del gran sismo de Michoacán, en septiembre de 1985, la RAII tenía poco más de treinta estaciones a lo largo de las costas de Guerrero y alrededor de una decena en la capital. Los registros que estos equipos capturaron contenían características casi únicas en el mundo, lo que sin duda motivo su análisis y discusión. Hoy, la RAII está conformada por más de 110 estaciones en la zona Centro y Sur de México y su centro de operación está ubicado en Ciudad Universitaria.

La red que comenzó hace más de medio siglo como un conjunto modesto de instrumentos autónomos, restringidos por las limitaciones propias de las telecomunicaciones de la época, ha evolucionado en el SMMF más importante del país. El SMMF incluye tanto la infraestructura y servicios web, administrados desde el Puesto Central de Registro, para el procesamiento de la información proveniente de la RAII como la interconexión con el SSN y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), permitiendo a la UNAM dar a conocer la actividad sísmica a lo largo y ancho de México.

La Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería

La distribución espacial de la RAII cubre las costas de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco; y tiene menor densidad en el resto del país. La red incluye instrumentos en la Ciudad de México, Acapulco, Puebla, Guadalajara y Oaxaca; así



Localización de estaciones de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería y las compartidas por el SSN

como equipos en algunos edificios, puentes y monumentos históricos.

El gran acervo de registros de la RAII puede ser consultado en la aplicación web <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/AcelerogramasRSM/Registro.aspx>. El catálogo actual en la página web está actualizado desde 1964 hasta 2015 para sismos de magnitud mayor a 5.

El Puesto Central de Registro

El Puesto Central de Registro (PCR), ubicado en la planta baja del edificio 1 del Instituto de Ingeniería, alberga el Centro de Cómputo (CC) y la plataforma informática de la Red Sísmica Mexicana, cuya infraestructura de comunicación con el SSN y el CENAPRED está basada en enlaces por fibra óptica y radio.

Las características del CC fueron definidas con base en el análisis y proyección de las necesidades y crecimiento del SMMF y la UIS, a corto y mediano plazo. El CC incorpora los últimos desarrollos en la adquisición de registros sísmicos y permite la continuidad de operación de los sistemas de comunicación, recepción, almacenamiento y cálculo que administra. Además, el CC aloja el clúster Rosenblueth, dedicado para investigación y procesamiento sísmico, el cual está compuesto por poco más de 500 procesadores y 1TB de memoria RAM

agregada. El PCR es el sitio donde, además de monitorear la actividad sísmica se procesan y hacen públicas las señales sísmicas.

Servicios de Información de interés nacional

El crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional y el desarrollo de la tecnología en el último lustro han hecho posible la transmisión de 30% de las señales sísmicas en forma continua. Así, los datos registrados llegan al PCR casi en tiempo real. Lo anterior ha permitido, junto con el desarrollo de infraestructura de software, el procesamiento y generación de información oportuna para auxiliar a la Coordinación de Protección Civil, a través del CENAPRED. Un ejemplo de los productos relevantes generados son los mapas de intensidades y parámetros de movimiento del terreno, tanto a nivel nacional como para el Valle de México, los cuales presentan, por medio de una escala de colores, un panorama general de la severidad del movimiento del terreno poco tiempo después de la ocurrencia de un evento sísmico importante. El sistema de generación de mapas se alimenta con señales provenientes de estaciones acelerográficas remotas, así como de la magnitud y localización epicentral de lo reportado por el SSN, en el caso nacional; y para el Valle de México se estiman a partir



Puesto Central de Registro, Instituto de Ingeniería

de las aceleraciones espectrales obtenidas en la estación acelerográfica de Ciudad Universitaria. Los sistemas también generan automáticamente notificaciones vía correo electrónico.

Los mapas generados pueden ser consultados en el sitio <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/webSAPS/> y en la aplicación del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx>.

Conclusiones y perspectivas

Muchos de los avances de la RAI y el SMMF han tenido su origen en proyectos patrocinados por instituciones gubernamentales y privadas, destacando la colaboración entre la Universidad Nacional Autónoma de México y la Secretaría de Gobernación para la construcción de la plataforma de funcionamiento de la Red Sísmica Mexicana. Con la iniciativa mencionada, tanto el Instituto de Ingeniería como el SSN comparten hoy la información de las redes sísmicas universitarias.

El SMMF tiene como objetivo primordial mejorar el conocimiento del fenómeno sísmico y disminuir la incertidumbre en las estimaciones del movimiento originado por sismos, por lo cual la UIS y algunos investigadores de la Coordinación

de Ingeniería Sísmológica participan en proyectos orientados a la caracterización de la estructura cortical y un incremento sustancial de las redes de acelerógrafos en el Valle de México y la zona centro del país.

Agradecimientos

Unidad de Instrumentación Sísmica (Coordinación de Ingeniería Sísmológica): Mauricio Ayala, Citlali Pérez, Héctor Sandoval, Ana L Ruiz, Rosario Delgado, Leonardo Alcántara, Miguel Torres, Gerardo Castro, Luis A Aguilar, David Almora, Israel Molina, Alejandro Mora, Ricardo Vázquez, Juan M Velasco, Miguel Leonardo, Servando R Cortes, Cristian Tejada y Eric Tejada.

La planeación y ejecución de las obras del nuevo Puesto Central de Registro fue una tarea conjunta entre la UIS, la Secretaría Técnica de Infraestructura Física y la actual Secretaría de Telecomunicaciones e Informática del propio instituto. Secretaría Técnica: Aurelio López, Ragnar Trillo, José Ramón Barajas, Fernando Valenzuela. Coordinación de Cómputo: Ramón Gutiérrez, Marco Ambriz, Araceli Martínez, Fernando Maldonado y Luis A Arellano. Las imágenes fueron proporcionadas por Santiago E Rábade y Cristian Tejada.

EL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

VOLÚMENES I, II Y III



PRECIO GENERAL

\$ 1000

TRES VOLÚMENES

\$ 500

CADA EJEMPLAR

**PRECIO ESPECIAL
PARA LA COMUNIDAD UNAM**

\$ 500

TRES VOLÚMENES

\$ 250

CADA EJEMPLAR

A LA VENTA EN LA UNIDAD DE PROMOCIÓN Y COMUNICACIÓN
EDIFICIO 1 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

Solicitar a Guadalupe De Gante
GDeGanteR@iingen.unam.mx/Tel. 56233615
Horarios de 9:00 a 13:00 y de 17:00 a 19:00 hrs.



TSINGHUA UNIVERSITY (CHINA)-UNAM (MÉXICO)

Con el propósito de establecer un posible esquema de colaboración entre la Universidad de Tsinghua, China y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto de Ingeniería organizó el pasado 30 de junio el Seminario denominado Universidad de Tsinghua (China)-UNAM (México) en Energías Renovables y Cambio Climático. A la reunión acudieron investigadores de este Instituto, así como representantes de otros centros de investigación y programas universitarios interesados en el tema de cambio climático y energías limpias. La colaboración está abierta al intercambio de estudiantes, la ejecución de proyectos conjuntos e incluso la posibilidad de tener un laboratorio conjunto.

La delegación China estuvo representada por los profesores Dehua Liu, Maozhi Deng y Jing Zeng por parte del Laboratorio Conjunto China-América Latina sobre Energía Limpia y Cambio Climático de la Universidad de Tsinghua en Beijing, y los profesores Shugang Yan y Bin Xiao del Centro de Innovación Tecnológica de la Universidad de Tsinghua en Dongguan. Por el Instituto de Ingeniería estuvieron presentes la secretaria académica, Rosa María Ramírez Zamora, así como los investigadores Rodolfo Silva, José Luis Fernández Zayas, Alejandro Vargas, Simón González, Ma. Teresa Orta, Ulises Durán, Mario Chávez y los técnicos académicos, Rosa María Flores, Germán Carmona, Héctor Miguel Aviña, Valeria Chávez, y Miguel Benítez; por parte del Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad estuvo Rosalía Camacho Lomelí en representación de su directora Mireya Ímaz; por parte del

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad estuvo presente Raúl Tauro, y por parte del Programa Universitario de Investigación en Cambio Climático estuvo presente su director Carlos Gay García, reconocido internacionalmente por sus investigaciones y aportaciones en el Panel Intergubernamental del Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas y ser actualmente miembro del Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México.

El contacto inició en junio de 2016 cuando, debido al reconocimiento internacional de la UNAM, el Profesor Dehua Liu, Director del Laboratorio Conjunto China-América Latina sobre Energía Limpia y Cambio Climático y Profesor del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Tsinghua en Beijing visitó al Instituto de Ingeniería para conocer las investigaciones que se realizan en materia de energías limpias y cambio climático; posteriormente se invitó al Instituto de Ingeniería a participar en el 2nd China Latin America Forum of Innovation and Technology Transfer que se celebró en Dongguan en diciembre de ese mismo año, para exponer el estado del arte en ciencia y tecnología en México y las investigaciones del Instituto de Ingeniería. Con esta visita se espera concretar acciones de colaboración conjunta entre la Universidad de Tsinghua y la UNAM.



VISITA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO-ECUADOR AL IIUNAM

Con el fin de establecer relaciones de cooperación internacional entre la Universidad Técnica de Ambato-Ecuador y la UNAM los profesores Francisco Pazmiño Gavilanes, Juan Garcés Chávez, Santiago Medina Robalino y Jorge Guevara Robalino, decano, subdecano, coordinador de carrera y encargado de prácticas preprofesionales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ambato realizaron una estancia académica de una semana para conocer las instalaciones del Instituto

Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y los laboratorios del Instituto de Ingeniería, UNAM.

Los temas que se trataron a lo largo de esa semana fueron Tecnología en el área de gestión de recursos hídricos y programas de capacitación presencial y a distancia; Tecnología utilizada en ingeniería civil, específicamente en el área de estructuras.

El grupo de investigadores quedaron gratamente impresionados con las instalaciones del Instituto de Ingeniería donde los recibió el coordinador de Estructuras Fernando Peña quien hizo una presentación de los proyectos que ahí se están desarrollando, posteriormente recorrieron los laboratorios de estructuras y la mesa vibradora. Con esta visita se espera establecer lazos de colaboración entre ambas instituciones para fomentar el intercambio académico entre países.

REDES SOCIALES DEL IIUNAM



<https://www.facebook.com/InstitutoIngenieriaUNAM>



<https://twitter.com/IIUNAM>



<https://www.youtube.com/user/IINGENUNAM>



<https://www.linkedin.com/company/instituto-de-ingenier-a-de-la-unam>



<https://www.instagram.com/iiunam>



<https://plus.google.com/102848256908461141106>



GILkatón, Grupo de Ingeniería Lingüística del IIUNAM

EL MES DE LA INGENIERÍA LINGÜÍSTICA

Las tecnologías del lenguaje son un ámbito de conocimiento que tiene una incidencia directa en la vida cotidiana del mundo actual: los correctores de texto, la gestión del conocimiento, las redes sociales, asistencia por voz, traductores automáticos y otros elementos que tienen una relación directa con el lenguaje natural.

El Grupo de Ingeniería Lingüística (GIL) del Instituto de Ingeniería de la UNAM tiene un compromiso directo con el desarrollo de esta área y con la difusión de sus metodologías y técnicas. Para ello se ha organizado el mes de la Ingeniería Lingüística, en el que se han llevado a cabo tres actividades:

- **El GILkatón:** este surge de la necesidad del GIL del IIUNAM de crear un espacio interdisciplinario en el que puedan colaborar lingüistas en conjunto con profesionales de la computación y así llevar a cabo análisis de la estructura e interpretación automática de la lengua. ¿En qué consiste este

evento? es un hackatón interdisciplinario en el que estudiantes de distintas universidades y áreas del conocimiento se enfocan en ofrecer respuestas a problemas del Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN); en esta ocasión la tarea a resolver se planteó en favor de la estructuración de datos legales. Los ganadores de este concurso tuvieron la oportunidad de obtener una beca para participar en el Curso Procesamiento de Lenguaje Natural con Phyton.

- **El curso de procesamiento de Lenguaje Natural con Phyton:** Phyton es una herramienta en la que se han digitalizado ciertos procedimientos que se siguen en el PLN y nos permite construir y automatizar nuevos procesos a partir de los algoritmos que tiene a su disposición. Durante dos semanas los asistentes al curso tuvieron la oportunidad de aprender sobre este lenguaje de programación, el cual es perfecto para introducir a estudiantes al desarrollo e implementación de programas computacionales que sirven de apoyo en proyectos lingüísticos, incluso si los sujetos se encuentran ajenos al área computacional.

- **Por último, el VIII Coloquio de Lingüística Computacional:** el Grupo de Ingeniería Lingüística del IIUNAM,

el Colegio de Letras Hispánicas de la Facultad de Filosofía y Letras, junto con la Licenciatura en Ciencia Forense de la Facultad de Medicina unieron esfuerzos para organizar el VIII Coloquio de Lingüística Computacional. A lo largo de 2 días se abordaron los siguientes temas con ponencias que abrieron el espacio del diálogo y la investigación académica:

- La web como corpus
- Las Herramientas para estudios lingüísticos

- Lenguas indígenas
- Lingüística para procesamiento del lenguaje natural
- Las Aplicaciones de lingüística computacional

El éxito de estas actividades se debe sin duda al trabajo en conjunto, por lo que se comprobó una vez más que es importante fomentar el trabajo multidisciplinario. |



Curso de procesamiento de Lenguaje Natural con Python



A un clic de la información ¡Consúltala!

Comunicación para la era digital.
Noticias, innovación y vida cotidiana.
De la Universidad y del mundo.





APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS APROXIMADOS DE EVALUACIÓN SÍSMICA, BASADOS EN LA CURVA DE CAPACIDAD, A ESTRUCTURAS CONSIDERADAS COMO IRREGULARES

Es el tema que expuso el Dr. Marco Antonio Escamilla García como parte del Seminario de la Coordinación de Ingeniería Estructural.

Al presentar al ponente –el Dr. Gustavo Ayala– dijo que estos seminarios surgen a iniciativa del Dr. Fernando Peña con la finalidad de que los estudiantes y los investigadores se integren en un cuerpo académico que trabaje en sintonía. Además –agregó Gustavo Ayala–, acarrear grandes beneficios ya que es una forma de conocer el trabajo y los avances de nuestros colegas, es abrir la puerta para que nuestros estudiantes sientan que son parte importante de nuestra comunidad, sería muy conveniente contar con la participación de todos.

Al presentar los resultados de la investigación que está realizando con el Dr. Ayala, Marco Antonio subrayó que los

códigos actuales de diseño sísmico enfatizan en sus normas que las estructuras ubicadas en zona de mediana y alta sismicidad deben ser capaces de disipar la energía que les induce un sismo, mediante un comportamiento inelástico; sin embargo, después de la ocurrencia de algunos sismos de intensidad considerable, México (1985), Northridge (1994), Kobe (1995), Chile (2010), entre otros, se ha observado que aún existe gran vulnerabilidad en muchas estructuras existentes, aun cuando en muchos casos se utilizaron procedimientos de diseño sismo-resistente recomendados por los códigos de diseño sísmico actuales; siendo los puentes continuos y los edificios asimétricos las estructuras más afectadas.

Debido a esto, en los últimos años, gran parte de las investigaciones en ingeniería sísmica se orientaron al desarrollo

de nuevas metodologías de evaluación y diseño sísmico, con particular interés en los métodos basados en la filosofía de diseño sísmico basado en el desempeño. No obstante, y a pesar de los esfuerzos realizados para el desarrollo de estas nuevas metodologías, investigaciones recientes (Ayala y Escamilla, 2011) han demostrado que estos métodos no siempre ofrecen resultados congruentes con los obtenidos de procedimientos más robustos, tales como los análisis dinámicos no lineales paso a paso (NLTHA, por sus siglas en inglés), particularmente cuando el desempeño sísmico de un sistema de múltiples grados de libertad (MDOF, por sus siglas en inglés) no puede ser aproximado a partir del desempeño obtenido de un sistema equivalente de un grado de libertad (SDOF, por sus siglas en inglés).

De acuerdo con algunos documentos en la literatura especializada, las limitaciones de la mayoría de los métodos aproximados, incluyendo los especificados en los reglamentos, han sido atribuidas a la participación de los modos superiores, lo cual es más evidente en estructuras con una geometría irregular. Sin embargo, en esta investigación en curso se ha demostrado que hay otros factores que pueden influir significativamente en el desempeño sísmico de una estructura, especialmente cuando en su determinación se utilizan métodos que se basan en las mismas suposiciones que la regla de iguales desplaza-

mientos (Veletsos y Newmark, 1960) como es la regularidad modal, es decir la evolución de las formas modales en el transcurso de la respuesta inelástica, la cual si no se considera en el análisis, pueden llevar a resultados erróneos, tomando como referencia los resultados de un análisis dinámico incremental (IDA por sus siglas en inglés), metodología con un fundamento matemático riguroso (Vamvatsikos y Cornell, 2002).

Debido a todo lo anterior, los objetivos principales de esta investigación en curso son: 1) desarrollar un estudio crítico sobre las debilidades y fortalezas de los métodos aproximados de evaluación sísmica existentes, poniendo particular énfasis en las técnicas de empuje lateral para construir la curva de capacidad y en su aplicación a estructuras con problemas de regularidad; 2) Demostrar que el cambio de las formas modales en el intervalo inelástico puede influir significativamente en el desempeño sísmico de una estructura y que ésta, por sí sola, puede llevar al analista a resultados no congruentes con los obtenidos de un análisis dinámico no lineal; y 3) Profundizar nuestros estudios para dar respuesta a algunas preguntas que no han sido totalmente explicadas en la literatura especializada, particularmente las relacionadas con la validez de los resultados obtenidos de los procedimientos propuestos por los reglamentos y los llamados procedimientos aproximados basados en la curva de capacidad. |



PERSONAL DE NUEVO INGRESO

Damos la bienvenida a **Francisco Antonio Godínez Rojano**, quien a partir del 16 de agosto ingresa al IIUNAM como investigador Asociado C. Realizó estudios de licenciatura, maestría y doctorado en Ingeniería mecánica y eléctrica en la UNAM. Fue becario de maestría, doctorado y realizó un posdoctorado gracias a que obtuvo la beca Emilio Rosenblueth.

Ahora como investigador colaborará con la Dra. Margarita Navarrete el tema de las pruebas no destructivas de distintos tipos de materiales a fin de caracterizarlos considerando la resistencia y las propiedades mecánicas de éstos para poder darles un uso

óptimo. Otro tema que trabajará es el de la disminución de la cavitación generada por diversos medios (acústico, hidrodinámico, reacciones químicas, y láseres). Los estudios de cavitación tienen un lado positivo entre los que se encuentran los tratamientos médicos con medios de contraste y la producción de nanomateriales que tienen propiedades muy peculiares y que son utilizados en cuestiones biomédicas, otro ejemplo es el tratamiento de agua y la desinfección; en cuanto a la parte negativa estudiarán cómo evitar que se produzcan burbujas que erosionan a los elementos mecánicos de la turbomaquinaria. |



Actividades
Extra
Académicas
del Instituto
de Ingeniería
UNAM

¡Únete!



¡culturiza tus sentidos!



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**



UNIDAD DE
PROMOCIÓN Y
COMUNICACIÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA

¿POR QUÉ EL TOPÓNIMO MÉXICO SE ESCRIBE CON “X” Y NO CON “J” MÉJICO?

En este mes de septiembre se tocan fibras muy sensibles para los que realmente nos sentimos mexicanos. Aunque la mayoría desconocemos la verdadera historia de nuestro país, sería un buen principio entender por qué el nombre de México se escribe con “X” y no con “J”.

Es evidente que existe una falta de correspondencia entre la grafía y la pronunciación de la X del topónimo México, esto se debe principalmente a que:

- En el siglo XVI ocurrieron una serie de modificaciones fonológicas, entre ellas, el cambio de sh, pronunciada /ʃ/ (como shop en inglés o cheval en francés) escrita de X a J que afectó a la mayoría de los indigenismos que tenían este fonema.
(ejemplo: exotl= ejote, wexolotl= guajolote)
- En el castellano del siglo XVII este sonido pasó a pronunciarse como J aunque se escribiera con X.
(Quixote= Quijote)
- A partir de las reformas ortográficas del siglo XVIII se cambió definitivamente la grafía de la X por la J, pero algunos nombres conservaron el valor que tenían en épocas antiguas.
- La grafía del nombre México conservó la X por razones etimológicas e históricas

Actualmente, en el caso de los nombres de lugares se debe respetar la forma con X aunque se pronuncie con J:

México
Texas
Oaxaca

Pero, para los nombres de personas se mantiene la grafía tradicional de cada familia:

Ximena/Jimena
Xavier/Javier

Existen varios autores que defienden el uso de la X en el topónimo México, entre ellos están:

Alfonso Reyes quien comenta en su artículo “La interrogación nacional”

“Yo no tengo ninguna razón científica contra el uso de la j que, por lo demás, me parece, filológicamente hablando, el más revolucionario, el menos conservador de los dos. Y con todo, le tengo apego a mi x como a una reliquia histórica, como a un discurso santo-y- seña en que reconozco a los míos, a los de mi tierra...”

Fray Servando Teresa de Mier recomienda en su “Carta de despedida a los mexicanos”:

“Sigamos a escribirlo con x o para llegar con el tiempo, si la nueva ortografía predomina, a pronunciar como se debe éste y los demás términos mexicanos, o para no echar en olvido enteramente una de nuestras mayores glorias”.

Manuel G. Revilla considera que:

“Desde que abrimos en esta tierra los ojos de la inteligencia los en ella nacidos, el nombre de la patria vímosle escrito con x. La x ha sido una letra ya consagrada por larga tradición. Tiene algo de hierático y sagrado. Alterar el nombre, ya como estereotipado, de la tierra natal, de la Nación que reconocemos por nuestra, parece una especie de profanación contra lo que protesta el sentimiento. Quitarle a México la x es como si al águila de nuestro escudo se le suprimiese el índico nopal o la ondulada culebra; o como si a nuestra bandera se le cambiara alguno de sus tres emblemáticos colores.”

CÁPSULAS ORTOGRAFICAS-6

Pero, qué dice al respecto la Real Academia Española (RAE):

Considera que el uso de la X en el topónimo México es un arcaísmo gráfico, una especie de fósil que conservan algunos nombres, los cuales deben ser respetados. Recomienda escribir con X todos sus derivados, aunque aclara que estos deben pronunciarse como si se escribieran con j: mexicano, mexiquense, mexicanismo, etc. |

Referencias

- <http://www.deperu.com/abc/gramatica/3992/por-que-mexico-se-escribe-con-x-y-no-con-j>
- <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/fondo2000/vol1/algunas-minucias/html/27.html>
- <http://blog.lengua-e.com/2007/la-x-de-mexico/>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Toponimia_de_M%C3%A9xico
- <http://hispanoteca.eu/Foro-preguntas/ARCHIVO-Foro/M%C3%A9xico%20o%20M%C3%A9jico.htm>
- <https://www.agorafs.com/mexico-o-mejico/>
- <http://etimologias.dechile.net/?México>

FILUNI I Feria
Internacional
del Libro
Universitario

PRIMERA FILUNI

La primera Feria Internacional del libro Universitario (FILUNI) tuvo lugar en el Centro de Exposiciones y Congresos de la UNAM del 22 al 27 de agosto. En este importante evento organizado por la Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial el Instituto de Ingeniería participó con la presentación de cuatro libros: *José Luis Sánchez Bribiesca* con los comentarios de la autora Ana María Sánchez Mora; *El agua según la ciencia* por Jaime Cervantes y Gabriel Echávez; *Rumbo y carácter* con la participación de Sol Levin, Roger Díaz de Cossío y Jorge Flores Valdés; y *El subsuelo de la Ciudad de México* por Gabriel Auvinet, Edgar Méndez y Moisés Juárez. En el caso de *El subsuelo de la Ciudad de México* y de *El Agua según la ciencia*, personal de Fomento Editorial comentó que está en proceso la adquisición de los derechos de estas obras para su traducción a varios idiomas a fin de promoverlas en la Feria Internacional del Libro de Frankfurt, Alemania el próximo año.

En esta ocasión, la UNAM tuvo a la Universidad de Salamanca como invitada de Honor para subrayar la histórica relación que ha existido entre ambas universidades a lo largo de los siglos.

La Feria estuvo muy concurrida con aproximadamente 200 sellos editoriales universitarios, además de bibliotecarios y promotores de la lectura. También, los asistentes pudieron disfrutar de numerosas actividades culturales.



UN GOYA PARA

TODOS LOS UNIVERSITARIOS QUE HACEN
DE LA UNAM LA MÁXIMA CASA DE ESTUDIOS



Yo, tú, él, nosotros. La UNAM somos todos.
#UnGOYApapa los que construyen y cuidan
día a día a la Universidad.