



INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM

## ENERO Primeros tiempos

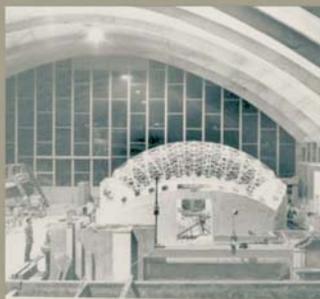
Desde su inicio, el Instituto de Ingeniería participó en el desarrollo de la tecnología y el conocimiento para la construcción de obras de infraestructura en México.



Entre sus más importantes promotores estuvieron los ingenieros



Nabor Carrillo Flores,  
Fernando Hiriart Balderrama,  
Javier Barros Sierra y  
Bernardo Quintana Arrijo.



### Editorial

En marzo, un grupo asesor externo —integrado por John Lund, presidente de la Asociación Internacional en Geotermia; Francis de Winter, expresidente de la Sociedad Internacional de Energía Solar, y Julián Blanco, jefe de la Unidad de Aplicaciones Medioambientales de la Energía Solar y Caracterizaciones de la Radiación Solar de la Plataforma Solar de Almería, España— presentó un informe de evaluación del Proyecto IMPULSA, *Desalación de Agua de Mar con Energías Renovables*, a Rectoría y a la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM. Este proyecto es coordinado por el Instituto de Ingeniería y cuenta con la participación de investigadores y estudiantes de los institutos de: Ciencias de Mar y Limnología, Geofísica, Investigaciones en Materiales, Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, e Investigaciones Jurídicas, además de los centros de Ciencias de la Atmósfera y de Energía, así como de estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

En el informe, los evaluadores hicieron énfasis en la urgencia y alta prioridad nacional e internacional que el tema de desalación con energías renovables representa. El informe de evaluación consta de cuatro apartados: Resumen de actividades realizadas a marzo de 2006, Avances, Plan de actividades y Recomendaciones.

### Índice

• Editorial	1	• Forjadores del Instituto de Ingeniería UNAM	17
• Reconocimientos	3	• Actividades académicas	18
• Profesor visitante	3	• Tesis graduadas	22
• Impacto de proyectos	4	• Avisos	24

Entre los avances alcanzados por las diferentes entidades universitarias participantes en este proyecto, destacan los siguientes:

- Formación y consolidación de un grupo básico multidisciplinario de la UNAM, coordinado por el II
- Estudio y modelado de todos los procesos tradicionales de desalación
- Identificación preliminar del potencial de fuentes tradicionales (sol y viento)
- Prospección de fuentes menos conocidas (mareas, corrientes marinas y ventilas hidrotermales del lecho marino en el Mar de Cortés)
- Inicio de trabajo de campo para la caracterización y cuantificación de manantiales de aguas de mar caliente en las costas de la península de Baja California
- Investigación sobre membranas a base de zeolitas
- Cartografía e información básica sobre el golfo de California
- Inicio del estudio de fallas geológicas costeras con emanaciones de agua caliente
- Diseño y construcción de una pequeña planta desaladora con celdas fotovoltaicas
- Detección de problemas y soluciones relacionadas con legislación y normatividad.

La evaluación concluye con el siguiente texto: «Estamos convencidos de que el despegue y realización de este importante proyecto de aplicación práctica arrastrará una gran cantidad de investigaciones básicas que servirán para consolidar infraestructura y para darle un mayor valor científico y técnico a lo que se desarrolla en desalación con energías renovables».

Para el próximo año, se ha planteado continuar con las acciones arriba señaladas y, entre otras adicionales, iniciar el equipamiento del Laboratorio Universitario sobre Desalación, que estará en el Instituto de Ingeniería, así como definir dos plantas piloto de desalación, una utilizando energía eólica para aguas salobres y otra usando energía termosolar.

Por otro lado, como parte de los festejos del 50 Aniversario del II UNAM, *Gaceta II* ha presentado artículos de divulgación sobre varios de los proyectos más relevantes del Instituto. La temática va siguiendo las áreas presentadas mes a mes en la Agenda 2006 de nuestro Instituto.

Así, en el mes de febrero, dedicado a la ingeniería estructural y materiales, el grupo de investigación sobre ingeniería estructural de edificaciones históricas, encabezado por Roberto Meli y Abraham Roberto Sánchez, describió los trabajos más importantes realizados dentro de los programas de rehabilitación de la Catedral de la Ciudad de México; el Templo de San Pedro y San Pablo; el Palacio de Minería y la Antigua Escuela de Medicina. La lectura de estos textos invita a la reflexión sobre la importancia y riqueza del patrimonio edificado y el papel que el II desempeña en la conservación de éste.

El mes de marzo correspondió a las investigaciones en geotecnia, coordinadas por Miguel P Romo. Se presentaron tres proyectos: Proyecto Hidroeléctrico El Cajón; Geotecnia aplicada a la conservación de monumentos, y Pruebas de carga sobre pilas de cimentación del distribuidor vial de San Antonio, en el Distrito Federal. La descripción de éstos y su vinculación con la generación de energía eléctrica, la conservación de patrimonio nacional, así como con la seguridad estructural en vías de comunicación, nos habla de los beneficios sociales que ofrece el quehacer del Instituto.

En este número, toca el turno a las áreas de ingeniería sísmológica e instrumentación sísmica, coordinadas por Jorge Aguirre y Leonardo Alcántara, quienes presentan una serie de importantes proyectos: Simulación numérica de la propagación de ondas elásticas en medio inhomogéneos fracturados, Red sismotelemétrica SISMEEX, Zonificación sísmica del estado de Tlaxcala y microzonificación de su ciudad capital, Sismicidad en el campo geotérmico de Los Humeros, Puebla-México: Análisis de su distribución, su relación con los pozos inyectoros, productores y la tectónica local, Caracterización de la fuente de sismos de subducción mexicanos a partir de los espectros de fuente de aceleración para la predicción de movimientos fuertes, Red acelerográfica de campo libre, Instrumentación sísmica en el puente Impulsora e Instrumentación sísmica de un relleno sanitario de la ciudad de México.

Siendo México un país con alto riesgo sísmico, es decir donde ocurren sismos fuertes y existen grandes asentamientos humanos y obras de infraestructura vulnerables a ellos, estos temas de investigación y desarrollo son relevantes.



También, como parte de los festejos del Instituto, durante este mes se distribuirán los tres primeros carteles conmemorativos. La portada de esta Gaceta incluye el cartel de enero. La colección estará integrada por doce carteles. Los interesados en obtenerlos, pueden solicitarlos en la Secretaría de Promoción y Comunicación.

Los temas de las gacetas subsecuentes serán, conforme a nuestra agenda de escritorio: en mayo, ingeniería de transporte; junio, ingeniería ambiental; julio, mecánica de fluidos; agosto, ingeniería de sistemas; septiembre, ingeniería eléctrica y computación; octubre, ingeniería mecánica y energía; noviembre, instrumentación.

Es importante que nuestros lectores, internos y externos, conozcan la enorme riqueza y creatividad del personal académico del Instituto, especialmente a través de la muy amplia gama de proyectos de gran impacto que lleva a cabo. Por ello, les exhorto a seguir realizando este esfuerzo de divulgación a través de *Gaceta II*.

Sergio M Alcocer Martínez de Castro

## Reconocimientos

El 17 de marzo, Gisela Morales Ibarria recibió la distinción para la mejor tesis de maestría que otorga la Universidad Autónoma de Querétaro, por su trabajo *Caracterización geoestadística del subsuelo en un predio ubicado en Corregidora, Qro.* Esta investigación fue realizada bajo la dirección del doctor Gabriel Auvinet Guichard, de la Coordinación de Geotecnia, y efectuada en el laboratorio de Geoinformática del II UNAM, durante 2004-2005.

La tesis recurre a métodos de geoestadística para describir la variación espacial de las propiedades de suelos expansivos en un predio ubicado en Corregidora, Qro, donde se realizaron 81 pozos de exploración. Presta particular atención al contenido de agua, al peso específico seco, al grado de saturación y al espesor del material expansivo. Con base en un análisis de correlación de las variables estudiadas con el potencial de expan-

sión del suelo, establece una zonificación del riesgo en el predio y define medidas para mitigar éste.

## Certificación en técnicas de muestreo

Diana García, Érika Cruz, Alma Guzmán, Raúl López y Araceli Pérez recibieron la certificación como Especialistas Líderes en Técnicas de Muestreo de Agua Subterránea Contaminada con Hidrocarburos, con base en los lineamientos establecidos en el documento EPPe002 que corresponde al esquema de certificación en específico, elaborado por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, AC, en colaboración con la doctora Susana Saval y con el apoyo de Lorena Vilchis.

Los jóvenes mencionados trabajan bajo la dirección de la doctora Susana Saval Bohórquez, quien tiene vasta experiencia en la formación de recursos humanos del más alto nivel especializados en el área de caracterización y biorremediación de suelos y acuíferos; ella ha impulsado la mejora continua en el desarrollo de competencias técnicas calificadas y certificables de conformidad con documentos normativos o, en su ausencia, con especificaciones aplicables internacionalmente.

## Profesor Visitante

Del 14 al 23 de marzo el doctor Aldo Sottolichio, del Grupo METHYS (Modelación, Experimentación y Teledetección en Hidrodinámica Sedimentaria) del CNRS-Universidad de Burdeos, Francia, visitó al Instituto de Ingeniería e intercambió experiencias con el doctor Paulo Salles y el Grupo de Ingeniería de Costas y Puertos (GICP), de la Coordinación de Hidráulica.

Los objetivos de la visita fueron presentar dos conferencias, concretar un acercamiento entre ambos grupos y realizar reuniones de trabajo con el fin de preparar un posible proyecto conjunto de investigación.

El miércoles 15, en la ponencia *Hidrodinámica sedimentaria costera: Estudios del Equipo METHYS de la Universidad de Burdeos en la Franja Litoral Atlántica Europea*, el doctor Sottolichio expuso los proyectos recientes y en curso del grupo METHYS, destacando sus estudios de dinámica litoral y estuarina.



La costa atlántica de Francia es muy energética tanto por el oleaje gravitatorio que en ella incide, como por la marea, cuya carrera es de más de 5 m en aguas vivas, además presenta una importante disponibilidad de sedimento. Por lo anterior, sus sistemas playeros son muy dinámicos y presentan varios retos interesantes que han motivado el establecimiento de un buen laboratorio de estudio para físicos e ingenieros costeros. Así el grupo METHYS ha realizado varios proyectos de investigación para comprender la interacción entre el clima marítimo, la costa arenosa, y los estuarios y lagunas existentes, con el fin último de optimizar su aprovechamiento, sea éste para minería, acuicultura o recreo.

Aldo Sottolichio también visitó las instalaciones del Grupo de Ingeniería de Costas y Puertos (GICP) del Instituto de Ingeniería, especialmente el Laboratorio de Oleaje y la sección de equipos de campo, donde se discutieron experimentos recientes y en curso.

En su segunda conferencia, sobre *Dinámica sedimentaria en un estuario macromareal europeo*, el doctor Sottolichio explicó un proyecto de investigación cuyo objetivo fue determinar la dinámica del sedimento que a lo largo de los siglos se ha acumulado en el estuario de La Gironda, como resultado de la erosión de la cuenca. Presentó las mediciones realizadas (niveles de la superficie libre, gastos del río, flujos a través de la desembocadura, turbidez en varios puntos del estuario), el análisis de las mismas, y una explicación del comportamiento de los sedimentos en el sistema, lo cual es de gran importancia para las políticas de extracción de agua para riego, así como para las actividades de acuicultura (ostión y almeja).

El doctor Sottolichio presenció la exposición y discusión de proyectos de investigación de los miembros del GICP, integrado por investigadores, postdoctorado y estudiantes de doctorado y maestría.

Por otra parte, se organizaron reuniones de trabajo sobre posibles participaciones conjuntas, donde se exploraron los siguientes temas:

Evolución morfológica de playas, en particular de barras sumergidas, y sus implicaciones en la estabilidad general de la playa. El grupo METHYS cultiva este tema desde un punto de vista numérico y experimental, y el GICP está empezando a trabajar en él desde un punto

de vista teórico y conceptual, que es el tema de tesis de una de sus integrantes, estudiante de doctorado, que explora la posibilidad de profundizarlo durante una estancia en Burdeos.

Estabilidad de bocas en lagunas costeras. El grupo METHYS trabaja en la hidrodinámica y morfodinámica de la laguna Arcachon, al sureste de Burdeos, con mediciones en campo y modelación, para conocer su funcionamiento y aplicarlo a la solución de problemas de calidad del agua y pesquería. Por otro lado, el GICP ha trabajado en la caracterización hidromorfológica de la laguna de Términos, igualmente con trabajo de campo y modelación. Dadas las diferencias de los agentes externos en ambos sistemas (marea, oleaje, viento) se identificarán los procesos principales en el funcionamiento de dichos cuerpos de agua costeros.

Corrientes de densidad y lodos fluidos en estuarios. La experiencia del GICP en la modelación de transporte de sedimentos podrá ser de utilidad para el grupo METHYS en cuanto al refinamiento de la modelación de la dinámica de sedimentos finos cerca del fondo.

La visita del doctor Sottolichio al Instituto de Ingeniería corresponde a la primera etapa de intercambio entre ambos grupos. Se pretende continuar el intercambio con una visita del doctor Salles a Burdeos.

## **Impacto de Proyectos**

### **Coordinación de Ingeniería Sismológica**

La ingeniería sismológica emplea métodos teóricos y experimentales para la mejor comprensión y caracterización de los movimientos del terreno durante temblores fuertes. Esta disciplina tiene raíces en la ingeniería sísmica y la sismología. Fue iniciada hace más de 50 años por ingenieros que desarrollaron los primeros acelerógrafos para registrar movimientos fuertes de la tierra y estructuras civiles. El estudio estadístico de estos registros permitió establecer criterios pioneros en el diseño sísmico, algunos de los cuales aún son válidos. En los últimos años, este planteamiento empírico se ha enriquecido con los avances en la comprensión de los mecanismos de ruptura y propagación de las ondas sísmicas en la tierra.



La Coordinación de Ingeniería Sismológica fue creada el 31 de mayo de 1994, reuniendo a investigadores especializados tanto en la observación, análisis y modelado de terremotos, como en la evaluación de riesgo sísmico. Su objetivo general es la reducción del peligro sísmico.

Las líneas de investigación que se cultivan en ella son: a) Análisis de registros sísmicos, b) Monitoreo sísmico, registro y análisis de sismicidad, c) Estudio de vibración ambiental para diversas aplicaciones, d) Análisis y modelado de los fenómenos dinámicos asociados con las fuentes sísmicas, e) Desarrollo de métodos numéricos para el modelado de la propagación de ondas en diversos tipos de medios, f) Desarrollo de leyes de atenuación, g) Estudios de vulnerabilidad y peligrosidad sísmicas, h) Operación de la red SISMEM.

Si bien el trabajo realizado en esta coordinación puede tener un impacto práctico (como sucede con muchos de nuestros proyectos), el área de sismología también abarca aspectos científicos pues trabaja temas muy relacionados con problemas fundamentales cuyo impacto se encuentra principalmente en avances del conocimiento sin una aplicación práctica inmediata.

A continuación, se presentan algunos de los proyectos que muestran algo de los muy diversos estudios que realiza la Coordinación de Ingeniería Sismológica.

### ***Simulación numérica de la propagación de ondas elásticas en medios inhomogéneos fracturados***

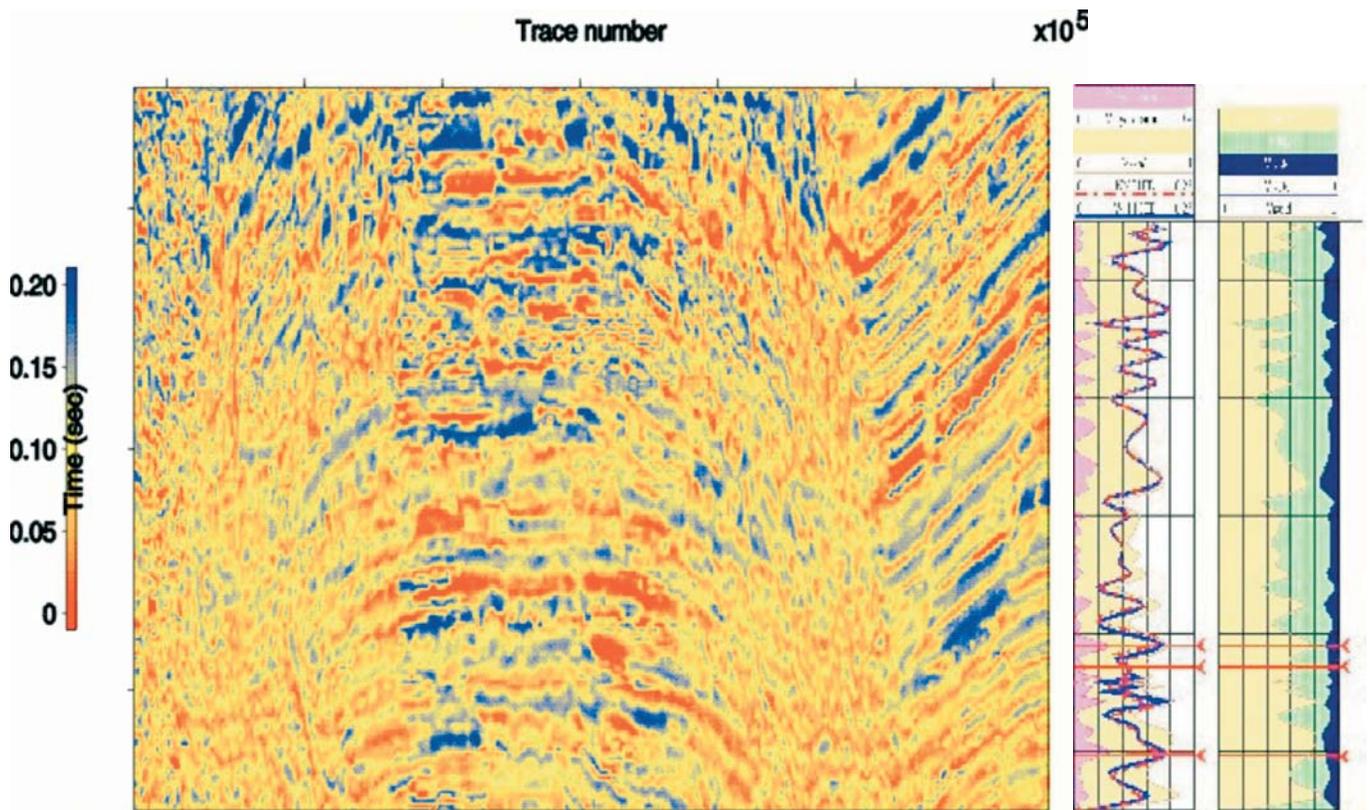
En este proyecto se trabajó en la difracción y propagación de ondas elásticas con técnicas analíticas y numéricas en medios heterogéneos y fracturados en yacimientos petroleros. Los temas centrales versaron sobre la propagación de ondas sísmicas y fueron enfocados en varias aplicaciones petroleras, usando datos y modelos regionales y locales. Se realizó la simulación sintética de registros sísmicos en varios pozos en yacimientos fracturados heterogéneos. Se procesaron datos de registros acústicos en campos de desarrollo para PEMEX.

Se cuentan ya con magníficos resultados para diversos problemas de difracción de ondas elásticas. Entre ellos, la solución para el problema de difracción por un con-

junto de grietas paralelas, la propagación en diversos medios heterogéneos y una novedosa solución para la función de Green y su recuperación en un régimen de propagación difuso.

Una parte importante de las contribuciones de este subproyecto se centró en el estudio de la difracción múltiple causada por la presencia de difractores cilíndricos y grietas planas en medios homogéneos. Las simulaciones con técnicas numéricas como el IBEM o el método de diferencias finitas (FDM, por sus siglas en inglés) han permitido obtener resultados realistas que revelan la complejidad del fenómeno de difracción en medios heterogéneos y fracturados. Además, en este periodo exploramos la aplicación del método indirecto de elementos de frontera (IBEM), del método de solución directa (DSM) y de las diferencias finitas con mallas triangulares, para el análisis y modelado de la propagación de ondas en medios con grietas en 2 y 3 dimensiones de formas arbitrarias e inclusiones líquidas o fluidas. En esta parte de simulación numérica conseguimos desarrollar programas de cómputo que permiten conocer mejor qué fenómenos se producen en la vecindad de un pozo fluido. Sin embargo, el interés final es poder calcular las propiedades petrofísicas que provienen de la información de los registros de pozo, a fin de extenderlas a volúmenes usando información sísmica. Para conseguir este objetivo se han empleado redes neuronales artificiales y técnicas de minería de datos con las que se logran mejores resultados. En la fig 1 se muestra una sección de porosidad efectiva calculada usando información sísmica y registros convencionales de pozo.

Por otro lado, se logró rederivar la solución para el cálculo de la difracción y dispersión de ondas elásticas por una obstrucción esférica. Se presentó un catálogo para los coeficientes en las expansiones de las series de las ondas difractadas. La solución clásica consiste en una superposición de los campos incidente y difractado. Se asumen ondas planas P y S. Éstas se expresan como expansiones de funciones de onda esféricas, las cuales fueron probadas contra resultados exactos. El campo difractado se calcula a partir de la imposición analítica de condiciones de frontera en la interfase matriz-difrador. La obstrucción puede ser una cavidad, una inclusión elástica o una esfera fluida. Se calcularon conjuntos completos de funciones de onda en términos



**Fig 1** A la derecha, litología correspondiente al pozo incluido en la sección. La porosidad estimada usando las redes neuronales (línea roja punteada) es muy buena pues sigue la curva azul que es la porosidad mediada en el pozo. La tendencia de volumen de arena corresponde a las tendencias de porosidad. El volumen de hidrocarburo es mayor en las zonas de porosidad alta y las arenas productoras (marcadas en rojo) tienen porosidades altas; las estimaciones son muy buenas ahí también

de funciones radiales esféricas de Bessel y de Hankel. Para las coordenadas angulares se utilizaron polinomios de Legendre y funciones trigonométricas. Se obtuvieron resultados en el dominio del tiempo y la frecuencia. Reportamos espectros de amplitudes del desplazamiento contra la frecuencia normalizada y patrones de radiación en frecuencias bajas, medias y altas. Se calcularon sismogramas sintéticos para algunos casos relevantes.

Dentro de este proyecto, durante el pasado septiembre se llevó a cabo con éxito un ciclo de conferencias y un taller sobre el estado del arte en propagación de ondas elásticas en medios heterogéneos fracturados, en los que se mostraron nuevos resultados y perspectivas para yacimientos petroleros.

En los últimos dos años, y como producto de este proyecto, se presentaron varios trabajos en congresos nacionales e internacionales; entre otros, el congreso anual de la Sociedad de Geofísicos de Exploración (SEG) y la Unión Geofísica Americana (AGU). Por otro lado, este proyecto contribuyó a la formación de recursos humanos en esta área, apoyando la titulación de dos estudiantes de doctorado, dos de maestría y uno de licenciatura. Un tema central sobre el que se lograron publicar varios artículos internacionales en este periodo fue la aplicación y desarrollo del Método indirecto de elementos de frontera (IBEM), método numérico que ha demostrado su exactitud y versatilidad en la formulación y solución de problemas de propagación de ondas elásticas en medios heterogéneos.



## **SISMEX**

La red sismotelemétrica SISMEX monitorea continuamente la sismicidad de la cuenca de México y su entorno desde hace ya casi 33 años. Estaciones sismológicas con sensores de periodo corto,  $T_0 = 1.0$  s, transmisión FM/FM y registro en papel y tinta constituyeron la red que funcionó hasta mediados de 2005. El número de estaciones sismológicas ha sido variable a través de los años y ahora se cuenta con siete sitios de registro y el Puesto Central de Registro, localizado en el Instituto de Ingeniería, dentro del campus universitario.

Desde 1994 la señal ha sido digitalizada y actualmente se dispone no sólo del registro digital eventual de cada sismo identificado sino también del registro continuo de cada estación, lo cual se logra mediante el sistema de adquisición de datos SEISLOG.

Tres señales generadas en sendos sitios de medición son compartidas en tiempo real con la Red del Valle de México, operada por el Instituto de Geofísica de la UNAM, y la señal de la estación IIS, localizada en el flanco nororiental del Citlaltepetl es tomada directamente del aire por CENAPRED.

Actualmente está en prueba el prototipo de estación sismológica propuesta para el futuro cercano de SISMEX, de alta calidad y bajo costo, en la cual la información se transmite vía internet y sigue siendo SEISLOG quien controla el proceso.

### **Zonificación sísmica del estado de Tlaxcala y microzonificación de su ciudad capital**

Para realizar un análisis sismotectónico regional del estado de Tlaxcala, se han recopilado 45 sismos ocurridos entre 1984 y 2004 ( $M_d < 4.0$ ). De esta sismicidad, casi el 70 % está asociada con la actividad del Graben de Puebla. Con las características sismotectónicas, se elaboró una zonificación sísmica que consta de: una zona de mayor sismicidad (I), una de media (II) y otra de menor sismicidad (III). La Zona I, de mayor peligrosidad, abarca las ciudades con mayor densidad poblacional que son Tlaxcala, Santa Ana Chiautempan, Contla y Apizaco (fig 2). Asimismo, se realizó una esti-

mación experimental de los efectos de sitio (ES) para la ciudad de Tlaxcala, utilizando registros de microtemores en 69 puntos, mediante la técnica de Nakamura. Los resultados obtenidos fueron validados aplicando el método unidimensional. La distribución de los periodos dominantes ( $T_0$ ) ha permitido realizar su microzonificación sísmica, en la que se ha identificado la presencia de tres microzonas: la microzona I con  $T_0$  entre 0.3 y 0.8 s, la microzona II, con  $T_0$  entre 0.1 y 0.3 s y la microzona III sin efectos de sitio. La microzona II presenta mayor vulnerabilidad por la posibilidad de que coincidan los modos de vibrar del suelo con los de las edificaciones (fig 3).

Otras líneas que desde su origen trabaja esta Coordinación es la relacionada con la sismicidad inducida en presas hidroeléctricas. Este tipo de estudios, se han continuado y en el presente abarcan no sólo presas hidroeléctricas sino campos geotérmicos, como son los casos de Los Azufres, Mich; Tres Vírgenes, BCS, y Los Humeros, Pue. Como ejemplo de este tipo de estudios se presenta a continuación el estudio de la sismicidad inducida en el campo geotérmico de Los Humeros.

### **Sismicidad en el campo geotérmico de los Humeros, Puebla – Mexico: análisis de su distribución, su relación con los pozos inyectoros, productores y la tectónica local**

Este estudio analiza la distribución en superficie y en profundidad de 93 sismos ocurridos en el campo geotérmico de Los Humeros, Pue, durante el periodo 1997-2004, y una estadística del número de sismos registrados por dos estaciones de la red permanente, con la cantidad de inyección y producción de vapor de agua. Su distribución en superficie y en profundidad presenta una mayor actividad sísmica en la zona norte, alrededor del pozo inyector I29 y los pozos de mayor producción (fig 4). La estadística, muestra una relación entre el número de sismos registrados por mes, en la estación S05, y el pozo inyector I29; es decir, cuando la cantidad de agua inyectada disminuye, la sismicidad disminuye (fig 5). Estos resultados permiten sugerir que la actividad sísmica en el campo geotérmico de Los Humeros es de tipo *inducido*.

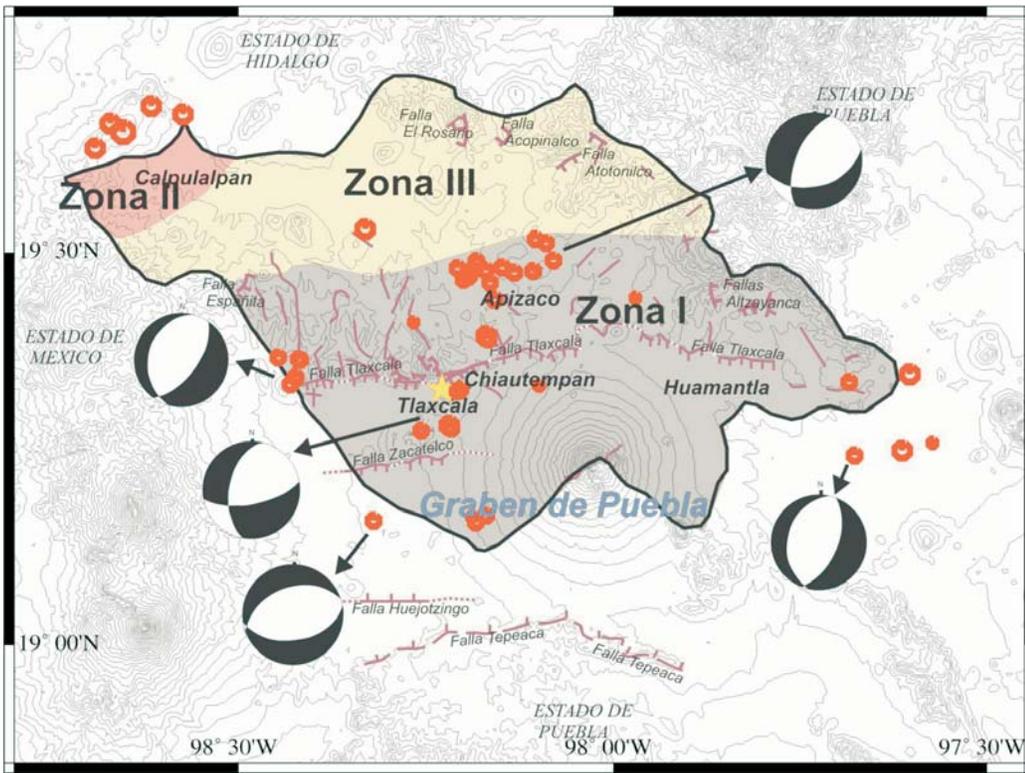


Fig 2

Mapa de zonificación sísmica para el estado de Tlaxcala en función de la distribución de los sismos (círculos) y las características sismotectónicas locales (líneas continuas). La estrella indica la ubicación de la capital del estado. Las flechas indican los mecanismos focales simples y compuestos (Bernal, 2006)

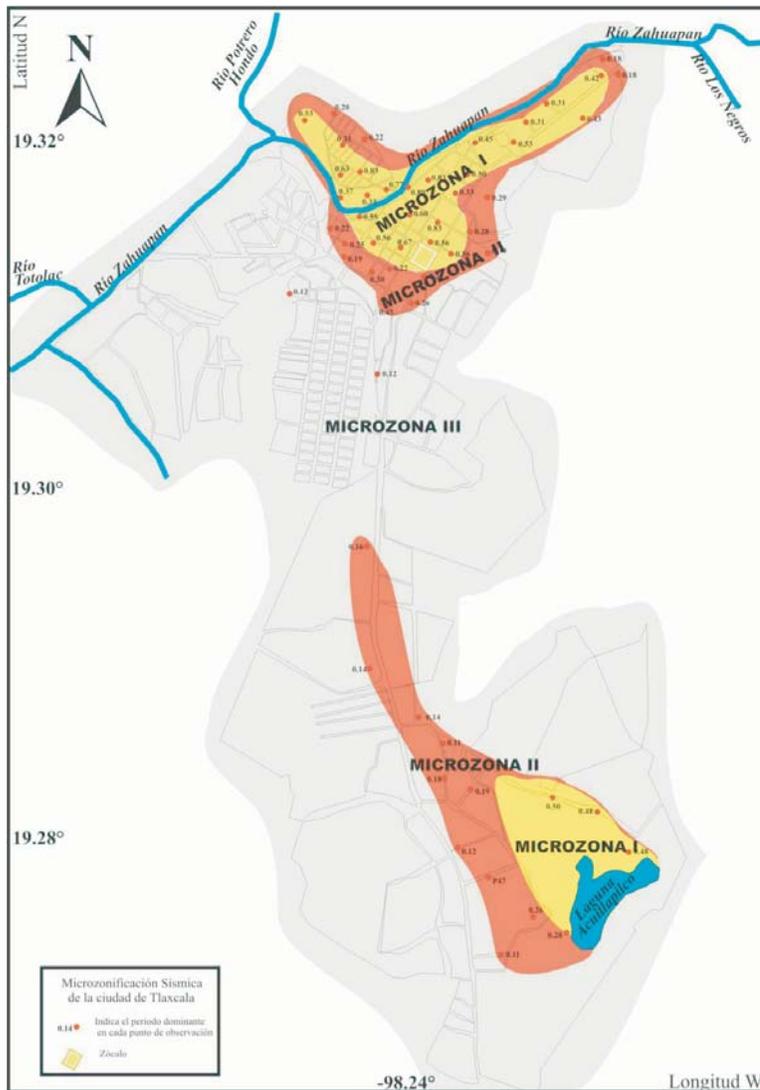


Fig 3.

Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala



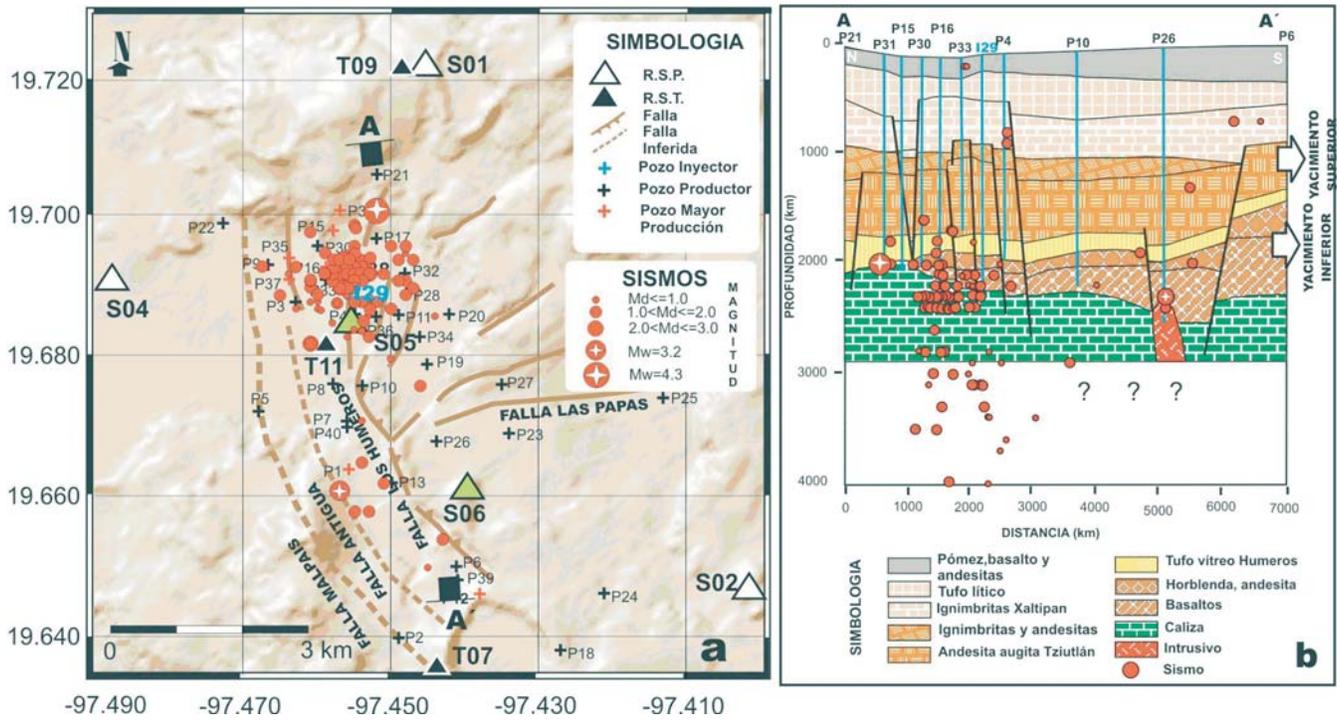


Fig 4. a) Distribución en superficie de la sismicidad registrada en el campo geotérmico de Los Humeros, México  
 b) Perfil estratigráfico y sísmico A-A'

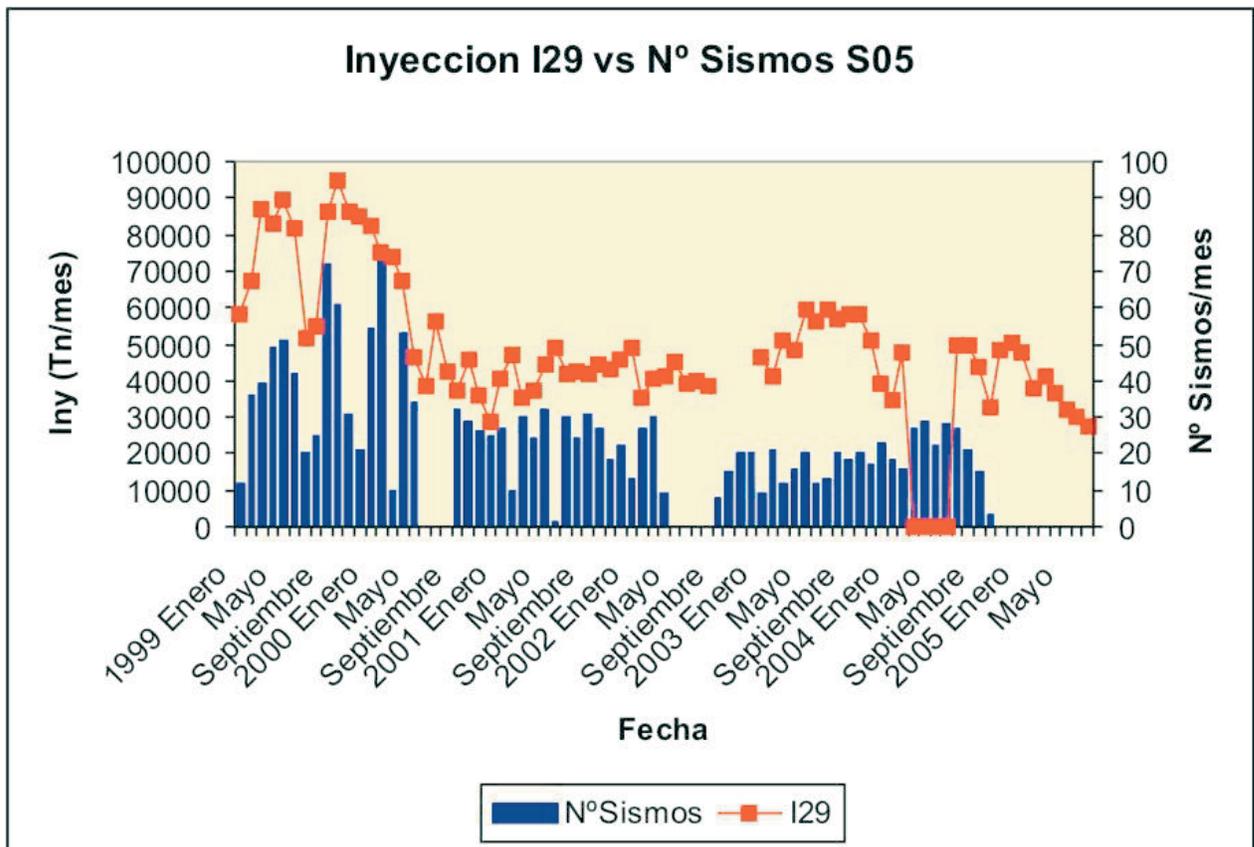


Fig 5. Gráfica con el número de sismos por mes en la estación S05 y su relación con la cantidad de agua inyectada en el pozo I29

**Caracterización de la fuente de sismos de subducción mexicanos a partir de los espectros de fuente de aceleración para la predicción de movimientos fuertes**

La simulación de grandes sismos requiere construir modelos de fuente que consisten en parámetros externos a la falla (como mecanismo focal, área total de ruptura, etc) y parámetros internos (como tamaño, número y posición de las asperezas). Los parámetros externos son estimados por medio de relaciones de escala convencionales entre el momento sísmico y el área total de ruptura. Los parámetros internos son estimados a través de los resultados de inversiones de forma de onda usando datos de movimientos fuertes.

Una nueva alternativa para caracterizar el tamaño y la caída de esfuerzos de las asperezas en el modelado de

fuentes sísmicas es a través de las relaciones entre el nivel del espectro de fuente de aceleración y el momento sísmico. Por ello, en este proyecto para caracterizar las fuentes de sismos de subducción mexicanos, se usaron registros de la red acelerográfica de Guerrero de sismos ocurridos durante los últimos 20 años. Los resultados condujeron a las relaciones apropiadas para avanzar en la determinación de las características internas de los sismos de subducción mexicanos.

Estas relaciones son muy útiles para determinar modelos de fuente usados en la simulación de escenarios sísmicos de sismos que se espera ocurran en el futuro. De hecho, estas relaciones ya han sido usadas para construir el modelo de fuente del gap de Guerrero, usado en la simulación de acelerogramas sintéticos para el proyecto hidroeléctrico de La Parota.



Fig 6 a) Localización epicentral de los sismos analizados



## Ao & Mo (ns)

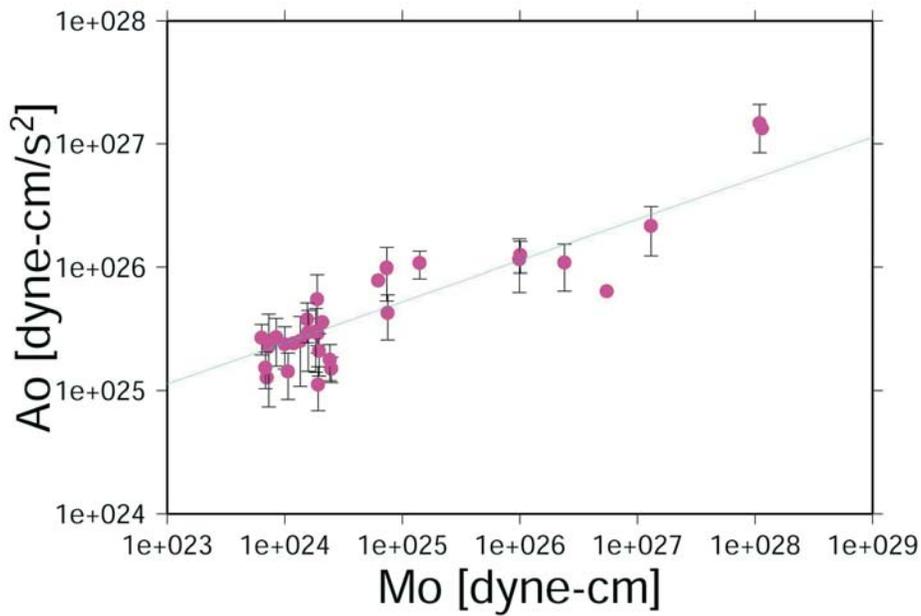


Fig 6 b)

Relaciones entre el nivel plano del espectro de Fourier de aceleración de la fuente y el momento sísmico de sismos de subducción mexicanos

## Area & Mo (GAA) <ns>

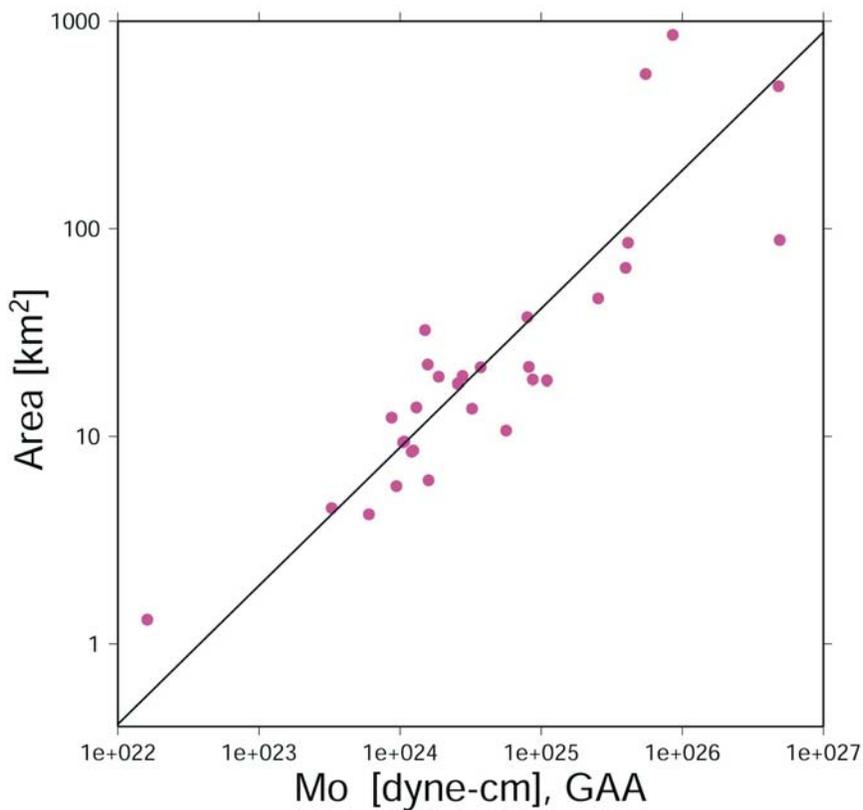


Fig 6 c)

Relaciones entre el área de la aspereza mas grande y el momento sísmico



## **Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica**

En la Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica se están desarrollando, entre otros proyectos: los de la Red acelerográfica de campo libre, la Instrumentación sísmica en el puente Impulsora y la instrumentación sísmica de un relleno sanitario en la ciudad de México.

### Antecedentes

Con el propósito de ampliar los conocimientos para prevenir los efectos de los sismos en estructuras y en seres humanos, se desarrolló un arreglo instrumental con acelerógrafos digitales a lo largo de la costa del océano Pacífico y en ciudades del interior de la República Mexicana. Con esta instrumentación se ha estudiado la propagación de las ondas sísmicas, la amplificación de los movimientos, los efectos en la fuente y los efectos locales.

Se eligió la costa del Pacífico mexicano porque está clasificada como un territorio donde se han logrado establecer diferentes zonas como fuente potencial de generación de temblores de gran intensidad, debido al contacto entre las placas de Cocos y Norteamérica. La determinación de estas zonas está basada en el estudio y registro instrumental de sismos recientes, así como en la recopilación y análisis de temblores históricos.

En el caso de los sismos que ocurren en el interior del continente, debemos considerar la cercanía a grandes concentraciones de población que pudieran resultar afectadas.

De esta manera, a principios de 1985 quedó instalada la Red Acelerográfica de Guerrero constituida inicialmente por 30 equipos digitales. Sin embargo, esta infraestructura no cubría completamente la zona de subducción mexicana que se extiende desde el noroeste en las costas de los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit, pasando por el centro hasta el sureste, en los estados de Chiapas, Veracruz y Tabasco. El crecimiento de la red a lo largo de los últimos 20 años, a partir del establecimiento de la Red Acelerográfica de Guerrero, ha sido bastante lento y por tanto algunos equipos estaban al término de su vida útil o no

contaban ya con la tecnología de registro más reciente, por lo que fue necesaria su actualización en algunos casos y, en otros, la sustitución total.

Algunos de los beneficios de la Red Acelerográfica de Guerrero son:

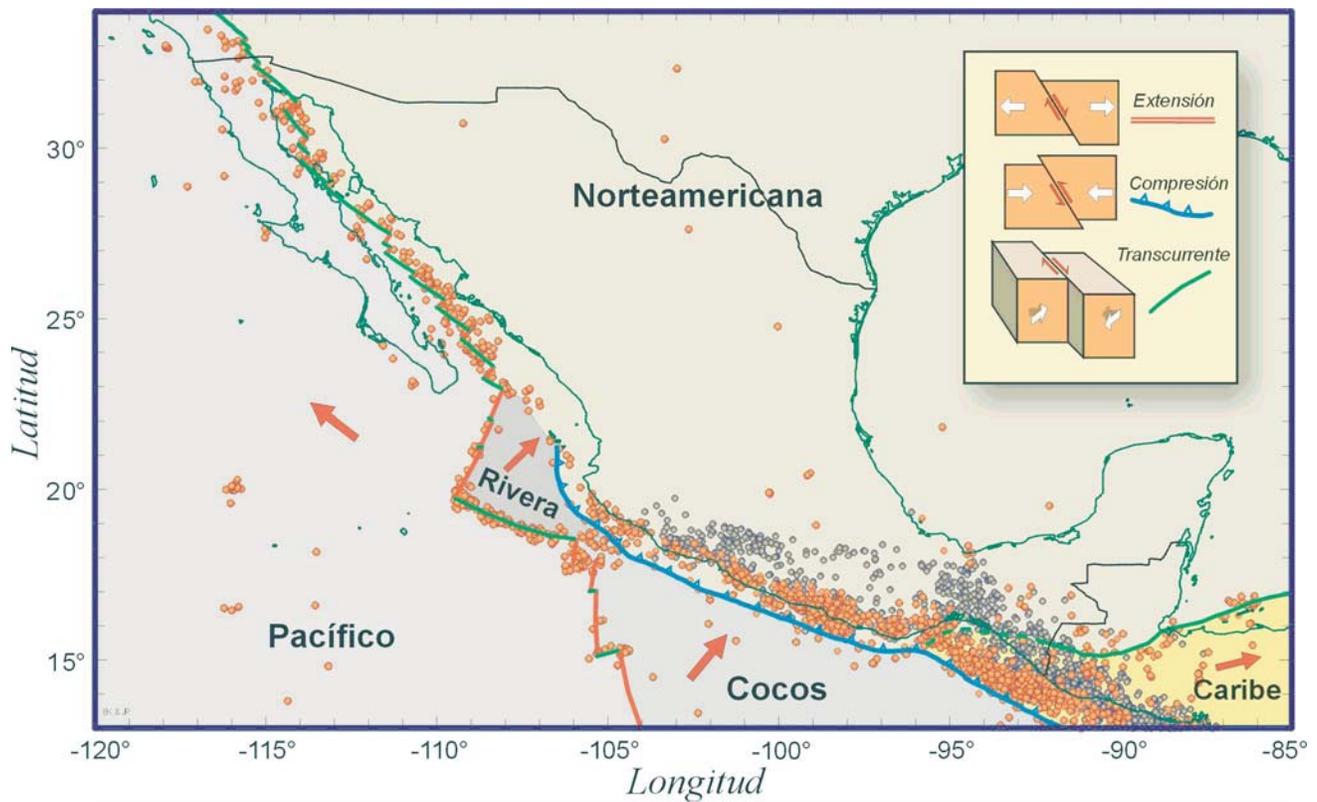
- Proporcionar datos de calidad para el desarrollo de modelos de comportamiento de suelos o para evaluar modelos teóricos y establecer escenarios de desastre por sismo
- Determinar la magnitud de los movimientos en diferentes regiones y especialmente en aquellas poblaciones y ciudades con mayor peligro sísmico
- Mejorar la respuesta ante las emergencias por sismos, captando información en tiempo real de la magnitud y localización del epicentro, con objeto de proporcionarla a las autoridades correspondientes para la toma de acciones
- Mitigar el riesgo sísmico, a través de una mayor cantidad de datos registrados y una mejor calidad de la información
- Mejorar cuantitativa y cualitativamente los mapas de daños potenciales y riesgo sísmico del país.

El Instituto de Ingeniería considera dentro de sus líneas de investigación el estudio del fenómeno sísmico, por lo que en julio de 2004 inició los trabajos de ampliación y modernización de la Red Acelerográfica de Campo Libre.

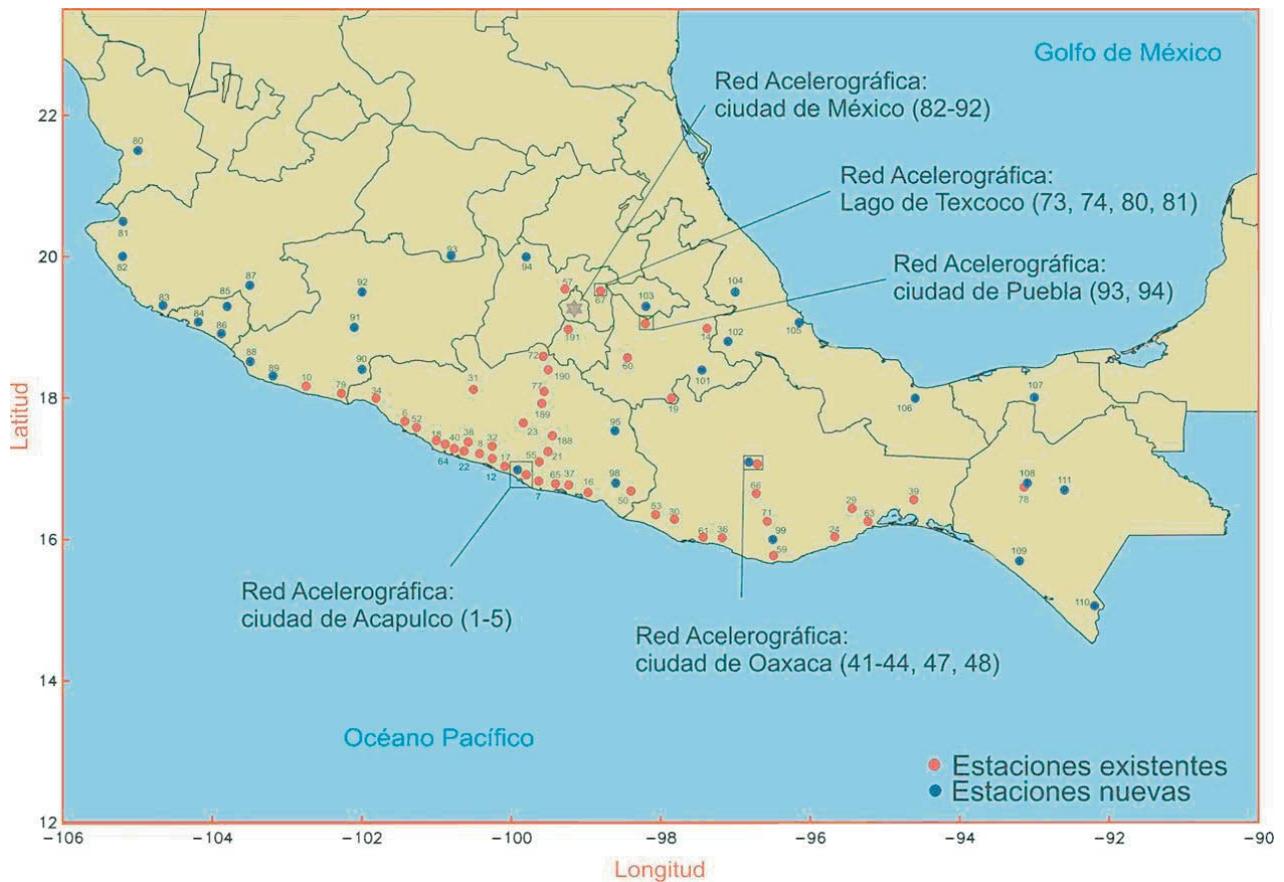
La ampliación de esta Red contempla la instalación de 35 nuevas estaciones de registro equipadas con acelerógrafos digitales de última generación distribuidos de la siguiente manera:

- En la zona del Pacífico, la cobertura se prolonga desde Caleta de Campos en Michoacán, hasta la ciudad de Tepic con ocho estaciones y arreglos hacia las ciudades de Colima y Ciudad Guzmán, con una estación y tres más en el trayecto Lázaro Cárdenas-Uruapan
- En Guerrero se instalarán cinco estaciones, tres en la ciudad de Acapulco, una en Ometepec y otra en la localidad vecina a Tlapa de Comonfort
- En Oaxaca se añadirán tres estaciones en dirección perpendicular a la costa partiendo de Puerto Ángel
- En Chiapas se instalarán cuatro estaciones, dos en el interior y dos en la parte costera
- En poblaciones distantes a la zona de subducción pero que pueden verse afectadas por temblores profundos de gran importancia, se ubicarán nueve estaciones más.





Distribución de las placas tectónicas y la actividad sísmica asociada con ellas



Distribución actual de la Red Acelerográfica de Campo Libre



Los avances del proyecto de ampliación a la fecha son los siguientes:

- Selección de sitios (100 %), de julio a noviembre de 2004
- Construcción de estaciones (100 %), de abril de 2005 a marzo de 2006
- Instrumentación y puesta en marcha. A la fecha se han instalado 28 instrumentos lo que representa el 80 %. Se pretende completar el proyecto a finales de abril de 2006.

Con esta ampliación, el número de estaciones de registro sísmico de campo libre asciende a 98 y se tiene cobertura en el noroeste en los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit, así como en el centro, y próximamente en Veracruz, Tabasco y Chiapas.

Los resultados principales de la Red Acelerográfica de Campo Libre son un crecimiento importante a lo largo de poco más de 20 años de registro, el cual ha permitido recopilar una amplia colección de registros de temblores en diferentes zonas del territorio mexicano. Gracias a los registros obtenidos, se han logrado establecer zonas de alto potencial sísmico, así como zonas de alto riesgo sísmico. El acervo de registros digitales de tres componentes se ha estandarizado en su formato de presentación para facilitar el manejo de los datos, los cuales se han usado principalmente para estudios de propagación, atenuación y amplificación de las ondas sísmicas, respuesta del subsuelo, zonificación, riesgo sísmico y respuesta dinámica de estructuras.

### ***Instrumentación sísmica en el Puente Impulsora***

Para monitorear el comportamiento sísmico y ampliar el estudio del puente Impulsora, se colocó una red de instrumentos que ayudará a comprender el desempeño de la superestructura.

Se eligió este puente de la línea B del Metro por ser representativo del tipo empleado en la obra del Metro, además de convenir los tiempos de construcción y avance de obra para realizar la instrumentación. En la elección también influyó la posibilidad de contar con la memoria de cálculo completa de la estructura. El monitoreo de estas estructuras ante sismos es de vital importancia para comprender el comportamiento de otros puentes similares.

La instrumentación de este proyecto permitirá conocer el comportamiento de la superestructura cuando ocurran sismos. Estos registros darán pauta a un mejor conocimiento de estas estructuras ante movimientos sísmicos, lo que es importante ya que no se cuenta con información previa de este tipo de estructuras. La instrumentación permite mejorar los diseños de este tipo de puentes, con el correspondiente impacto en la funcionalidad urbana.

La red de instrumentos instalada permite medir aceleración, desplazamiento y micro-deformaciones en puntos determinados del puente. Para la aceleración, se ubicaron dos puntos en la parte superior del puente, uno en la base y dos más en campo libre, de los cuales uno de ellos se encuentra en un pozo a 60 metros de profundidad. Cada uno de estos puntos de medición determina la aceleración en tres direcciones ortogonales y el registro de las señales se hace en tres registradores acelerográficos de alta resolución. Se ubicaron también cuatro medidores de desplazamiento en las uniones entre traveses de apoyo y traveses centrales. Los deformímetros, 45 en total, se adosaron en el acero que constituye dos de las uniones trabe-columna del lado este del puente. Los deformímetros y medidores de desplazamiento se registran en un adquisidor de 53 canales. El sistema en su conjunto está interconectado y el registro se activa por umbral, de tal manera que cuando el movimiento rebasa un valor determinado de aceleración, se activa el almacenamiento de los datos. Los registradores acelerográficos cuentan con memoria de pre-evento y post-evento, lo que permite un registro más completo del movimiento durante la ocurrencia de un sismo. El sistema se puede interrogar por vía telefónica.

La instrumentación en el puente Impulsora ha registrado sismos importantes que permiten estudiar su comportamiento ante sollicitaciones sísmicas. Se han ajustado los parámetros de activación para registrar sólo sismos, dada la intensa actividad que se registra en este tipo de puentes, por el paso de vehículos pesados y transporte urbano, además del tránsito propio de la estación del Metro ubicada en el mismo puente. La instrumentación de la superestructura permitirá complementar los estudios previos, hechos sobre la cimentación instrumentada del puente.





Puente Impulsora



Trabes instrumentadas



Instrumentos de medición

### ***Instrumentación sísmica de un relleno sanitario en la ciudad de México***

La ciudad de México genera diariamente una cantidad importante de desechos sólidos. El sitio de disposición final de residuos sólidos Bordo Poniente está llegando

al final de su vida útil, de acuerdo con su concepción original, aunque existe la necesidad de continuar depositando nuevos residuos sobre las plataformas y pilas de desechos ya existentes. Por ello, es necesario conocer de qué manera afectará el peso adicional de los



desechos, especialmente sobre las membranas existentes entre los desechos y el terreno natural del sitio, las cuales impiden la contaminación del subsuelo por los líquidos producto del escurrimiento de los residuos.

Para conocer el comportamiento de las grandes estructuras formadas por los desechos ante sollicitaciones sísmicas, se determinó medir la aceleración del terreno natural de las pilas que conforman los desechos sólidos y del subsuelo a distintas profundidades ante la ocurrencia de sismos, en una de las macroceldas constituidas por los desechos sólidos generados en la ciudad de México y depositados en el sitio de disposición final de Bordo Poniente, ubicado al nororiente de la ciudad.

La instrumentación con acelerógrafos en los depósitos de desechos permitirá conocer el comportamiento de las grandes plataformas formadas por los residuos cuando ocurra un sismo, ya que no existen estudios previos de este tipo de estructuras. Permitirá, asimismo complementar la información que se obtiene con otros estudios sobre el impacto ambiental que pueden tener las pilas de desechos; así como determinar en qué medida puede aumentar el peso de las plataformas de residuos.

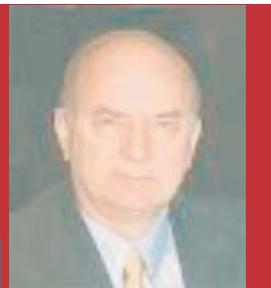
La red de acelerógrafos instalada permite medir en cinco puntos la aceleración generada por sismos, en tres direcciones ortogonales para cada punto. La información obtenida de los cinco puntos se graba en tres re-

gistradores ubicados en igual número de estaciones de registro. Dos de estas estaciones y puntos de medición están sobre las plataformas de forma piramidal compuestas por los desechos; estas dos estaciones se colocaron en los dos niveles, intermedio y superior, que constituyen la macrocelda de depósitos sólidos. La tercera estación se encuentra en campo libre alejada de los desechos y alberga los otros tres puntos de medición, uno en la superficie del terreno natural y los dos restantes a profundidades, de 40 y 100 m, en el subsuelo del sitio. Esta disposición permitirá analizar los movimientos sísmicos del subsuelo y su propagación a través de la macrocelda de desechos. Las tres estaciones se encuentran interconectadas a fin de obtener el registro simultáneo de los cinco puntos de medición. Los registradores operan de manera continua, pero sólo almacenan la información de aceleración cuando el movimiento rebasa un umbral prefijado; cuentan con memoria de pre-evento y post-evento, lo que permite un registro más completo del movimiento durante sismos.

La red se encuentra operando desde mayo de 2005 y ha proporcionado ya un primer registro sísmico con esta instrumentación. Se han ido ajustando los parámetros y valores del umbral al que se opera, para el registro óptimo de sismos. Se cuenta además con una red pionera en su tipo para el caso de las grandes estructuras que conforman los desechos sólidos.

## Roberto Meli Piralla

*Evitar daños estructurales  
principal preocupación  
de Roberto Meli*



Roberto Meli Piralla, —italiano de nacimiento, mexicano por convicción—, es uno de los investigadores más destacados en el campo de las estructuras. Ingresó a este Instituto como becario de licenciatura en 1962 y ha permanecido ligado a esta institución desde entonces. Como docente y como investigador, ha contribuido a la formación de varias generaciones de ingenieros y académicos interesados por el rescate de grandes monumentos históricos del país, como es el caso de la Catedral de la Ciudad de México.

Lejos de lo que uno pudiera imaginar, la vocación del doctor Meli no siempre estuvo bien definida, de hecho, cursó en Italia el bachillerato humanístico. Posteriormente, fue cautivado por el reto que representa el proyecto y construcción de las obras de ingeniería y decidió emprender la carrera de ingeniero civil, que cursó en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, a la que ingresó pocos meses después de haber llegado a México. En el último año de la carrera, y con el propósito de desarrollar la tesis de licenciatura, ingresó al Instituto de Ingeniería de la UNAM, como becario del doctor Roger Díaz de Cossío en el área de estructuras, atraído por el enfoque científico que se daba a la ingeniería civil.

En un principio Roberto Meli se dedicó al estudio de estructuras de concreto y después a las de mampostería, sobre todo a las relacionadas con el problema de vivienda de bajo costo, tema poco cultivado y de gran importancia desde el punto de vista económico y social para el país. Más tarde, se dedicó a los problemas de ingeniería sísmica y ha mantenido ésta como su principal línea de investigación.

A raíz del sismo de 1985, el doctor Meli enfocó gran parte de su tiempo al estudio del comportamiento sísmico de estructuras con el propósito de conocer más sobre las causas de sus daños, y participó en la elaboración de normas y reglamentos de construcción en el DF, para evitar que éstos vuelvan a suceder.

Cuando se creó el Centro Nacional de Prevención de Desastres fue llamado a integrar y dirigir el grupo de investigación de esa institución, de la que posteriormente fue director general. Desde el punto de vista de Roberto Meli los riesgos, la vulnerabilidad y las medidas para prevenir un desastre están estrechamente ligados a factores sociales y al desarrollo. Uno de los principales problemas es la falta de planeación de los asentamientos humanos, que con frecuencia se establecen en lugares carentes de una adecuada infraestructura, sin tomar en cuenta el desarrollo regional y urbano de cada zona.

Al preguntarle al doctor Meli cómo podríamos tener una adecuada planeación de los asentamientos humanos en México, respondió que éste es un problema muy grave y, desafortunadamente, no parece que estemos caminando en el sentido correcto; cada vez más se tiene una menor capacidad de ordenar. Por un lado, los planes de desarrollo urbano y regional no existen o son obsoletos; por otro, la gente no tiene interés en respetar la normativa, hay una actitud social de poca cooperación y poco respeto a las reglas y al orden que conducirían a un desarrollo más seguro, de mejor convivencia. Estos problemas son resultado en parte de un desarrollo social poco armónico; hay grandes grupos sociales que no tienen acceso a satisfactores, lo que da lugar a conflictos. En todos los niveles sociales hay falta de confianza hacia la autoridad y hacia la posibilidad de un avance ordenado. Desafortunadamente, la gente trata de obtener ventajas individuales sin buscar un desarrollo armónico. Para tener menos conflictos es necesario renunciar a algunos privilegios y con esto lograr un beneficio común. La falta de planes adecuados de desarrollo se refleja en muchas situaciones, entre las que destacan los problemas de riesgos de desastres y de falta o mal funcionamiento de las obras de infraestructura.

A finales de la década de 1980, al doctor Meli se le presentó la oportunidad de participar en el proyecto de rehabilitación de la Catedral de la ciudad de México. En colaboración con el ingeniero Roberto Sánchez, el doctor Meli se dedicó a estudiar la respuesta estructural a partir de modelos matemáticos, a la determinación de las propiedades mecánicas de los materiales con que se construyó, al seguimiento continuo de la respuesta de las estructuras y a la propuesta de soluciones prácticas para mejorar el comportamiento de estos edificios.

Este proyecto resultó exitoso y de él surgió toda una línea de investigación que dio origen a un grupo que se ha fortalecido con la interacción de especialistas de áreas muy diferentes, ingenieros, arquitectos, historiadores, conservadores y restauradores, principalmente. La atención se ha extendido ahora a una amplia gama de monumentos.

A lo largo de su carrera el doctor Meli ha impartido numerosos cursos, pero lo que le parece más interesante es el trabajo de tutorías de investigación y elaboración de tesis de cualquier grado. Además de que los alumnos tengan una sólida formación básica en ciencias de la ingeniería, es importante que se logre desarrollar en ellos ciertas habilidades para resolver problemas. Por ello es necesario que el alumno participe en proyectos relevantes de ingeniería, colaborando con personas que tengan experiencia en su solución.

El Instituto de Ingeniería brinda la oportunidad a estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado para que inicien su carrera profesional asesorados por personal académico de la mencionada dependencia. Desde su creación, agrega el doctor Meli, el trabajo del personal de este Instituto estuvo ligado a la solución de problemas nacionales, poniendo sobre todo atención en la realización de estudios especializados que requieren la aplicación o desarrollo de nuevas tecnologías, muchas de ellas generadas en la institución. Esto lo debemos tener presente para no caer en el error de realizar el trabajo de consultores profesionales; los investigadores debemos laborar en forma conjunta con oficinas de consultoría y con dependencias públicas, pero siempre con el propósito de brindar apoyo técnico en aspectos que requieran investigación y desarrollo, y dejar a la gente de la práctica profesional que ejecute los proyectos.

El doctor Meli considera que el Instituto de Ingeniería se encuentra en una época de reajuste en la que deben replantearse las actividades que debe realizar su

personal, y para lograrlo será necesario que las autoridades universitarias acuerden ciertas reglas que permitan efectuar las actividades relacionadas con la solución de problemas relevantes de ingeniería y, por supuesto, los académicos deberán buscar nuevos caminos, a fin de continuar el trabajo para el que fue creado el Instituto. «En los últimos años ha habido una tendencia en la Universidad a enfocar la investigación hacia una labor más académica y a dar un menor reconocimiento hacia la actividad ingenieril, considero que los cambios, si se enfocan correctamente, serán benéficos para todos» —expresó—.

El doctor Roberto Meli Piralla a lo largo de su brillante carrera profesional se ha hecho acreedor al Premio Nabor Carrillo a la Investigación, al Premio Universidad Nacional y al Premio Nacional de Ciencia y Tecnología; fue nombrado además Investigador Emérito de la UNAM y Premio Nacional de Protección Civil.

## Actividades académicas

### **El Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales (LTST)**

El Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales (LTST) de la Coordinación de Ingeniería de Sistemas participó como invitado del Banco Nacional de Comercio Exterior en el seminario *Logística para exportar: Todo lo que necesita saber*, realizado en el Centro de Capacitación en Comercio Internacional de BANCOMEXT, en la ciudad de México el 23 de marzo.

Juan Pablo Antún condujo el *Taller sobre Centros Logísticos*, donde se presentaron los conceptos básicos sobre éstos, su importancia en la administración de las cadenas de suministro, su tipología y la experiencia europea en centros logísticos con la explicación de casos relevantes para la logística internacional y la competitividad de las exportaciones de México a Europa.

Por su parte Rodolfo Hernandez y Rodrigo Alarcón exhibieron, en el estándar del Instituto de Ingeniería, carteles con los resultados de los proyectos de investigación realizados mediante convenios con la Secretaría de Economía, el Gobierno de la Ciudad de México y la Comisión Ambiental Metropolitana durante el periodo 2000-2005, en particular sobre el *Proyecto Centro*



logístico puerta Chiapas, el modelo para la conversión de las centrales de abastos en centros logísticos para la comercialización al mayoreo de productos agroalimentarios, y las propuestas de Proyectos para el desarrollo de soportes logísticos de plataforma (SLP) para la zona metropolitana del valle de México.

Participaron como asistentes 450 representantes de pequeñas y medianas empresas exportadoras, así como ejecutivos de operadores logísticos y agentes aduanales.

### **Tercer Seminario de Ingeniería Lingüística: Lengua y computación una visión interdisciplinaria**

El viernes 24 de febrero se inició el *Tercer Seminario de Ingeniería Lingüística* que se lleva a cabo todos los viernes a las 12:00 h desde el 24 de febrero y hasta el 5 de mayo, en el salón de seminarios Emilio Rosenblueth del Instituto de Ingeniería. En él se llevan a cabo conferencias magistrales, mesas redondas donde se discuten temas de interés para la ingeniería lingüística, y presentaciones de trabajos realizados por los miembros del Grupo de Ingeniería Lingüística (GIL) del Instituto. Con unas breves palabras, el doctor Sergio M Alcocer Martínez de Castro inauguró el seminario y presentó al primer ponente —Luis Fernando Lara— de una serie de conferencias magistrales con el tema: *Lengua y computación: una visión interdisciplinaria*.

Fue un honor iniciar las sesiones con la conferencia del doctor Luis Fernando Lara, prestigiado lingüista, investigador del COLMEX, a quien se reconoce por su importante labor en cuestiones de lexicografía y en especial por ser el director del *Diccionario del español usual en México*. La conferencia se tituló: *Embriología: lingüística e ingeniería*, un nombre por demás extraño que el doctor Lara explicó en dos sentidos. Por un lado, el ponente pretendía causar curiosidad y despertar inquietudes con una especie de provocación en la que se pusieron en juego tres términos, es decir, tres disciplinas que aparentemente no tienen nada que ver y que en esta sesión compartieron un espacio del conocimiento. En segundo lugar, el título refería a una comparación entre *la embriología* y *la lingüística*, concebida la primera como «la parte de la biología que se dedica al estudio de la formación del cuerpo de los seres vivos desde el embrión hasta el pleno desarrollo» mientras la lingüística se entiende como la disciplina que se encar-

ga de estudiar la capacidad del lenguaje de los seres humanos, es decir, la posibilidad que tenemos de hablar y tener una lengua que nos permita la comunicación. Desde esta perspectiva, tanto *la lengua* como *el embrión* son objetos de estudio de dos disciplinas que se ocupan principalmente de dar cuenta del desarrollo de cada una de las etapas por las que atraviesa el embrión en el caso de la embriología y la lengua en el caso de la lingüística. A partir de esta interesante analogía, el doctor Lara explicó cada uno de los niveles de la lengua y la manera en que la lingüística enfrenta a su objeto de estudio, atendiendo a ciertos niveles y estructuras. Después discutió sobre *significado* y *concepto*. Esta última parte de la conferencia causó una cierta polémica y suscitó comentarios del público en torno a dichos términos dentro de otros terrenos del conocimiento como la inteligencia artificial, las matemáticas y la ingeniería. Si bien ésta era una discusión que podía alargarse y generaba controversia, la conferencia del doctor Luis Fernando Lara llegó a su fin, no sin antes concluir que «las lenguas son sistemas dinámicos complejos en los que cada elemento perceptible al ser humano se compone de otros y a su vez forma parte de otros», así cuando estudiamos el desarrollo de éstas, observamos sus etapas y procesos, nos enfrentamos «al embrión lingüístico».

En la presentación que se llevó a cabo el 3 de marzo: *Bases sintácticas aplicadas a un programa computacional*, Sonia Elisa Morett Álvarez, becaria integrante del Grupo de Ingeniería Lingüística expuso parte de su trabajo de investigación, para obtener el grado de licenciada en lengua y literatura hispánicas. Este trabajo está vinculado a dos proyectos importantes que surgieron en el GIL. Uno es el *DEBO* (diccionario electrónico de búsquedas onomasiológicas) y el otro es el *algoritmo de Clustering*, denominado éste como un sistema de recuperación de información. La tesis es, básicamente, una propuesta para mejorar el programa *Clustering*. A partir del análisis lingüístico se busca el refinamiento de una herramienta que recupera información por medio de agrupamientos posicionales de palabras que en determinados contextos pueden ser intercambiables. Sonia insistió en que la finalidad de dicho programa es expandir las posibilidades para la búsqueda onomasiológica. La propuesta de mejoramiento para el sistema *Clustering* la planteó desde la sintaxis e hizo una descripción detallada de este sistema de recuperación de información.





# SEMINARIO DE CONTROL AUTOMÁTICO



INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM

ABRIL	<b>Viernes 7</b> Dr Jaime Alberto Moreno Pérez "Observadores no lineales: un método de diseño por disipatividad"	<b>Viernes 21</b> Dra María Cristina Verde Rodarte "Control tolerante a fallas"	<b>Viernes 28</b> Dr Yu Tang Xu "Control difuso descentralizado para una clase de sistemas no lineales"
	<b>Viernes 5</b> Dr Leonid Fridman "Control e identificación vía modos deslizantes de orden superior"	<b>Viernes 12</b> Dr Gerardo R Espinosa Pérez "Control de convertidores multinivel"	<b>Viernes 19</b> Dr Luis A Álvarez-Icaza Longoria "Problemas de control y estimación en sistemas con efectos de disipación"
	<b>Viernes 26</b> Dr Héctor Benítez Pérez "Control en tiempo real sobre redes de cómputo"	<b>13:00 horas, Auditorio Raúl J Marsal</b> <b>Edificio de Posgrado, Facultad de Ingeniería</b> <b>Ciudad Universitaria, 2006</b>	
JUNIO	<b>Viernes 2</b> Dr Marco A Artega Pérez "Control de fuerza de robots industriales"	Organizado por el Colegio de Control del Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Informes: Luis A Álvarez-Icaza alvar@pumas.ii.unam.mx 5623-3680	
<b>ENTRADA LIBRE</b>			

Finalmente, los comentarios a la presentación estuvieron a cargo del especialista en lingüística, maestro Ramón Zacarías, quien remarcó la importancia de tener un algoritmo para realizar un programa de computación, en este caso el algoritmo de Porter que sirve como base para el programa de *Clustering*, en el que Sonia sustentó su investigación. La importancia de una presentación de este tipo radica en que podemos conocer el trabajo que actualmente se realiza en el GIL, además con la presencia de especialistas en los temas tratados, se plantean dudas y se critican los trabajos. Una vez más nos acercamos a la ingeniería computacional y a la lingüística, dos disciplinas, que por muy alejadas que parezcan, comparten un espacio de investigación.

En la sesión correspondiente al 10 de marzo se llevó a cabo la primera mesa redonda: *Gramáticas formales*. En ella participaron cuatro investigadores, dos representantes del mundo de la lingüística: doctor Sergio Bogard (COLMEX) y Mariana Pool (COLMEX) y dos representantes del mundo de la computación: Francisco Hernández Quiroz (Facultad de Ciencias) y Azucena Montes (CENIDET). El moderador planteó algunas preguntas que cada uno de los participantes respondieron desde la perspectiva de sus disciplinas. Todos los

miembros de la mesa, de una u otra forma, estudian los lenguajes formales pero desde puntos de vista distintos. Una de las preguntas centrales y que dio inicio a la charla fue *¿cuál es el origen de la gramática formal y cómo ha evolucionado?* El cuestionamiento era muy importante puesto que la gramática formal es quizá el espacio en el que coinciden tanto lingüistas como ingenieros. El propósito era que cada uno de los investigadores hablara de su trabajo en particular pero que al mismo tiempo pudieran plantear su visión sobre el lenguaje, en este caso específico, sobre los lenguajes formales y las gramáticas libres de contexto. Nuevamente en esta sesión se pusieron en juego los intereses de dos disciplinas que a veces parecen alejadas y que nuevamente vimos pueden coincidir.

De este modo sucedieron las tres primeras sesiones del *Tercer Seminario de Ingeniería Lingüística*. A partir de las conferencias magistrales, presentaciones y mesas redondas, el GIL del II UNAM expondrá una visión interdisciplinaria en la que ingeniería en computación y lingüística comparten un campo de estudio. El trabajo conjunto de estas disciplinas da lugar a lo que actualmente se denomina *ingeniería lingüística* o *lingüística computacional*.



## **Proyecto IMPULSA**

El Instituto de Ingeniería como coordinador del Proyecto IMPULSA organizó unas conferencias durante el mes de marzo bajo el tema *Desalación de agua de mar con energías renovables*.

Entre los temas tratados está el de *Desalación solar al comienzo de la era de energía solar* que presentó el profesor Francis de Winter, ex director de la Asociación Internacional de Energía Solar, el pasado 24 de marzo en las instalaciones de la Torre de Ingeniería.

El profesor Winter expuso la importancia del uso de la energía solar, que se ha utilizado desde hace muchos años tanto para calentar albercas como en el diseño de naves espaciales como las Voyager 1 y 2, mismas que tienen más de 30 años funcionando y son una muestra del aprovechamiento de este tipo de energía.

Sin embargo, no se cuenta con el apoyo social para fomentar la cultura y el uso de diseños que nos permitan aprovechar energías naturales como la solar y la eólica con el fin de preservar los recursos naturales no renovables como el petróleo.

Está comprobado que la población de Estados Unidos consume su peso en petróleo cada siete días, es decir aproximadamente 72 K a la semana por persona, sin considerar el consumo de otros derivados del petróleo.

El consumo desmedido de este energético conducirá a la humanidad a vivir en un mundo hostil y violento, poco civilizado. Si queremos evitar estas consecuencias es el momento de reflexionar. Toda la humanidad tiene el mismo reto: lograr energía sostenible.

El aprovechamiento de los recursos naturales será el camino más adecuado para sobrevivir. Está próximo el momento en que la calefacción, y el calentamiento del agua para las piscinas, o uso doméstico tendrá que hacerse con energía solar.

Por otra parte, estamos desarrollando un sistema basado en energía eólica para mover barcos sirviéndose de un papalote.

A pesar de este panorama, no hay que tener demasiado miedo a la escasez de energéticos; está comprobado que los recursos naturales pueden y deben ser utilizados para nuestro bienestar y que la humanidad tiene en sus manos la solución.

Por su parte el doctor John Lund, presidente de la Asociación Internacional de Geotermia impartió la conferencia *Direct Heat Utilization of Geothermal Resource*, el 27 de marzo.

Durante la presentación habló de la utilización directa de energía geotérmica que da origen a varias formas de calentar y enfriar en vez de convertir energía eléctrica: albercas, tinas, balnearios, aire acondicionado tanto para calentar o enfriar, aplicaciones en la agricultura principalmente invernaderos y calentamiento de lagos.

La utilización directa de energía geotérmica ha sido documentada en 72 países y la capacidad instalada de la energía térmica es de 28,268 MWt produciendo 273,372 TJ/yr (75,943 GWh/year) de energía térmica con un promedio de crecimiento combinado logrado en los pasados 5 años de 7.5 %.

El más grande crecimiento ha sido en la instalación de bombas de calefacción. El ahorro equivalente a un año en cantidades de combustible es de 170 millones de barriles (25.4 millones de toneladas) y 24 millones de toneladas en emisiones de carbón a la atmósfera.

Los tipos de equipo que usan directamente energía geotérmica incluyen proyectos como bombas de pozo y circulación, tuberías de aire caliente, soporte de plantas y sistema de distribución de líquidos.

### **José Manuel Roësset**

Durante el curso *Interacción suelo estructura: Aplicaciones a la práctica profesional* organizado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, AC, en el Centro Asturiano de la ciudad de México, el doctor José Manuel Roësset impartió la conferencia *Comportamiento sísmico de puentes con base aislada*, por invitación de la mesa directiva del Capítulo Estudiantil EERI-UNAM.

El trabajo presentado sobre el comportamiento sísmico del puente Marga-Marga localizado en Viña del Mar, Chile. Actualmente este puente está instrumentado con una red local de 21 sensores de aceleración, conectados a una central de control, de los cuales 18 se encuentran colocados en la estructura y 3 más en roca. Éstos últimos tienen la función de registrar el movimiento del sismo en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí y en dirección vertical. El puente tiene una longitud de 383 m y un sistema estructural consistente en un único tablero continuo formado por



Conferencia José Manuel Roësset

vigas metálicas apoyado sobre 36 aisladores sísmicos distribuidos en dos estribos y siete pilas. Los aisladores de 3 tamaños distintos según su ubicación, son de goma de alto amortiguamiento con placas metálicas.

El uso de aisladores sísmicos tiene la finalidad de aislar una estructura de la superficie en que se apoya, para absorber mediante deformaciones elevadas la energía que un sismo transmite a una estructura.

En el caso del puente Marga-Marga, se presentan los estudios correspondientes a dos sismos, uno del 29 de octubre de 1998 y otro del 24 de julio de 2001. En el primero se obtuvo un registro de aceleración máxima en la roca de 0.023 g. Las deformaciones en los apoyos de neopreno para la pila central fueron de 2.8 mm en la dirección transversal y 1.5 mm en la longitudinal. Los sensores que mostraron mayor aceleración fueron los obtenidos en la dirección transversal de la superestructura, cerca de los estribos. Lo anterior parece corresponder a vibraciones de alta frecuencia producidas por impacto entre la superestructura y los soportes laterales.

Respecto al sismo del 24 de julio, en los sensores de campo (en roca), las aceleraciones máximas fueron de 0.2 g, 0.05 g, y 0.12 g en las direcciones longitudinal, vertical, y transversal, respectivamente, mientras que en los primeros tres colocados en la pila 4, las aceleraciones máximas fueron de 0.06 g, 0.02 g y 0.07 g, lo que pudiera indicar algún efecto de amplificación en la parte alta de la topografía, o bien un efecto de interacción con el puente. Al comparar las aceleraciones máximas en el tope de la pila 4 con lo registrado en el tablero, se observa el efecto positivo de la aislación.

El doctor Roësset estuvo en la ciudad de México del 16 al 19 de marzo. Durante su estancia platicó con el doctor Sergio Alcocer Martínez de Castro, director del II UNAM, y con los integrantes de la mesa directiva del EERI-UNAM, especialmente con Francisco Castellanos León (Presidente), Juliana Zapata Chica (Coordinadora de la sección de Geotecnia del EERI-UNAM) y Marco Antonio Torres Pérez-Negrón (Coordinador de la sección de Estructuras del EERI-UNAM).

Actualmente, Juan Manuel Roësset reside en la ciudad de Madrid, por un año sabático, pero forma parte de la plantilla de profesores de la Universidad de Texas A&M.

## Tesis graduadas

El pasado 6 de marzo, Luis Alejandro Guzmán Castro, integrante del Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales del Instituto de Ingeniería, obtuvo el grado de maestro de ingeniería (computación), con la tesis: *Evaluación de procesos de desarrollo de software basada en MoProSoft para el Instituto de Ingeniería, UNAM*, dirigida por el doctor Luis Álvarez-Icaza.

Este trabajo beneficia a la industria de *software* en México, ya que propone un modelo de evaluación de procesos de desarrollo de *software* con base en MoProSoft, el modelo de procesos para la industria de *software* de México y el estándar internacional ISO/IEC 15504, además de un proceso de evaluación basado en el mismo estándar.

El modelo propuesto hace una división de MoProSoft en niveles de capacidad de procesos, de acuerdo con el estándar ISO/IEC 15504. Para apoyar el proceso de evaluación se desarrolló un conjunto de cuestionarios, formularios y tablas de ponderación.

El modelo y proceso de evaluación propuestos fueron utilizados para evaluar internamente y diagnosticar los procesos de desarrollo de *software* actuales en la Coordinación de Sistemas de Cómputo del II UNAM, con el objetivo de determinar el nivel de capacidad de esos procesos y obtener información para su posterior definición formal.



# XV CONGRESO NACIONAL

## de Ingeniería Estructural



## La Estructura del Arte

INGENIERÍA + ARQUITECTURA

Puerto Vallarta, Jalisco  
Hotel Sheraton Baganvillas

Del 2 al 4 de noviembre  
de 2006



Sociedad Mexicana de  
Ingeniería Estructural, A.C.

### Informes

Sra. Ana María Nasser.  
Camino a Santa Teresa No 187  
Colonia Parques del Pedregal,  
Delegación Tlalpan  
14010 México D.F.  
Teléfono: (0155) 5665 9784  
Fax: (0155) 5528 5975  
e-mail: smie 1@prodigy.net.mx  
página web: www.smie.org.mx

Esta iniciativa surge a raíz de la publicación de MoProSoft dentro del Programa para el Desarrollo de la Industria del Software en México (PROSOFT), de la Secretaría de Economía. El programa MoProSoft fue creado por expertos en ingeniería de *software* en México liderados por la doctora Hanna Oktaba, quien fungió como sinodal en este examen. Recientemente MoProSoft y las directrices para realizar evaluaciones han sido publicados como la norma NMX-I-059-NYCE-2003; sin embargo aún es necesario un método rápido de autoevaluación de diagnóstico que permita a las empresas mexicanas, determinar sus capacidades actuales para iniciar un programa de mejora o definición de procesos de *software*.



El pasado 27 de marzo, Vidal Magaña Orozco obtuvo, con mención honorífica, el grado de maestro en ingeniería, con el trabajo *Estudio de alternativas para el diseño hidráulico del acueducto Arcediano – Guadalajara*, bajo la dirección del doctor Rafael B Carmona Paredes de la Coordinación de Ingeniería Mecánica, Térmica y de Fluidos.

Los gobiernos estatal y federal, a través de distintos organismos especializados, han hecho esfuerzos para llevar a cabo la construcción de una presa de almacenamiento que permita aprovechar las aguas de los ríos Verde y Santiago en el sitio denominado Arcediano, al norte de la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG), en el estado de Jalisco.

Esta investigación se suma a los estudios realizados para encontrar alternativas del diseño hidráulico del acueducto requerido para conducir el agua desde el almacenamiento en Arcediano hasta la planta potabilizadora San Gaspar, situada en el extremo noreste de la ZCG. Su objetivo fue determinar cuál de las alternativas era la mejor tanto hidráulica como económicamente.



## Avisos

Título: *Simposio Internacional: Inclusiones rígidas en suelos blandos difíciles*

Organiza: Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos Instituto de Ingeniería, UNAM

Fecha: 11-12 de mayo

Lugar: Auditorio José Luis Sánchez Bribiesca, Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria

Informes: 5677 3730

Correo electrónico: smms@prodigy.net.mx



## Obituario

El Instituto de Ingeniería lamenta profundamente el fallecimiento de Yolanda Patricia Valdez Llamas estudiante de doctorado y becaria de la Coordinación de Geotecnia de este Instituto quien se encontraba en París, Francia, realizando una estancia de investigación en el Laboratorio Central de Puentes y Caminos, como parte de su programa doctoral que realizaba bajo la dirección del doctor Gabriel Auvinet Guichard

*Descanse en Paz*

## Directorio

### UNAM

Dr Juan Ramón de la Fuente  
Rector

Lic Enrique del Val Blanco  
Secretario General

Mtro Daniel Barrera Pérez  
Secretario Administrativo

Dra Rosaura Ruiz Gutiérrez  
Secretaria de Desarrollo Institucional

Mtro José Antonio Vela Capdevila  
Secretario de Servicios a la Comunidad

Mtro Jorge Islas López  
Abogado General

Dr René Drucker Colín  
Coordinador de la Investigación Científica

Lic Néstor Martínez Cristo  
Director General de Comunicación Social

### INSTITUTO DE INGENIERÍA

Dr Sergio M Alcocer Martínez de Castro  
Director

Dr José Alberto Escobar Sánchez  
Secretario Académico

Dr Mario Ordaz Schroeder  
Subdirector de Estructuras

Mtro Víctor Franco  
Subdirector de Hidráulica y Ambiental

Dr Luis A Álvarez-Icaza Longoria  
Subdirector de Electromecánica

Mtro Lorenzo Daniel Sánchez Ibarra  
Secretario Administrativo

Mtro Xavier Palomas Molina  
Secretario Técnico

Mtra María Olvido Moreno Guzmán  
Secretaria de Promoción y Comunicación

### GACETA II

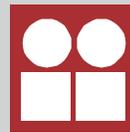
Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual éste muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, cursos y talleres que imparte, así como sus tesis graduadas e información de interés general. Se publica los días 25 de cada mes, con un tiraje de 1200 ejemplares. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04 2005 041412241800 109. Certificados de Licitud de Título y de Contenido en trámite. Instituto de Ingeniería, UNAM, Edificio Fernando Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510, México, DF. Tel 5623 3615.

Editora responsable  
Lic María Verónica Benítez Escudero

Correctora de estilo  
L en L Olivia Gómez Mora

Colaboradora  
I Q Margarita Moctezuma Riubí

Formación e impresión  
Albino León Cruz



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

**Visite la página del Instituto de Ingeniería:**

<http://www.ii.unam.mx>

Envíe sus comentarios a: [gaceta@pumas.ii.unam.mx](mailto:gaceta@pumas.ii.unam.mx)