

geotecnia

MARZO -
MAYO 2016

239



ÓRGANO OFICIAL DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA, A. C. WWW.SMIG.ORG.MX



**VISITA TÉCNICA ACADÉMICA A LA CANTERA DE LOS PUMAS
EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA**

LA ZONA ARQUEOLÓGICA CACAXTLA

LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA: APOYO FUNDAMENTAL
DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO



1991

25

2016

ANIVERSARIO

GRUPO LAC MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA S. A. DE C. V.

25 AÑOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN NOS AVALAN

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Sistema de anclaje - Sistema de bombeo de ejector - Sistema muro Berlín

CIMENTACIONES

Pilas - Pilotes - Micro-pilotes

OBRAS CIVILES

Estudios de mecánica de suelos y rocas - Estudios Geofísicos - Laboratorios
Estudios Geohidrológicos - Diseño Geotécnico - Control de calidad
Diseño de pavimentos - Servicios Integrales de Ingeniería



GRUPO LAC MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA S.A. DE C.V.



"Excelencia en ingeniería al
servicio del hombre"

www.lacmecanicadesuelos.com.mx
Celular 044 55 2880 - 0723
h.cuevas.2015@hotmail.com
h.cuevas2015@lacmecanicadesuelos.com.mx
lac_mecanicadesuelos@yahoo.com.mx

CIUDAD DE MÉXICO / MEXICO CITY

CIUDAD DE MÉXICO / MEXICO CITY
Calle Sta Rosa Núm. 11,
Col. Lindavista 07730, México D.F.
(0153) 5367-5516 /
(0153) 5367-7328 / (0153) 5367-4500

PLAYA DEL CARMEN, Q.ROO

PLAYA DEL CARMEN, Q.ROO
Calle 26 Norte Lt. 7, Mz 26
Col. Ejidal, Playa del Carmen,
Quintana Roo, México.
(0153) 5367-5516 /
(0193) 84-8732308 / (0193) 84-2061081



Mesa Directiva 2015-2016

Presidente

Raúl Aguilar Becerril

Vicepresidenta

Norma Patricia López Acosta

Secretario

Carlos Roberto Torres Álvarez

Tesorero

Celestino Valle Molina

Vocales

María del Carmen Suárez Galán

Nilson Contreras Pallares

Miguel Figueras Corte

Aristóteles Jaramillo Rivera

Ysamar Libertad Pino

Gerente

Martha Patricia Rivera Santillanes

Delegaciones regionales

Michoacán

Occidente

Puebla

Querétaro

Tabasco

Representaciones

Chiapas

Ciudad Juárez

Irapuato

Mérida

Monterrey

Tijuana

Veracruz

Síguenos en



@smiggeotecnia



Sociedad Mexicana
de Ingeniería Geotécnica



inggeotec

Seguridad geotécnica

Para garantizar la seguridad de nuestras construcciones se busca que los proyectos cumplan con las disposiciones establecidas en los reglamentos de construcción, los cuales –como el caso de la Ciudad de México– se complementan con las normas técnicas. Sin embargo, se ha detectado que algunos edificios no cumplen cabalmente con las disposiciones reglamentarias y esto obliga a su revisión.

Con el interés de verificar el correcto diseño de las edificaciones en la capital de la República, entre otras responsabilidades, se constituyó el Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal (ISCDF), que será el responsable de revisar los proyectos de las nuevas edificaciones pertenecientes a los grupos A y B1 una vez publicado el nuevo Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México. Los propietarios de estas estructuras estarán obligados a someter a revisión el proyecto de construcción ante el ISCDF, revisión que será tanto estructural como de mecánica de suelos. Para ello, se sabe que el ISCDF contará con una base de ingenieros calificados en las áreas de estructuras y geotecnia, principalmente.

Inicialmente se ha propuesto que el grupo de ingenieros revisores especialistas en el área de mecánica de suelos esté integrado por los peritos en Geotecnia certificados por el Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM). Sin embargo, son actualmente menos de 40 los peritos certificados, número que resulta insuficiente para cubrir las necesidades que tendrá el ISCDF.

El Comité de Peritos Profesionales en Geotecnia del CICM, encabezado por Héctor Valverde Landeros, presidente también del Comité Técnico de Práctica Profesional de la SMIG, ha fomentado la participación de los ingenieros especialistas en geotecnia para que obtengan su certificación. Esta labor se ha realizado a través de convocatorias al proceso de certificación promovidas en los últimos años. Complementariamente, la SMIG ofreció durante 2015 una serie de cursos de actualización coordinados por nuestro secretario, Carlos Roberto Torres Álvarez, y dirigidos a los interesados en presentar su examen para perito en Geotecnia.

Como sociedad geotécnica tenemos una responsabilidad con la sociedad civil y debemos estar preparados para cumplir eficientemente con ella. Por tal motivo, la SMIG invita a todos los ingenieros interesados a que se postulen como peritos certificados en Geotecnia; la convocatoria ya está abierta y la fecha límite de entrega de documentación es el mes de abril próximo. De igual forma, la SMIG ofrecerá cursos de actualización previos a la presentación del examen.

Por otra parte, nos encontramos trabajando en la organización de la XXVIII Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica y la XIX Reunión Nacional de Profesores de Ingeniería Geotécnica, que se celebrarán en la ciudad de Mérida, Yucatán, del 23 al 26 de noviembre. En esta ocasión incorporaremos nuevas actividades para los estudiantes. Les recuerdo que la fecha para la recepción de resúmenes de artículos técnicos vence este mes de marzo. Esperamos contar con su participación.

Raúl Aguilar Becerril

Presidente



PARTICIPACIÓN DEL LECTOR

Además de comentarios y sugerencias de sus lectores sobre los contenidos, *Geotecnia* está abierta a las colaboraciones de los profesionales vinculados a la especialidad. Quienes quieran proponer trabajos deben contactarse a través de geotecnia@heliosmx.org para que se les informe de los requisitos para recibir los materiales. Los textos serán puestos a consideración del Consejo Editorial para su posible publicación.

Contenido

3 Conversando con...

Garantizar el cumplimiento de la normatividad sin entorpecer la inversión

Renato Berrón Ruiz



7 Semblanza

José Antonio Cuevas, impulsor de la mecánica de suelos

9 La geotecnia en la historia

Efectos de los sismos de septiembre de 1985 en la presa El Infiernillo

José Francisco González Valencia

16 Artículo técnico

La zona arqueológica Cacaxtla

Efraín Ovando Shelley y cols.

20 Tema de portada / Artículo técnico

Visita técnica académica a la cantera de los Pumas en la Ciudad Universitaria

Ricardo Roberto Rojo Yaniz y cols.



26 Nota técnica

La instrumentación geotécnica: apoyo fundamental del desarrollo tecnológico

Gabriel Moreno Pecero

Tecnología e innovación

30 Nuevos equipos económicos para la caracterización de sitios costa fuera

Reseñas

35 Libros

37 Tesis

40 Calendario



SMIGnoticias

42 Informe de actividades de la Mesa Directiva 2015-2016

42 Bienvenidos nuevos socios

43 Octava Conferencia "Alfonso Rico Rodríguez"

44 Laboratorio de mecánica de rocas

44 XIX Reunión Nacional de Profesores

46 Cultura

48 Cartelera

Capítulos estudiantiles

45 Facultad de Ingeniería UNAM, licenciatura

Instituto Tecnológico de Iztapalapa III

Posgrado de la Facultad de Ingeniería, BUAP

PORTADA: LA CANTERA DE LOS PUMAS
FOTO: JUAN JACOBO SCHMITTER

CONVOCATORIA

Con el fin de enriquecer el contenido de su órgano oficial de divulgación, la SMIG hace una convocatoria abierta a los lectores de la revista *Geotecnia* para que presenten artículos que permitan inaugurar una nueva sección donde se haga prospectiva o se aborden casos insólitos en el ejercicio de la especialidad.

Las propuestas pueden enviarse a geotecnia@heliosmx.org.

geotecnia

Dirección general

Raúl Aguilar Becerril

Dirección ejecutiva

Natalia Parra Piedrahita

Consejo editorial

Gabriel Auvinet Guichard
Jorge Efraín Castilla Camacho
José Francisco González Valencia
Moisés Juárez Camarena
Norma Patricia López Acosta
Germán López Rincón
Raúl López Roldán
Héctor Moreno Alfaro
Gabriel Moreno Pecero
Rodrigo Murillo Fernández
Alexandra Ossa López
Juan Paulín Aguirre
Margarita Puebla Cadena
Luis Bernardo Rodríguez
Enrique Santoyo Villa
Juan Jacobo Schmitter
Guillermo Springall Cáram
Carlos Roberto Torres Álvarez
Celestino Valle Molina

Comercialización

Martha Patricia Rivera Santillanes

Realización



HELIOS comunicación
+52 (55) 55 13 17 25

Dirección ejecutiva

Daniel N. Moser da Silva

Dirección editorial

Alicia Martínez Bravo

Coordinación editorial

José Manuel Salvador García

Coordinación de contenidos

Teresa Martínez Bravo

Contenidos

Ángeles González Guerra

Diseño

Diego Meza Segura

Dirección operativa

Alicia Martínez Bravo

Administración y distribución

Nancy Díaz Rivera

Renato Berrón Ruiz

Ingeniero civil y maestro en Estructuras, con doctorado. Es perito en seguridad estructural y tiene más de 20 años de experiencia en el campo del diseño estructural. Ha sido profesor de la materia de Estructuras en cursos de maestría. Fue coordinador técnico de la Secretaría de Obras y Servicios y actualmente es director general del Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal.



Garantizar el cumplimiento de la normatividad sin entorpecer la inversión

El principal desafío una vez publicado el Reglamento de Construcciones es que las revisiones del proyecto estructural se realicen bien y que lleguen a buen término. Se trata de garantizar que el proyecto estructural, incluido el estudio geotécnico, cumpla con el reglamento; en la medida en que esto suceda vamos a lograr que el edificio tenga un mejor comportamiento.

Las características del suelo de la Ciudad de México son particularmente sensibles a los movimientos sísmicos originados en otras zonas del país que impactan en la infraestructura local; es por ello que una oficina de la mayor relevancia para atender esta problemática es el Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal (ISCDF). Para conocer detalles de su operación, entrevistamos al doctor Renato Berrón Ruiz, su titular.

“El ISCDF –nos dice Renato Berrón– nace por la necesidad de hacer la revisión estructural de los edificios. El Comité Asesor en Seguridad Estructural del Distrito Federal, que es un órgano de consulta y asesoramiento del gobierno del

Distrito Federal creado en 1997, detectó que los proyectos estructurales de los nuevos edificios no estaban respetando cabalmente el Reglamento de Construcciones. Se propuso al entonces jefe de Gobierno que se hiciera una revisión más estricta y para ello se creó el ISCDF.”

Comenta el doctor Berrón que la función principal del organismo a su cargo es la “revisión de los proyectos estructurales de las nuevas edificaciones; esto implica también la revisión del estudio de mecánica de suelos”.

Pero la responsabilidad del instituto no es sólo ésta. Entre otras actividades, señala nuestro interlocutor, “se encuentra la de apoyar económicamente proyectos de investigación en materia de seguridad estructural, coordinar y administrar el Sistema de Alerta Sísmica y la Red Acelerográfica de la Ciudad de México, y revisar las condiciones de los edificios existentes”.

Consultado sobre la interacción entre el ISCDF y el grupo de expertos asesores del gobierno de la Ciudad de México en esta materia, Berrón afirma que “es muy estrecha; de hecho, algunos integrantes de ese grupo asesor pertenecen al Consejo Directivo del ISCDF, al cual yo le rindo cuentas. Además de los expertos, integran el Consejo Directivo representantes



Inauguración de la 9a Conferencia Internacional sobre Análisis Estructural de Construcciones Históricas, organizada por el II-UNAM, la SMIE y el ISCDF en octubre de 2014 en la Ciudad de México.



Sesión del Consejo Directivo del Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal.

de otras dependencias, como la Secretaría de Protección Civil, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, la Secretaría de Finanzas, la Contraloría General...”

Además de sus actividades regulares en el instituto, Renato Berrón preside una vez al mes una reunión con el Comité Asesor, integrado por reconocidos profesionales como Roberto Meli, Carlos Javier Mendoza, Luis Esteva Maraboto, Óscar González Cuevas, Francisco García Jarque, Raúl Izquierdo, Daniel Ruiz Fernández, Daniel Reséndiz, Sergio Alcocer Martínez de Castro, José Luis Camba, Alejandro Vázquez Vera, Guillermo Guerrero Villalobos, Raúl Jean Perrilliat, Óscar de la Torre, José María Riobóo y el arquitecto José Ávila. “Se trata de personas destacadas en el campo de la investigación y la práctica profesional –apunta Berrón–, a quienes informamos las novedades y solicitamos su punto de vista”.

Respecto a las atribuciones específicas del ISCDF según su propia ley y a la autoridad con que cuenta para hacer cumplir el Reglamento de Construcciones, y para el caso de la dictaminación de edificaciones existentes, el entrevistado apunta: “En estos momentos, una tarea prioritaria del ISCDF es dictaminar edificios existentes. En Chile hay un instituto semejante; en Estados Unidos, desde luego; y en Europa lo hay también, pero en México somos la única institución de este tipo; muchas dependencias locales y federales se han apoyado en nosotros para hacer el dictamen de sus edificios, puesto que es obligatorio por norma. Por otro lado, en cuanto se publiquen las reformas al Reglamento de Construcciones será obligatorio para los propietarios de las nuevas edificaciones del grupo

Una tarea prioritaria del ISCDF es dictaminar edificios existentes.

Muchas dependencias locales y federales se han apoyado en nosotros para hacer el dictamen de sus edificios, puesto que es obligatorio por norma.

Por otro lado, en cuanto se publiquen las reformas al Reglamento de Construcciones, será obligatorio para los propietarios de las nuevas edificaciones del grupo A y B1 presentar para su revisión el proyecto estructural a este instituto.

A y B1 presentar para su revisión el proyecto estructural a este instituto.

”También intervenimos en el caso de una queja vecinal por afectación a su propiedad provocada por una obra adyacente en construcción: los ciudadanos afectados recurren a la autoridad delegacional y ésta nos convoca en caso de haber alto riesgo.”

Por las características del suelo de la Ciudad de México y el efecto de los movimientos sísmicos, no resulta difícil imaginar el mucho trabajo que tiene el ISCDF. Renato Berrón lo confirma: “Efectivamente, es así. Para dar atención a todas las demandas pretendemos la contratación de especialistas externos, pero es un mecanismo difícil de aplicar debido a la normatividad rigurosa, con muchos controles y procedimientos minuciosos para su contratación”.

Lo consultamos sobre el caso específico de la participación de los geotecnistas: “En este momento estamos concentrados en los dictámenes estructurales de construcciones existentes, para lo cual recurrimos a ingenieros especializados en estructuras. Cuando el edificio presenta problemas en el subsuelo o hay algún tipo de falla en la cimentación, recurrimos a los geotecnistas. Seguramente también se convocará a éstos cuando, en el corto plazo, se publique la nueva versión del Reglamento de Construcciones, donde será obligatoria la revisión de los proyectos estructurales de edificios por construir”.

Regresando al tema de las competencias del ISCDF, le preguntamos si se da la situación de que éste no cuente con la suficiente autoridad en el cumplimiento de sus responsabilidades.

“Definitivamente esto nos pasa. Nosotros hacemos el análisis de las condiciones en que se encuentra un edificio pero no tenemos la autoridad ni atribución para determinar su evacuación. Entregamos un reporte que puede contener recomendaciones sobre las acciones a realizar, pero es atribución de la autoridad delegacional decidir si se aplican o no”.

Al cuestionarlo sobre el procedimiento de evaluación, nos dice: “El instituto interviene a partir de solicitudes que tienen que venir de una dependencia de gobierno o una paraestatal; no podemos trabajar con solicitudes provenientes de la iniciativa privada. Un particular que requiere el servicio de evaluación que realizamos debe dirigirse a las autoridades, por ejemplo a la Unidad de Protección Civil delegacional, y esta autoridad nos requiere para actuar.”

Luego de un sismo de magnitud superior, el ISCDF interviene: “Tenemos un convenio con la Agencia de Gestión Urbana, que tiene contacto con los ciudadanos a través de un centro de llamadas y redes sociales, para que éstos den aviso a las autoridades sobre el estado en que quedó su casa o departamento. El instituto atiende estas solicitudes ciudadanas con base en los convenios que tenemos con los colegios de profesionistas relacionados, como el de ingenieros civiles y el de arquitectos, o de sociedades técnicas, como la de ingeniería estructural. Con su ayuda, intervenimos para hacer las evaluaciones de los inmuebles referidos.” Aún no tienen convenios con todas las instituciones de especialistas, dice, pero está en trámite la gestión de convenios con, entre otras, la SMIG.

La Ciudad de México tiene zonas con distinto nivel de riesgo sísmico; en las más peligrosas podría existir necesidad de demoler algunos inmuebles, y sobre ello consultamos a Renato Berrón.

“Debemos manejarnos con suma prudencia. Hay diversos factores que intervienen en un dictamen que plantee la necesidad y la posibilidad de una demolición. Nosotros podemos opinar, pero son distintas las instancias públicas y privadas que intervienen para tomar una decisión al respecto.”

Si bien en la evaluación de las construcciones existentes es relativa la participación de los geotecnistas, salvo la excepción que nuestro entrevistado señaló antes, le preguntamos si habrá participación de ellos en el caso de la obligatoriedad de evaluación de proyectos de obras por construir –a partir de la entrada

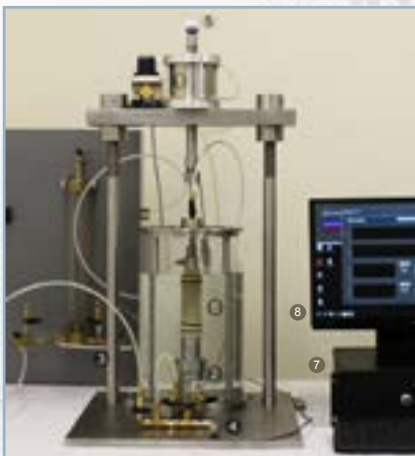
Existe la necesidad de hacer un convenio con la SMIG, porque precisamente hemos encontrado que el mecanismo de selección del revisor en geotecnia, mecanismo que tiene que ser muy práctico, debe hacerse a través de esa sociedad; de otra manera, si el ISCDF selecciona, tendría que hacer una licitación pública, es decir, elegir entre varios la mejor cotización y seguir los trámites administrativos complejos, tortuosos y largos.

en vigencia del nuevo Reglamento de Construcciones.

“De hecho –nos dice– existe la necesidad de hacer un convenio con la SMIG, porque hemos encontrado que el mecanismo de selección del revisor en geotecnia, mecanismo que tiene que ser muy práctico, debe aplicarse mediante esa sociedad; de otra manera, si el ISCDF selecciona, tendría que hacer una licitación pública, es decir, elegir entre varios la mejor cotización y seguir los trámites administrativos complejos, tortuosos y largos. En cambio, si el instituto le pide a la SMIG que designe un revisor para un proyecto específico en el marco del convenio que firmemos, este mecanismo de selección del revisor será más ágil.”

No pocos expertos en el fenómeno del impacto de los sismos en las edificaciones han señalado la utilidad de instrumentos de medición como los acelerógrafos, instalados en lugares estratégicos de, al menos, los edificios más vulnerables y representativos. “No están contemplados en el reglamento”, afirma Berrón, y nos dice por qué: “Es un tema que yo he puesto sobre la mesa ante los integrantes del Comité Asesor. Unos están de acuerdo en que se contemple y otros no tanto, porque estos aparatos necesitan un constante mantenimiento, y al cabo de unos años se quedan abandonados. Uno de los proyectos de este instituto es generar una red de edificios instrumentados.” De lograrse, podría obtenerse información valiosa para las posteriores actualizaciones del reglamento, pero por ahora es sólo una iniciativa.

En referencia al nuevo Reglamento de Construcciones, que en el momento de realizar esta



María Hernández Zarco Núm. 12, Col. Álamos,
Del. Benito Juárez, C.P. 03400, México,
DF. Tels.: 5519.0304 - 6284.2706
contacto@flopac.com.mx

www.flopac.com.mx



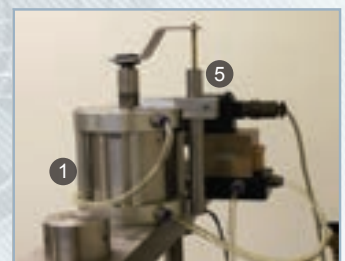
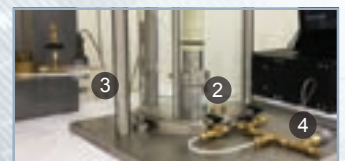
“Su concepto o necesidad, nosotros lo hacemos realidad ®”

Equipo Triaxial Cíclico

El equipo triaxial cíclico permite ejecutar ensayos triaxiales estáticos y dinámicos (con señal periódica senoidal), con excitación a desplazamiento o esfuerzo controlado. Ensayes tipo: UC, UU, CU y CD.

Cuenta con los siguientes elementos:

- > 1. Pistón y servoválvula neumáticos para aplicar la excitación.
- > 2. Sensor de carga sumergible, 250 kg.
- > 3. Sensor de cambio volumétrico, 30 cm³.
- > 4. Sensores de presión de confinamiento, contrapresión y presión de poro, 7 kg/cm².
- > 5. Sensor de desplazamiento tipo LVDT de ± 25.4 mm.
- > 6. Posibilidad de ensayar probetas de 3.6 y 7 cm de diámetro.
- > 7. Acondicionadores de señal y tarjeta de adquisición de datos.
- > 8. Visualización gráfica de las etapas del ensaye.



**Ejecución de ensayos y
venta de equipo**



Presidiendo una sesión del Comité Asesor en Seguridad Estructural del Distrito Federal.

entrevista está por publicarse, consultamos a nuestro entrevistado sobre sus aspectos novedosos y más relevantes.

“Se están cambiando los temas con respecto a las obras en la vía pública. También se están abordando cambios en relación con el control de los directores responsables de obra (DRO); se están haciendo cambios a las cuestiones de seguridad estructural en algunos aspectos, sobre todo en el ámbito de las Normas Técnicas Complementarias; también en lo que se refiere a la sustentabilidad y la accesibilidad para personas con discapacidad.

”Hay modificaciones en varios temas, pero las que más les interesan a los geotecnistas son aquéllas en cuestiones de seguridad de edificios, la seguridad estructural, y también los cambios en el control de DRO, porque hay figuras que en la actualidad no tienen responsabilidad alguna y sin embargo influyen directamente en la seguridad de un edificio, como el proyectista de estructuras, el de instalaciones o el de arquitectura. Hoy en día, cuando se les solicita a los corresponsables explicar el comportamiento de la estructura o de la cimentación, requieren a los proyectistas, quienes conocen a fondo y a detalle los edificios. Sin embargo, éstos no están obligados a firmar ningún documento. Con el nuevo reglamento será distinto, ya que se está proponiendo que los proyectistas firmen las memorias de cálculo, registren su cédula profesional y firmen los planos, así como que el especialista en mecánica de suelos firme el estudio de mecánica de suelos dando su visto bueno al plano de cimentaciones, puesto que los geotecnistas hacen la recomendación del tipo de cimentación: si es un cajón, si son zapatas aisladas o corridas, pilas, etcétera.

Se está proponiendo que en el nuevo reglamento los proyectistas firmen las memorias de cálculo, registren su cédula profesional y firmen los planos, así como que el especialista en mecánica de suelos firme el estudio de mecánica de suelos dando su visto bueno al plano de cimentaciones, puesto que los geotecnistas hacen la recomendación del tipo de cimentación: si es un cajón, si son zapatas aisladas o corridas, pilas, etcétera.

”Se va a hacer obligatoria la revisión de los proyectos estructurales ante el ISCDF. Entonces se va a revisar no solamente la estructura, sino también el estudio de mecánica de suelos; yo no concibo una revisión completa de un edificio si no se hizo la de este estudio, porque de existir anomalías en él, la obra podría presentar problemas en su comportamiento aunque esté muy bien diseñada la estructura.”

El tema de las responsabilidades ante la ley involucra a los especialistas, pero consultamos a Renato Berrón sobre las de los propietarios, quienes, en definitiva, suelen tener la última palabra.

“También están considerados en la nueva versión del reglamento. De hecho, hay un artículo sobre las obligaciones y responsabilidades del propietario; entre otras, el propietario tiene la obligación de contratar el seguro de responsabilidad por daños a terceros; entonces, una obra de cierta magnitud, no todas, tendrá la obligación de contar con este seguro.”

Antes de despedirnos le preguntamos al doctor Berrón cuáles son los principales desafíos que hoy enfrenta el Instituto para la Seguridad de las Construcciones en el Distrito Federal.

“El principal desafío una vez publicado el Reglamento de Construcciones –nos dice– es que las revisiones del proyecto estructural se realicen bien y que lleguen a buen término; esto quiere decir que el instituto tiene que ajustarse a los tiempos actuales de una obra, es decir, no perjudicar los proyectos; no queremos que se retrasen, no queremos ser un cuello de botella, pero tenemos la atribución de revisar y garantizar que se esté cumpliendo el Reglamento de Construcciones. Aquí quiero ser muy claro: una cosa es que garanticemos que se cumpla el reglamento y otra es que se pueda garantizar que el edificio nunca vaya a sufrir daño. Lo que haremos en el ISCDF es garantizar que el proyecto estructural, incluido el estudio geotécnico, cumpla con el reglamento; en la medida en que esto suceda vamos a lograr que el edificio tenga un mejor comportamiento. En resumen, nuestro principal reto es no entorpecer los proyectos de inversión, y al mismo tiempo garantizar que los proyectos estructurales de esos grandes edificios por erigirse cumplan con la normatividad” ♦♦

Entrevista de Daniel N. Moser

José Antonio Cuevas, impulsor de la mecánica de suelos

No se puede dissociar el avance en el conocimiento de la mecánica de suelos de José A. Cuevas, quien con sus aportaciones contribuyó a fincar las bases de esta especialidad.



José Antonio Cuevas Montes de Oca nació el 13 de noviembre de 1890. Fue un hombre de ciencia, matemático, investigador cuya reputación y nombre conquistó a fuerza de labor continua y entusiasta; su ciencia fue inspirada e intuitiva desde la niñez.

Desde sus estudios primarios mostró su singular capacidad. Aprendió a leer y a escribir en su casa, con sus padres. El tercero y el cuarto años de enseñanza básica los cursó en las escuelas primarias 83 y 5. Los dos últimos años los cursó en la Escuela Superior No. 1. Fue siempre un alumno destacado.

En el tercer año de la Preparatoria Nacional tuvo que interrumpir sus estudios por el fallecimiento de su padre, pues debió solucionar problemas económicos. Sustentó los exámenes a título de suficiencia y de esta manera pudo continuar sus estudios cursando 4° y 5° año. Fue representante de la Sociedad de Alumnos ante el Consejo Universitario.

En los cinco años de preparatoria recibió premios y medallas por su desempeño. En el quinto año recibió además la medalla de oro y un diploma especial por haber logrado el primer lugar.

En la Escuela Nacional de Ingenieros estudió la carrera de Ingeniería civil, siempre con las mejores calificaciones.

José A. Cuevas fue profesor de Matemáticas en cursos secundarios y preparatorios; de Estabilidad de las construcciones en la Escuela Nacional de Bellas Artes, y de Estática y estabilidad en la Facultad de Ingeniería, donde fundó la clase de Concreto armado.

Director de la Escuela Nacional de Ingenieros, representante de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos ante el Consejo Universitario, profesor del Colegio Militar, conse-

jero coordinador de los planes de estudio de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Politécnico, nombrado por el secretario de Educación Pública Narciso Bassols. En la Secretaría de Recursos Hidráulicos formó parte de la Comisión Nacional Hidráulica de la Cuenca del Valle de México. Trabajó en la Comisión de Caminos.

Fue sucesivamente visitador especial e inspector de Enseñanzas Técnicas; jefe del Departamento de Ingeniería de la Dirección de Obras Públicas de la Ciudad de México; jefe

de Ingenieros e Inspectores, e ingeniero consultor de la Comisión Nacional de Caminos; director de la Facultad de Ingeniería de la UNAM; jefe de la investigación realizada en México por la Rockefeller Foundation para conocer la situación social y el porvenir de las YMCA establecidas fuera de Estados Unidos; fundador y organizador de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura dependiente de la Secretaría de Educación Pública; director de las obras de construcción del Asilo de Ancianos, transformado por él mismo en Casa de Cuna de Coyoacán.

Autor del proyecto y director de las obras de construcción del edificio de la Lotería Nacional para la Asistencia Pública en la Plaza de la Revolución de la Ciudad de México, obras en las que usó procedimientos singularmente novedosos adaptados a las condiciones del subsuelo de la Ciudad de México.

En sus estudios de mecánica de suelos, el fundador de esta ciencia, Karl Terzaghi, le reconoció gran autoridad.

Además, perteneció a diversas asociaciones: el Ateneo de Ciencias y Artes, la Sociedad Alzate, la Sociedad de Artes y Ciencias Cívicas, la Sociedad de Historia y el Centro Nacional de Ingenieros, que presidió durante algunos años al igual que la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Fue también miembro de la Academia de la Lengua y de la Sociedad de Geografía y Estadística, de la que era presidente cuando falleció. Recibió las Palmas Académicas del gobierno francés.

Colaboró en algunas revistas y escribió algunos estudios sobre el hundimiento de la Ciudad de México.

Manteniendo en ejercicio constante y activo todo el tesoro de conocimientos que su rica formación le dio, fue miembro relevante de muy copiosas sociedades profesionales, intelectuales y técnicas: presidente de la YMCA de la Ciudad de México; presidente de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México; delegado de ésta a la I Conferencia Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, celebrada en Harvard; presidente del Comité Mexicano de Cimentación; coorganizador del XVI Congreso Internacional de Planificación y de la Habitación; presidente del Centro Nacional de Ingenieros ante la Comisión Reguladora del Crecimiento de la Ciudad de México y creador del perímetro de la unidad urbana que rige limitativamente el crecimiento de esta ciudad.

Entre las condecoraciones que le fueron impuestas se cuentan los diplomas de primer premio y medallas de plata en cada uno de los años de todos sus estudios, desde 1901 hasta que se suspendió el otorgamiento de ellas en 1913: el ingeniero Cuevas obtuvo el primer premio en los dos temas del concurso del Comité para Propagar el Uso del Cemento, en celebración del primer centenario de su advenimiento como material fundamental específico de la construcción. El gobierno de Francia le otorgó las Palmas Académicas (Officier de l'Instruction Publique) en 1927.

SUS MAYORES CONTRIBUCIONES

A mediados de la década de 1930, José A. Cuevas creó gran inquietud sobre los problemas derivados de la falsa interpretación de la resistencia de los suelos, y fue él la figura más vigorosa que podemos encontrar como precursor del desarrollo de la mecánica de suelos en México.

La cimentación del edificio de la Lotería Nacional comenzó en el año 1934, y debido a que durante las primeras excavaciones se encontró que el exceso de agua en el subsuelo ocasionaba una expansión de los estratos de suelo que se encuentran bajo el fondo de la excavación, el ingeniero Cuevas proyectó el inicio de un nuevo sistema de cimentación al que llamó cajón compensado, una gran obra de ingeniería que destacó en el mundo por su atrevimiento y originalidad. El sistema de cajón compensado permitió a Cuevas realizar un nuevo proyecto, que fue autorizado con un piso subterráneo, entepiso, planta baja y 17 pisos superiores. El programa de edificación continuó en forma paralela a los estudios científicos y técnicos, los cuales permitieron el sostenimiento del edificio.

La construcción de la torre empezó a finales de la década de 1930, y marcaría el comienzo de las grandes construcciones de altura en la Ciudad de México.

Esta construcción enfrentó varios retos, entre ellos el suelo lacustre y altamente compresible de la Ciudad de México; al presentarse amplificación de las ondas sísmicas en superficie en el momento de un terremoto, el edificio pierde estabilidad; por ello, la mejor forma de mantenerlo en su configuración vertical fue construirlo con un sistema de cajón compensado. Cabe destacar que fue el primer edificio en



Edificio de la Lotería Nacional.

el mundo en ser construido por medio de este proceso, y esto marcaría el inicio de la tecnología mexicana en rascacielos en zonas lacustres de alta sismicidad. Para que la cimentación del edificio pudiera comportarse adecuadamente bajo sollicitación dinámica, se incluyó una cimentación de 180 pilas de concreto y acero que penetran a una profundidad de 55 metros para llegar a la capa dura.

En 1936 el ingeniero Cuevas acudió a la Universidad de Harvard, donde con motivo de las fiestas del tercer centenario de su fundación esta universidad acogía el Primer Congreso Internacional de Mecánica de Suelos. Allí presentó su procedimiento de cimentación por cajón compensado, que fue publicado en los *Proceedings of the International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*.

El ingeniero Cuevas fue también uno de los pensadores contra el uso exagerado de pozos en la Ciudad de México. Cuando en 1936 la ciudad comenzó a asentarse rápidamente, a hundirse en forma cada vez más alarmante, él advirtió, con gran instinto, los peligros que había en abusar de la extracción de agua y alterar el equilibrio del líquido que tanta importancia tiene en la Ciudad de México para el equilibrio del suelo mismo.

La sección de Mecánica de Suelos del Instituto de Física comenzó a operar en 1939 con equipo donado por la Universidad de Harvard, gestionado por el ingeniero Cuevas, quien estudió allí ese mismo año bajo la dirección de Arthur Casagrande.

Es copiosísima la lista de sus libros, discursos, conferencias y obras relevantes.

José Antonio Cuevas falleció el 8 de diciembre de 1961 🍷

Elaborado por Helios con información proporcionada por la SMIG.

José Francisco González Valencia

Ingeniero civil con posgrado. De 1976 a 2007 trabajó en la CFE en el área de instrumentación geotécnica de presas, entre otras. Participó en el diseño e implementación de la instrumentación de diversas presas y desarrolló para la CFE el Sistema de Información de Seguridad de Estructuras. Profesor de asignatura en la UNAM. Es consultor en instrumentación geotécnica, análisis del comportamiento y de riesgo en presas. Colaborador del Instituto de Investigaciones Eléctricas en el desarrollo de una nueva metodología para el análisis de riesgo de falla en presas para la CFE.

Efectos de los sismos de septiembre de 1985 en la presa El Infiernillo

La presa El Infiernillo ha sido una de las más estudiadas por investigadores nacionales y extranjeros tanto por sus características como por su ubicación cercana a la zona de subducción y por el hecho de que ha sido pionera en contar con instrumentación geotécnica y sismológica en el mundo, lo cual la convierte en una fuente valiosa de información sobre el comportamiento bajo carga estática y sísmica. La estructura se considera un prototipo a partir del cual se siguen calibrando modelos y criterios de análisis actuales. El resumen del artículo que se reproduce aquí es una muestra de ello y fue publicado en el simposio "Los sismos de 1985: casos de mecánica de suelos", organizado por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos en 1986.

En 1960 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) inició la construcción del proyecto de El Infiernillo para generar 920 MW, en una boquilla situada 55 km aguas arriba de la presa La Villita.

La geología en el sitio de la cortina está caracterizada por conglomerados silicificados con echados de 30° al NE en ambas laderas. El sistema principal de fracturas está orientado de Norte a Sur con inclinación de 70° al N, y ocasionalmente están rellenas con arcilla. Paralelamente al sistema de fallas existen varios diques de basalto cruzando los conglomerados, uno de ellos en el cauce.

La cortina es del tipo de materiales graduados con altura de 146 m y taludes exteriores 1.85:1 tomando en cuenta las bermas (véase figura 2). El núcleo se construyó con un suelo arcilloso de mediana a alta plasticidad ($w_L = 49\%$, $w_p = 29\%$, en

promedio), colocado en capas de 15 cm de espesor con un contenido de agua de 3% mayor que el óptimo y compactado con rodillo pata de cabra hasta un grado de compactación

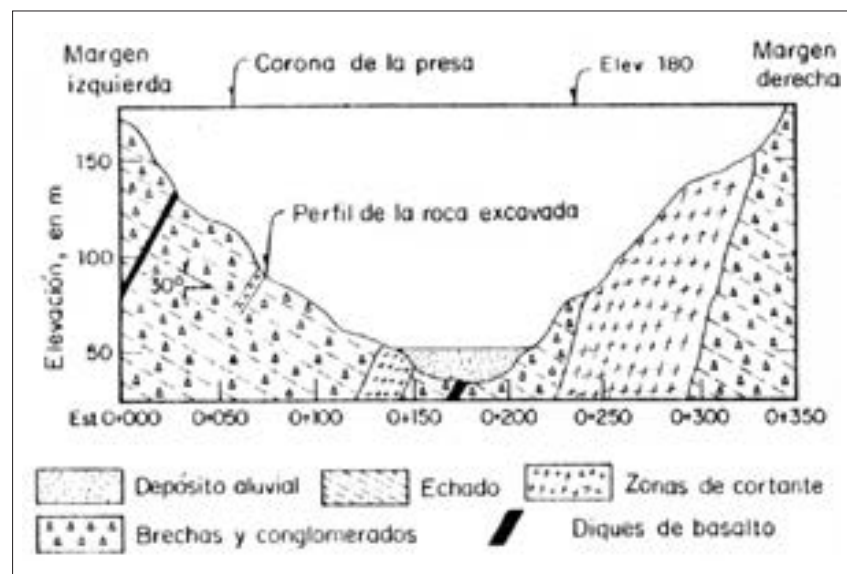


Figura 1. Geología del sitio El Infiernillo a lo largo del eje de la presa.

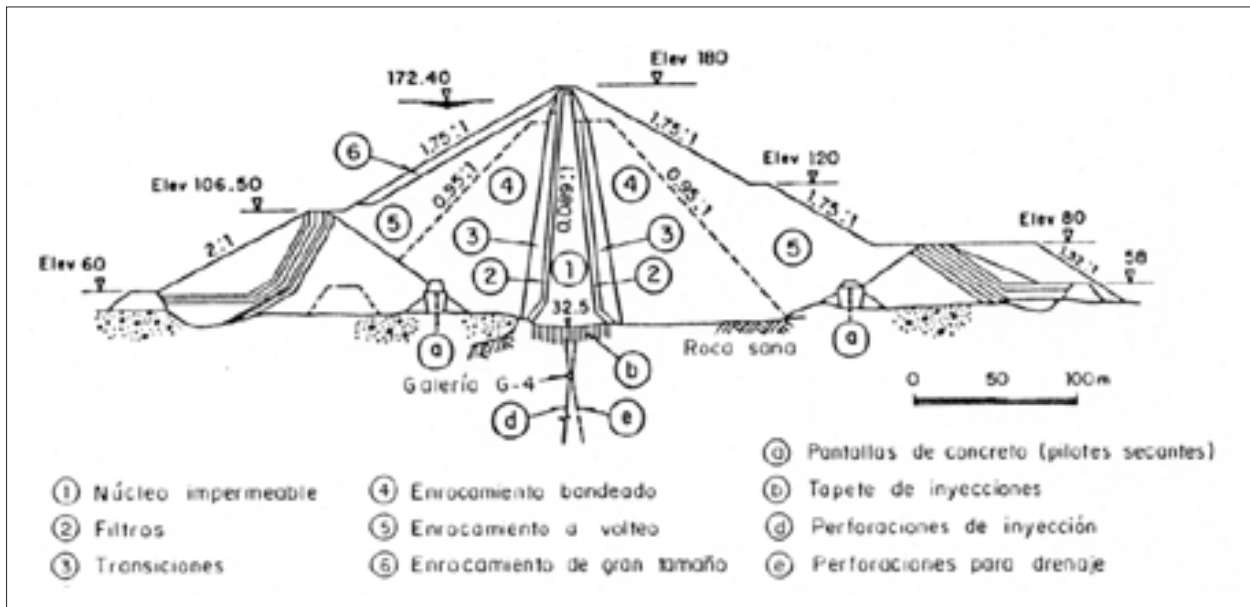


Figura 2. Sección máxima de la presa El Infiernillo.

del orden de 94% respecto a la prueba Próctor estándar. Para los filtros se utilizó arena de depósitos aluviales y para las transiciones, rezaga producto de las excavaciones subterráneas; ambas zonas se compactaron en capas de 30 cm de espesor con rodillo liso vibratorio. Los enrocamientos se construyeron con los conglomerados silicificados extraídos de canteras cercanas, en capas de un metro de espesor, bandeadas con tractor D-8. Los enrocamientos exteriores (material 6) se acomodaron con tractor en capas de 2 m. En CFE (1985), Marsal y Ramírez (1965) y SRH-CFE-UNAM (1976) se presenta la descripción detallada tanto de la construcción de la cortina como de las características y propiedades de los materiales utilizados, así como su tratamiento.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISMOS EN EL SITIO DE LA PRESA

El sitio de la presa El Infiernillo ha sido muy solicitado dinámicamente por la acción de los sismos, aunque las distancias de los epicentros a la cortina son mayores que para la presa La Villita (véase tabla 1). El sismo más intenso también ha sido el del 19 de septiembre de 1985 (S5). El acelerograma registrado durante este sismo en el aparato ubicado en la berma de la elevación 120 se presen-

ta en la figura 3, y las aceleraciones máximas registradas durante los sismos más significativos se muestran en la tabla 1.

Es interesante notar que la aceleración máxima de las componentes vertical y transversal son de la misma magnitud, y que en la longitudinal es mayor (379 gal). La duración de la excitación fue de 86 segundos en la roca de la margen

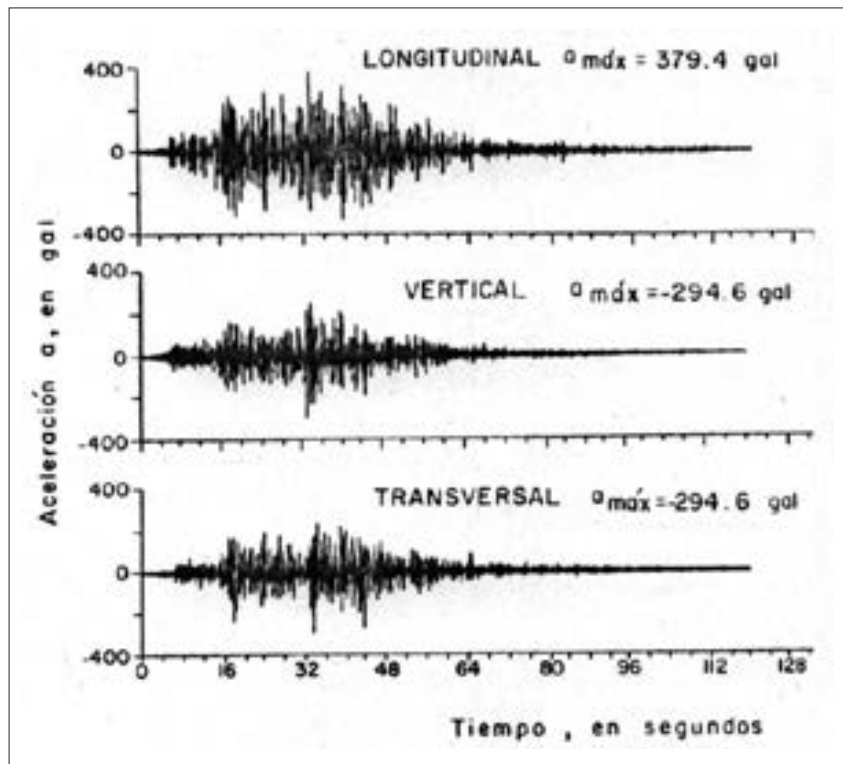


Figura 3. Aceleración vs. tiempo de las tres componentes del acelerograma registrado en la berma a la elevación 120 en la presa El Infiernillo (septiembre 19, 1985).

Tabla 1. Aceleraciones máximas registradas en la presa El Infiernillo durante la ocurrencia de los sismos más significativos

Sismo	Fecha	Magnitud Richter	Aceleraciones registradas (gal)			
			Corona	Berma elev. 120	Margen derecha	Casa de máquinas
S1	11 oct 1975	4.9	a	–	84	–
S2	15 nov 1975	5.9	270	–	87	–
S3	14 mar 1979	7.6	355	–	–	120
S4	25 oct 1981	7.3	a	–	a	a
S5	19 sep 1985	8.1	b	379	132	b
S6	21 sep 1985	7.5	b	b	37	b

a Falta de registros confiables

b No funcionó el acelerógrafo

derecha, frente a 120 segundos en la berma de la elevación 120, lo que nuevamente pone de manifiesto que la estructura continúa vibrando después de terminado el sismo, como se observó en la presa La Villita.

EFFECTOS DE LOS SISMOS

La presa El Infiernillo fue una de las primeras del mundo en ser instrumentadas para observar su comportamiento tanto durante la construcción como en su vida útil, y la instrumentación se diseñó para dar preferencia a la medición de deformaciones; no se instalaron celdas para medir esfuerzos y la observación de las presiones de poro comprende solamente algunos puntos del núcleo y de la cimentación, por lo que los resultados de las mediciones son menos abundantes que en el caso de las presas La Villita y El Caracol. En la figura 4 se muestra la ubicación de acelerógrafos, inclinóme-

tros, deformómetros y líneas de mojoneras, con los cuales ha sido posible conocer la evolución de las deformaciones permanentes en la estructura desde 1963.

Asentamientos

Los asentamientos medidos en las líneas de mojoneras ubicadas en ambos hombros de la corona de la presa se presentan en la figura 5. El valor máximo acumulado en la Línea A desde julio de 1969 hasta octubre de 1985 es de 64.4 cm. Es interesante observar que el sismo S3 causó mayor asentamiento que el S5, con máximos de 12.7 y 11.8 cm, respectivamente. En la Línea N, del hombro de aguas arriba, los asentamientos han sido curiosamente menores: 7.7 y 11.4 cm para los sismos S3 y S5, con un máximo acumulado de 51 cm, aunque el periodo de medición es un año menor. En el caso de esta presa no es posible correlacionar la magnitud de las deformaciones verticales con la intensidad y aceleraciones máximas de los sismos debido a la falta de registros, pero el efecto conjunto de los sismos de la tabla 1 es de 57% del total acumulado para la Línea N, y de 55% para la Línea A. La magnitud de los asentamientos del terraplén disminuye sensiblemente con su elevación, y los máximos registrados en las líneas B y C del talud de aguas abajo son de 13.6 y 2.9 cm, respectivamente.

Los resultados de las mediciones de asentamientos en el interior del terraplén mediante tubos de inclinómetro y deformómetros en el periodo de julio de 1969 a octubre de 1985 se presentan en la figura 6, donde se puede observar que el valor máximo medido en el núcleo es de 55 cm, que se ubica entre lo medido en las líneas de mojoneras de los hombros A y N.

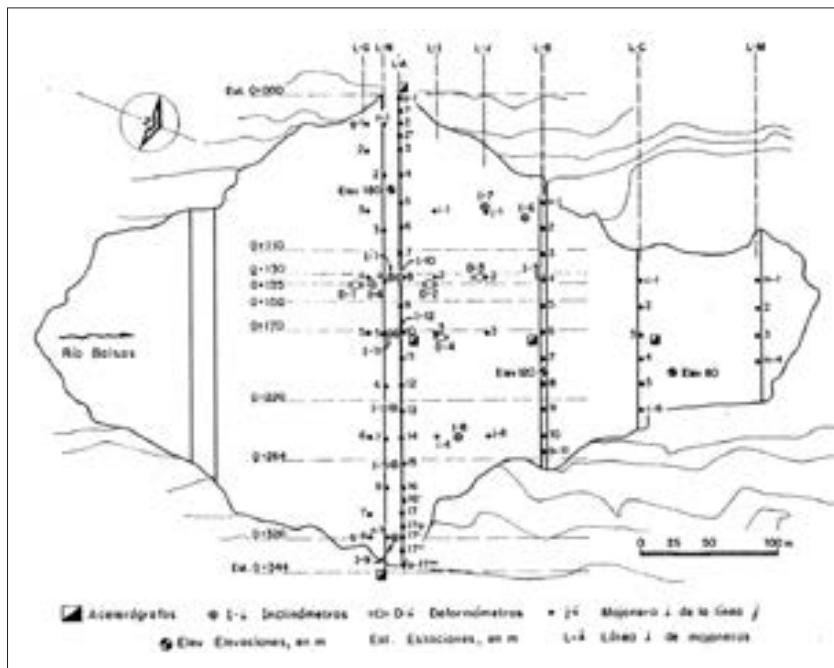


Figura 4. Instrumentación parcial de la presa El Infiernillo.

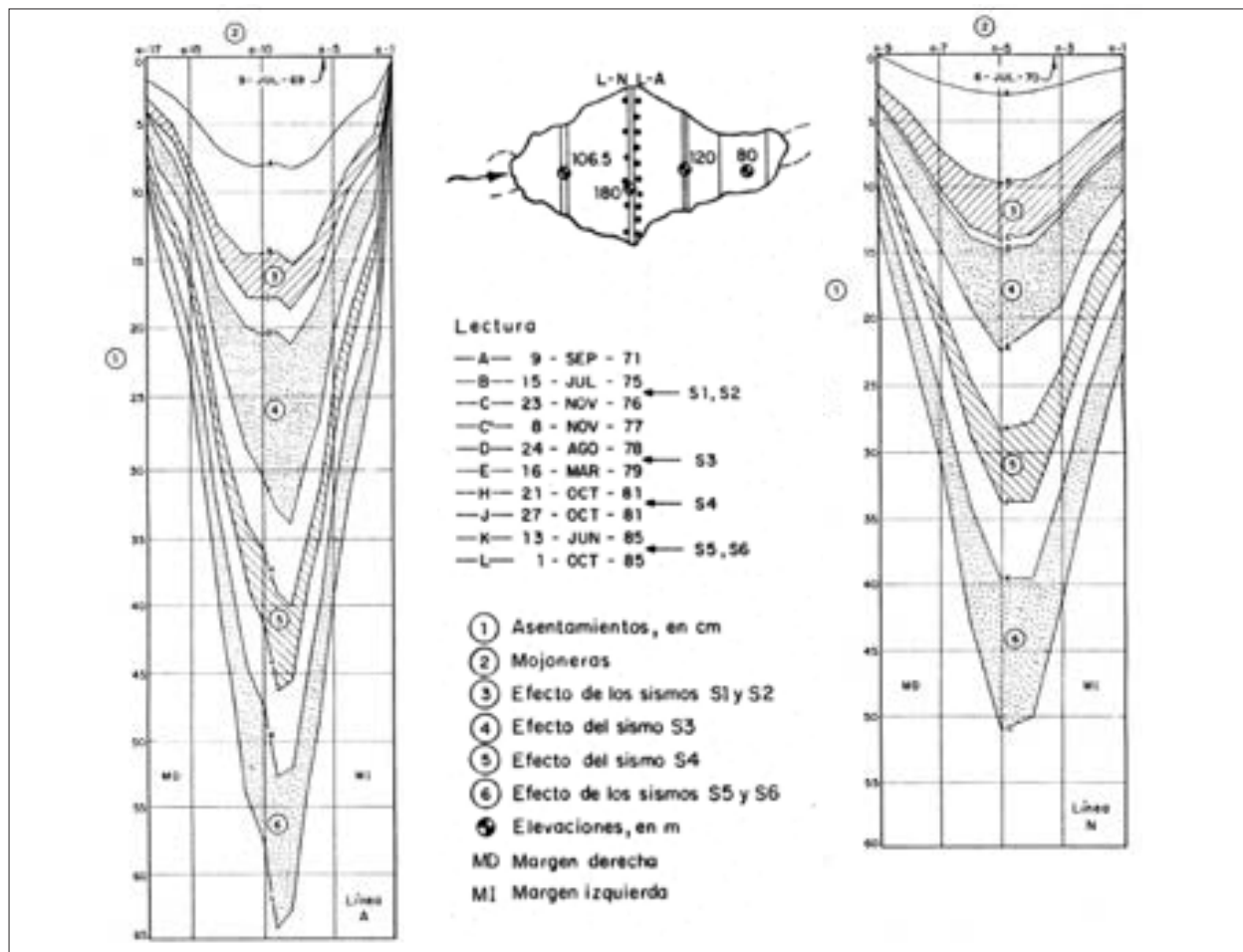


Figura 5. Asentamientos en la corona de la presa El Infiernillo (1969-1985).

Es notorio el pronunciado incremento en los valores medidos en el inclinómetro I-1 entre las elevaciones 120 y 140, lo que se interpretó como indicativo de la presencia de una zona plastificada en el núcleo, identificado en los análisis de esfuerzos y deformaciones realizados con el método de elementos finitos (SRH-CFE-UNAM, 1976). En el respaldo de aguas arriba (deformómetro D-1), los asentamientos son muy uniformes, con un máximo de 45 cm en este periodo, valor 30% mayor al medido en el respaldo de aguas abajo (deformómetro D-2).

Desplazamientos

Los desplazamientos horizontales medidos son de menor magnitud que los asentamientos, con valores máximos de 26, 11, 10.8 y 2.4 cm en las líneas de mojoneras A, N, B y C, respectivamente. La distribución en las líneas A y N es regular y los máximos ocurren en la estación 0+150 aproximadamente, lo que coincide con la zona en que la altura de la cortina es mayor (véase figura 7); además, se observa que las mojoneras cercanas a ambos empotramientos tienen tendencia a desplazarse hacia aguas arriba, aunque con valores pequeños, menores de 6 cm. Esto fue

analizado por Raúl J. Marsal y colaboradores, quienes concluyeron que la causa es una marcada flexión del núcleo durante el primer llenado de la presa, favorecido por su esbeltez (SRH-CFE-UNAM, 1976). Esto se refuerza por el hecho de que la mayoría de las mojoneras de las líneas de la corona se desplazan hacia aguas abajo, comportamiento que puede interpretarse como una flexión del núcleo alrededor de la elevación 120, tercio superior de la zona identificada como plastificada, que es donde se presentan bruscos asentamientos en el inclinómetro I-1. La esbeltez de la cortina y el delgado espesor del núcleo son factores que influyen de manera importante en el comportamiento observado.

Agrietamientos

El sismo del 19 de septiembre de 1985 (S5) causó la formación de dos grietas longitudinales a lo largo de toda la corona de la presa, que coinciden con el contacto de las banquetas de ambos parapetos con el terraplén, de abertura variable entre 2 y 150 mm (véase figura 8). También se formaron dos grietas intermedias y algunas transversales pequeñas en la proximidad de ambos empotramientos. Como resultado de

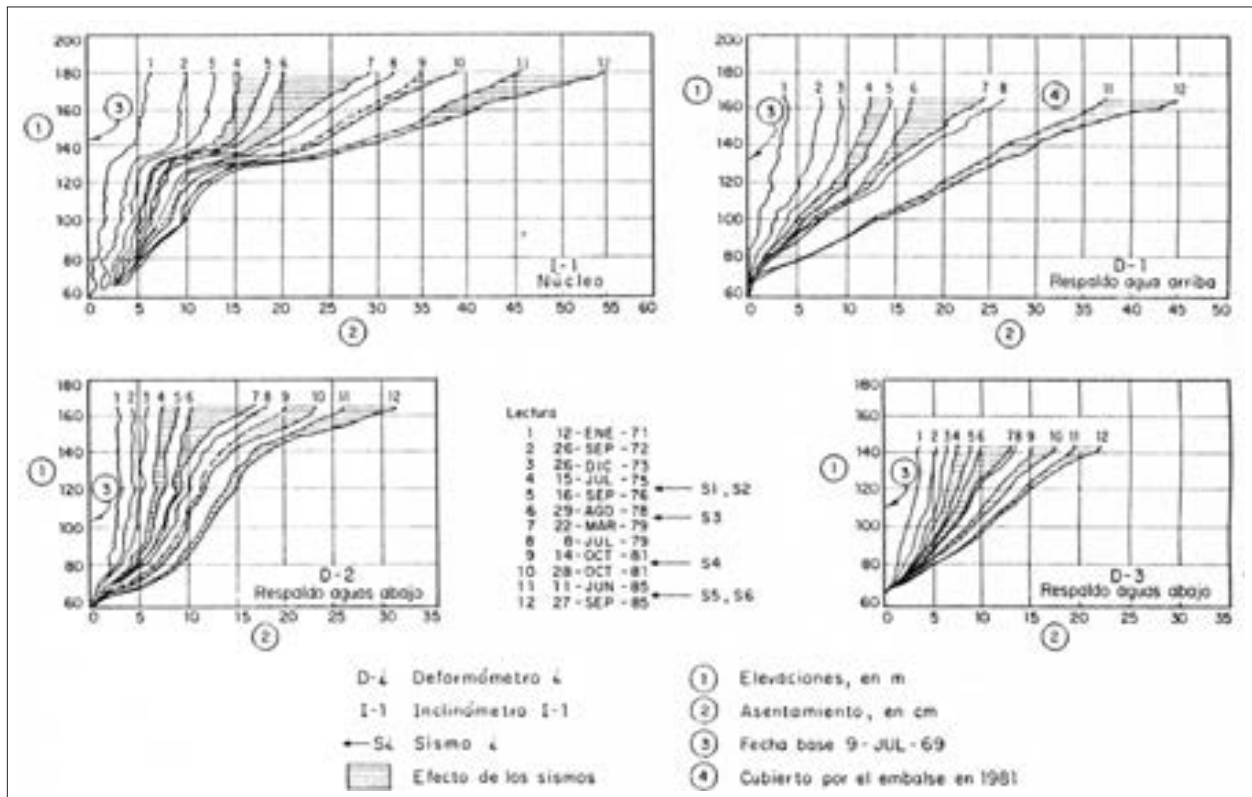


Figura 6. Asentamientos medidos en el núcleo y en los respaldos de la presa El Infiernillo (1969-1975).

observaciones hechas en pozos a cielo abierto, la profundidad de las grietas más conspicuas era del orden de 30 cm, es decir, superficiales.

El patrón de agrietamiento es muy similar al observado después del sismo S3, y es resultado del mayor asentamiento de los respaldos en relación con el núcleo, como manifestación de la diferencia de comportamiento de los materiales granulares de los respaldos, que tienden a disgregarse en cada ciclo de carga, en comparación con los materiales arcillosos del núcleo, que se mantienen unidos por la cohesión.

Las grietas transversales coinciden con el cambio de pendiente del terreno en la parte superior de los empotramientos y no afectaron de ninguna forma al núcleo.

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Los efectos de los sismos en la presa El Infiernillo han sido importantes y modifican la tendencia al equilibrio, en condiciones estáticas, de las deformaciones permanentes que



Instrumentación Geotécnica de Vanguardia y Sistema de monitoreo GPS

ENSESA ha estado presente en obras de infraestructura de gran importancia en México, como son carreteras, túneles, puentes, presas, emisores de efluentes de gran tamaño, difusores viales y segundos niveles de vialidad así como líneas del metro.



experimenta el terraplén. Este efecto es más notorio en la parte superior de la presa y disminuye rápidamente con su altura, resultado similar al observado en la presa La Villita y otras presas reportadas en la bibliografía, lo que se debe a las características geométricas de la cortina, ya que la sección transversal disminuye con la altura y, al mismo tiempo, aumenta la sección longitudinal, cambia las restricciones laterales al movimiento y reduce el empotramiento con la altura.

El impacto de los temblores de septiembre de 1985 fue el mayor que ha sufrido la presa por carga sísmica, pero los valores máximos tanto de asentamientos como de desplazamientos horizontales fueron pequeños, casi de la mitad comparados con los medidos en la presa La Villita a pesar de que la aceleración registrada en la roca de la cimentación fue mayor en El Infiernillo; esto implica una amplificación de aceleraciones debida a la presencia del potente estrato de aluvión en la cimentación de la presa La Villita.

Por otro lado, la aceleración máxima registrada en la berna a la elevación 120 de la presa El Infiernillo fue mayor que la máxima registrada en la corona (elev. 180) durante el sismo de marzo de 1979 (S3), pero los efectos en el terraplén fueron similares –contra lo que sería lógico esperar–, resultado que también pone de manifiesto que la respuesta de las estructuras no sólo depende de la magnitud de los sismos, sino que existen otras variables y fenómenos relevantes.

Los efectos de la geología regional y local, incluyendo la ubicación y características de las fracturas más notables en

el trayecto de las ondas sísmicas del epicentro al sitio, son factores básicos en el fenómeno de amplificación o amortiguamiento de las aceleraciones del terreno, por lo que surge la necesidad de realizar estudios de detalle para ponderar los análisis de riesgo por sismo en cada presa.

Otro aspecto importante es la determinación de las propiedades dinámicas de las cortinas, en particular las frecuencias predominantes de vibración, para comparar los espectros de respuesta de aceleraciones y velocidades absolutas que se han podido obtener en cada presa y concluir sobre el impacto real que produce un sismo con características definidas. Esto permitiría explicar por qué la presa El Infiernillo tuvo una respuesta similar ante dos temblores de magnitud, duración y epicentro tan diferentes como los sismos S3 y S5 (véase tabla 1).

Los taludes de la presa El Infiernillo son estables a pesar de que la fuerza de diseño considerada en el método pseudoestático ha sido ampliamente rebasada, lo que lleva a cuestionar la validez del método que aparentemente resultó muy conservador, pero también hace pensar que existen mecanismos de amortiguamiento y de asimilación de energía sísmica quizá por deformación y reacomodo de partículas, fenómeno poco comprendido y que será necesario investigar en el futuro. La modificación instantánea y permanente de las propiedades mecánicas de los materiales constitutivos y su interacción son otros aspectos que requieren mayor conocimiento, a pesar de las investigaciones realizadas al respecto (Makdisi y Seed, 1979).

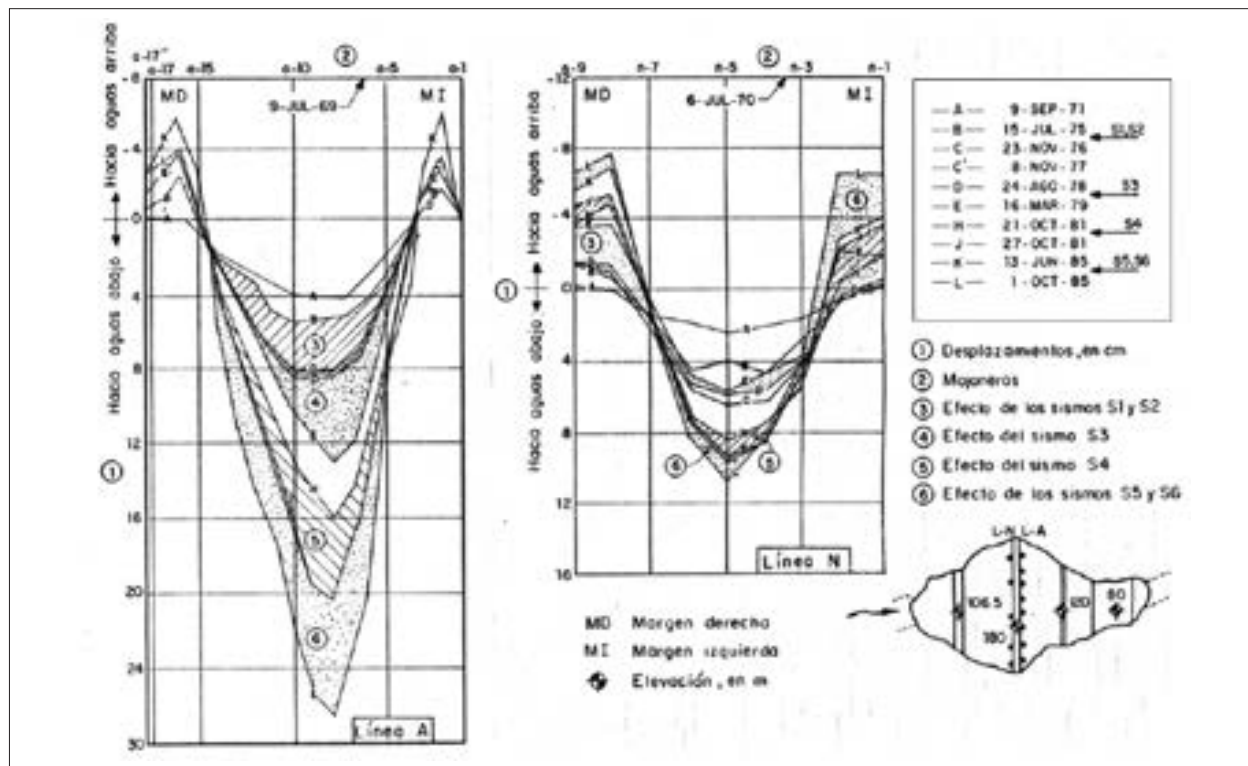


Figura 7. Desplazamientos horizontales en la corona de la presa El Infiernillo (1969-1985).

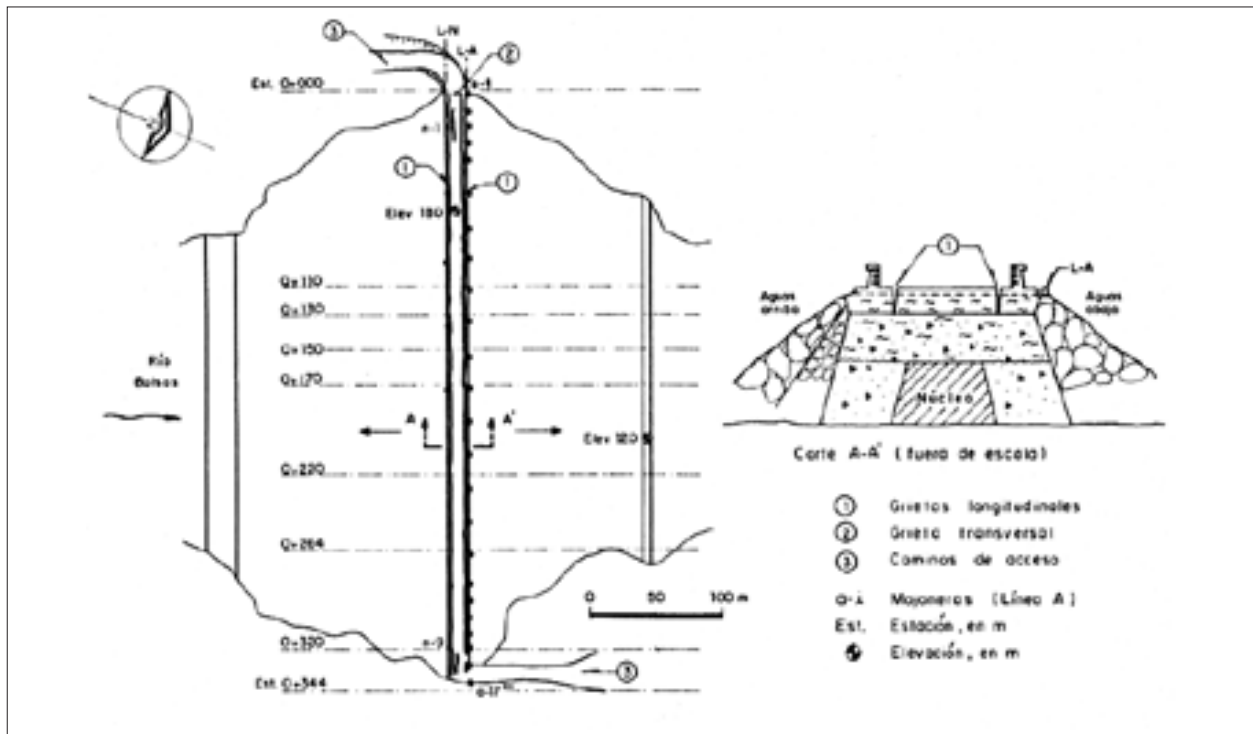


Figura 8. Localización de grietas debidas al temblor del 19 de septiembre de 1985.

El bordo libre en la presa El Infiernillo era originalmente de 3.6 m, considerando el nivel de aguas máximo extraordinario (176.4 m). Si se toma en cuenta que el asentamiento medido en la corona de la presa desde el término de la construcción a la fecha [1985] es de aproximadamente 1.5 m, el bordo libre resulta de 2.1 m, lo que se considera insuficiente. Para restituir la pérdida de bordo libre y mejorar el control de avenidas, se decidió sobreelevar la corona en 4 m utilizando gaviones y construyendo una pantalla de arcilla entre el núcleo y hasta la elevación 180 m. Este trabajo fue terminado en febrero de 1986 y proporciona mayor seguridad a la presa contra desbordamiento ❖

Referencias

- Comisión Federal de Electricidad (1985). Comportamiento de presas construidas en México. Vol. II. Publicación núm. 47. Contribución al XV Congreso Internacional de Grandes Presas, Lausana, Suiza. Junio, México: CFE.
- Makdisi, F. I. y H. B. Seed (1979). Simplified procedure for evaluating embankment response. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*. No. GT12. Diciembre, 1427-1434. Nueva York: AASCE.
- Marsal, R. J., y L. Ramírez de Arellano (1965). Presa El Infiernillo. Observaciones en la cortina durante el periodo de construcción y primer llenado del embalse. México: Comisión Federal de Electricidad.
- SRH-CFE-UNAM (1976). Comportamiento de presas construidas en México. Vol. I. Contribución al XII Congreso Internacional de Grandes Presas. México.

TRADE ACERO

TABLESTACA METÁLICA SUMINISTRO Y ASESORAMIENTO TÉCNICO

www.tradeacero.com Tel: 52 [442] 229 1328 y 229 1327 Correo: contacto@tradeacero.com *INVENTARIOS EN MÉXICO

Efraín Ovando Shelley

Doctor en Ingeniería con especialidad en Mecánica de suelos. Investigador de tiempo completo en el II-UNAM y profesor en la División de Estudios de Posgrado en la Facultad de Ingeniería de esta misma institución. Es miembro de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica y de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.

Enrique Santoyo Villa**Marcia Pinto de Oliveira****Natalia Parra Piedrahita**

La zona arqueológica Cacaxtla

Con la revisión de la estructura piramidal prehispánica de Cacaxtla culmina la serie de artículos relacionados con las medidas de mitigación de los efectos de los sismos en monumentos arquitectónicos, luego de haberse abordado los casos de la Catedral Metropolitana de la Ciudad de México y el templo de la Compañía de Jesús en la ciudad de Puebla.

1. INTRODUCCIÓN

Las ruinas de la ciudad de Cacaxtla, en Tlaxcala, están en la cima de una colina que fue nivelada y cubierta sucesivamente durante muchos años. Los rellenos de cobertura son heterogéneos, dado que pueden contener tobas volcánicas blandas y remoldeadas, así como arenas limosas colocadas para rellenar el terreno natural o para cubrir las viviendas o casas que fueron enterradas a fin de construir nuevas estructuras en la parte superior de éstas. Los rellenos se reforzaron o mejoraron colocando gravas de gran tamaño a separaciones bastante regulares para formar elementos verticales de entre 20 y 30 cm de ancho. La mayoría de los materiales que se encuentran en el sitio tienen muy bajos contenidos de agua y permanecen secos por largos periodos.

Cacaxtla permaneció enterrada y olvidada durante siglos, hasta principios de la década de 1950 cuando comenzaron las exploraciones arqueológicas. Fue entonces cuando se descubrió un gran número de pinturas murales policromadas, como la que se muestra a manera de ejemplo en la figura 1. El descubrimiento de esas pinturas provocó una excavación arqueológica más extensa, y hacia



Figura 1. Una pintura mural en Cacaxtla que representa un guerrero o un sacerdote.



Figura 2. Vista parcial de la gran cubierta metálica y de uno de los lados inclinados del sitio.

la década de 1970 la mayor parte de las capas superiores de las etapas constructivas sucesivas fueron expuestas. Más murales aparecieron y en un esfuerzo para preservarlos se colocó en toda la zona una gran cubierta soportada por una estructura de acero. En la figura 2 se muestra una vista parcial del techo, así como uno de los lados inclinados de la colocación.

2. CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA Y GEOTÉCNICA

Cuando el sitio fue descubierto y explorado cambió el contenido de agua de los rellenos y los materiales subyacentes. Al parecer, este fue uno de los factores que contribuyeron a la aparición de fisuras y grietas en los pisos antiguos y pavimentos. Sin embargo, este no es el único factor perjudicial identificado hasta ahora. De hecho, también se observaron y registraron movimientos en taludes y otros signos de inestabilidad; por eso el doctor Luis Barba, del Instituto de In-

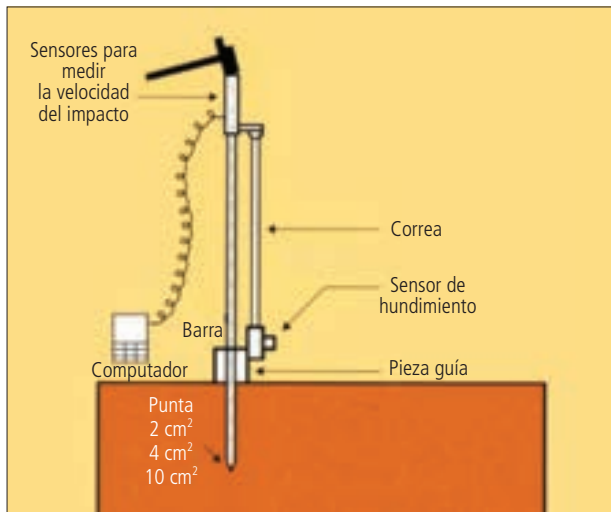


Figura 3. Ilustración esquemática del penetrómetro dinámico PANDA utilizado en Cacaxtla.

vestigaciones Antropológicas de la UNAM, llevó a cabo una amplia campaña de sondeos de georradar; los resultados de esta campaña no fueron concluyentes, ya que la interpretación llevó a algunas conclusiones contradictorias. Se decidió entonces realizar una serie de sondeos geotécnicos directos, principalmente para calibrar los sondeos de georradar.

Debe tenerse en cuenta que las técnicas de exploración geotécnica convencionales se descartaron en este caso, ya que incluso el más ligero y pequeño de los equipos de perforación disponibles hubiera producido un daño inaceptable en los pisos o pavimentos antiguos. Por la misma razón, los arqueólogos descartaron la realización de pozos a cielo abierto dentro de la zona restringida. En vista de esto, se decidió utilizar un penetrómetro dinámico portátil manual,

instrumentado para medir una resistencia a la penetración normalizada. Los sondeos realizados por los doctores José Luis Rangel y Enrique Ibarra conllevan la perforación de barrenos de pequeño diámetro, 12.7 mm, que fueron aceptables para los arqueólogos.

En la figura 3 se ilustra el dispositivo utilizado. El penetrómetro es hincado manualmente en el suelo con un martillo. Un transductor mide la profundidad a la que penetra el dispositivo después de cada impacto y otro mide la velocidad de penetración. Conociendo la masa involucrada hasta donde se permite que penetre la punta cónica, se estima la resistencia a la penetración a partir de la energía cinética implicada. Los datos producidos son registrados por un computador para luego obtener perfiles de penetración en el sitio. La profundidad máxima que alcanzó el penetrómetro fue de 7 m, que para este caso resultó ser adecuada.

La resistencia a la penetración medida con el dispositivo PANDA puede correlacionarse con la resistencia al corte; esas correlaciones se establecieron a partir de los resultados de ensayos triaxiales no consolidados drenados (UD), realizados a partir de muestras recobradas de pozos a cielo abierto en la base de la gran plataforma. Los resultados de las pruebas de penetrómetro fueron también de bastante utilidad para definir las principales características estratigráficas del sitio.

Resultados e interpretación. El trabajo geotécnico de campo comprendió 35 sondeos de penetrómetro dinámico dentro de la zona restringida, así como cuatro pozos a cielo abierto fuera de ella y en la base de los taludes. Se realizaron ensayos triaxiales no consolidados drenados sobre muestras recuperadas de los pozos. La gráfica de la figura 4 muestra los resultados de tres de las pruebas de penetrómetro sobre-

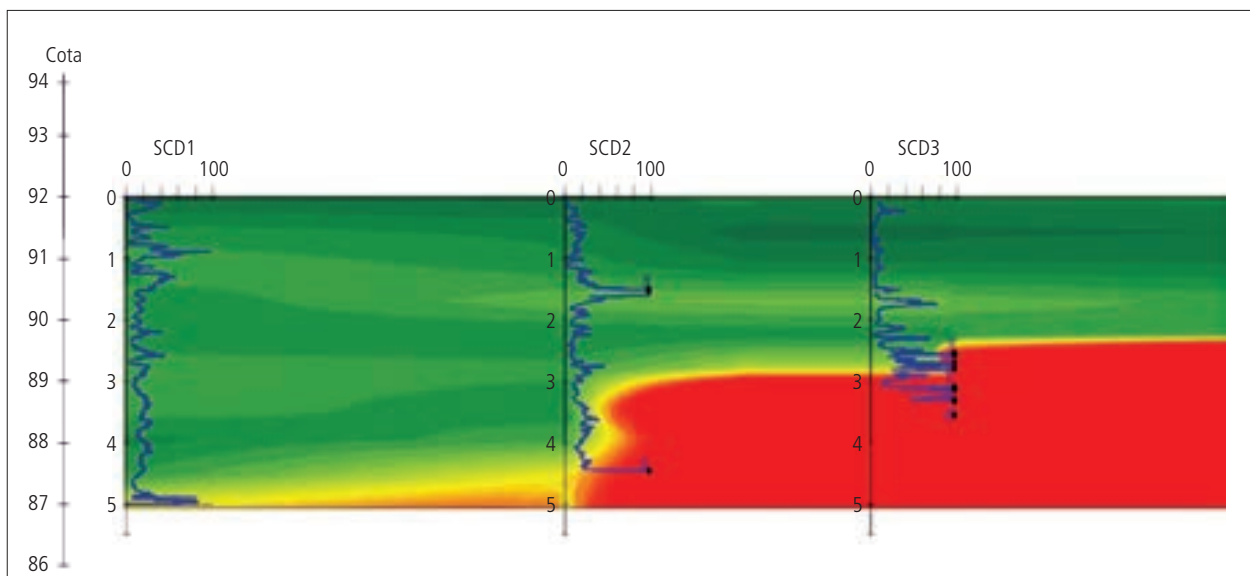


Figura 4. Correlación entre pruebas de penetrómetro y sondeos de georradar hechos por el doctor Luis Alberto Barba (Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM).

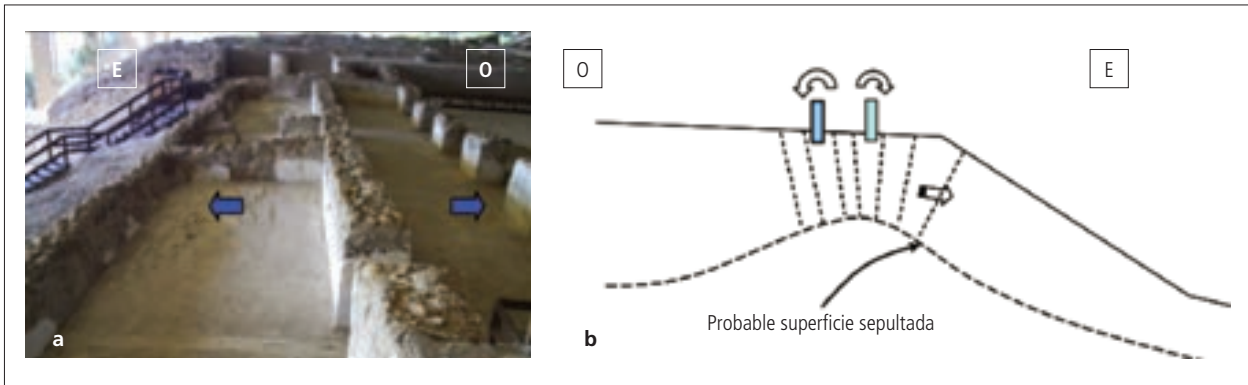


Figura 5. Mecanismo de falla identificado a partir de la interpretación de los datos geotécnicos y geofísicos de campo.

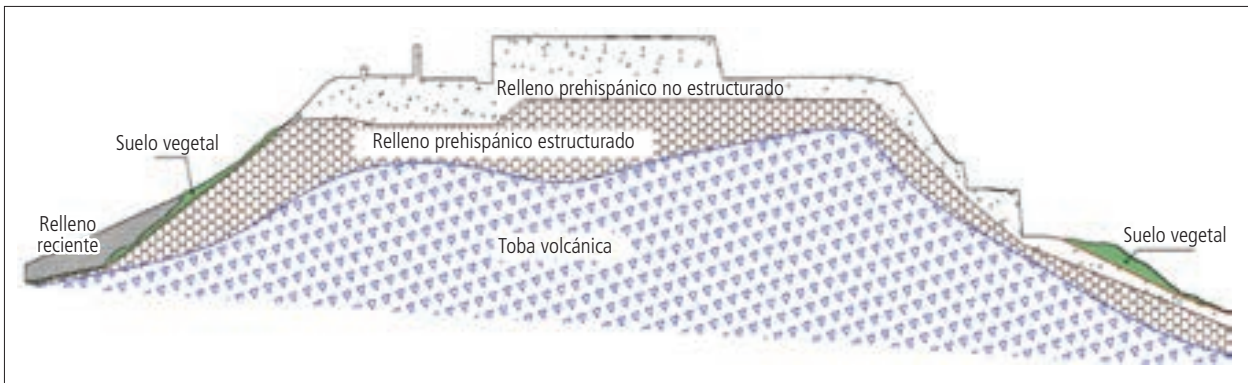


Figura 6. Modelo geotécnico de Cacaxtla.

puestas a los resultados interpretados de georradar. Como allí se ve, se identificaron también los rellenos más blandos y los estratos más duros (tobas volcánicas consolidadas) a partir de los resultados de los ensayos de penetrómetro y los sondeos de georradar.

De la interpretación de los datos de las pruebas de campo se deriva el mecanismo de la figura 5, el cual explica

fácilmente las grietas y fisuras que se observaron en los pavimentos de estuco antiguos. Como se ve allí, las grietas se pueden asociar a los desplazamientos inducidos por varios mecanismos posibles. Uno de ellos es un mecanismo de deslizamiento del suelo en el talud en el contacto entre los rellenos sueltos y las tobas volcánicas naturales más duras.

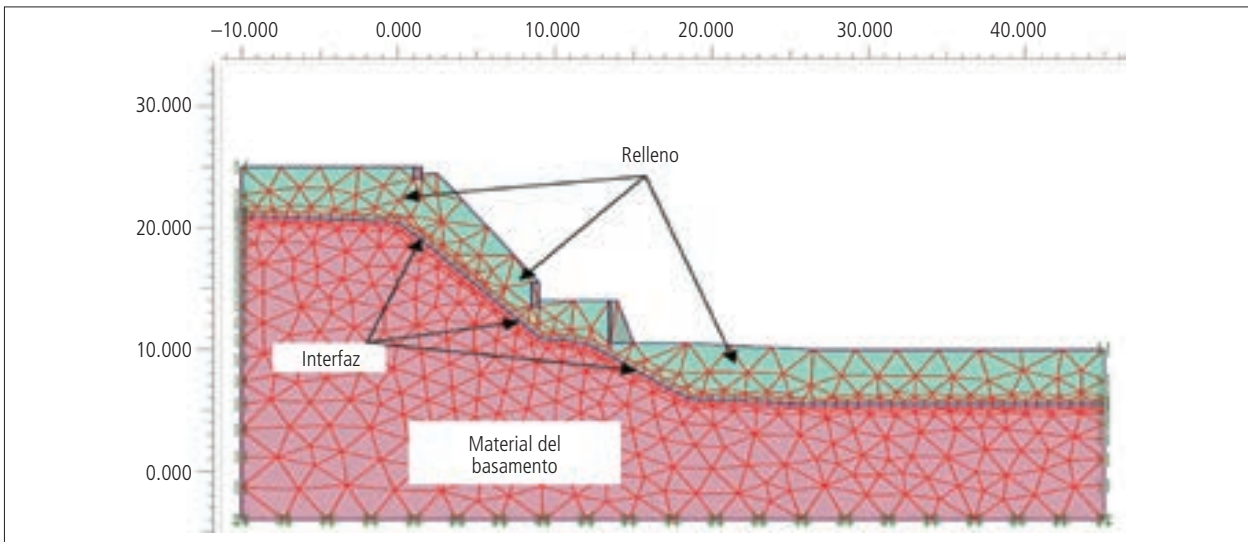



Figura 7. Modelo en elemento finito de la sección transversal más crítica en Cacaxtla.

En la figura 6 se presenta el modelo geotécnico general para el sitio. Se identifican dos tipos de rellenos prehispánicos a partir de cortes a lo largo de los taludes de la estructura. El relleno superior o reciente está constituido por limos arenosos o arcillas arenosas de baja plasticidad. El contenido de arena puede variar considerablemente. El otro relleno es similar pero puede erosionar más fácilmente. Estos materiales son muy sueltos, ya que estaban compactados de manera deficiente y cubiertos con un revestimiento de piedra o estuco superficial que contribuyó a la estabilidad de los taludes. Una hipótesis es que cuando la ciudad fue abandonada, unos 100 años atrás, la vegetación cubrió poco a poco toda la estructura y la mantuvo estable hasta el descubrimiento de los murales. En el sitio hay varias zonas de fallas menores y locales, pero la amenaza sísmica es una evidente fuente de preocupación.

Análisis geotécnicos. Los doctores Rangel e Ibarra también evaluaron las condiciones de estabilidad de los taludes por medio de un modelo de elementos finitos en dos dimensiones. Las propiedades de los materiales se obtuvieron a partir de los resultados de ensayos triaxiales no consolidados drenados realizados en muestras recuperadas de los pozos a cielo abierto. También, algunos de estos resultados se

utilizaron para correlacionar los valores de laboratorio de la resistencia al corte con la resistencia a la penetración. La malla de elementos finitos que representa la sección transversal más crítica se muestra en la figura 7. El suelo fue modelado como un sólido elastoplástico que obedece el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, y se usaron elementos de la interfaz para modelar las propiedades en el contacto entre los rellenos sueltos y los materiales naturales de la base (tobas volcánicas).

Los resultados de los análisis mostraron que los factores de seguridad de la sección transversal estudiada en condiciones estáticas fueron aproximadamente de 1.2, para un mecanismo de deslizamiento consistente con el patrón de agrietamiento observado .

Nota:

Este artículo es un complemento de “Medidas de mitigación contra amenaza sísmica en monumentos históricos. Consideraciones iniciales”, publicado en *Geotecnia* 235, páginas 22-28, donde se ofrece un panorama general del tema y su lugar en el contexto mexicano. Véase también “Medidas contra amenaza sísmica en la Catedral Metropolitana y el templo de la Compañía de Jesús”, *Geotecnia* 236, páginas 17-22.



Pilotec
Cimentaciones Profundas

Pilas
Muros Milán
Tablestacas
Pruebas de carga
estáticas y dinámicas
Pilotes
Anclas
Pantallas
flexoimpermeables
Sistemas de anclaje
Pruebas de integridad
Consultoría y diseño geotécnico

+ (52) (55) 9150-1208, 9150-1209, 9150-1210
www.pilotec.com.mx
pilotec@prodigy.net.mx



Ricardo Roberto Rojo Yaniz

Ingeniero geólogo, profesor de Geología y Geomorfología del Departamento de Geotecnia, División de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Juan José Medina Ávila

Ingeniero geólogo, profesor de Geología del Departamento de Geotecnia, División de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Eduarne Marcos Redorta

Geógrafa.

Visita técnica académica a la cantera de los Pumas en la Ciudad Universitaria

Como parte de las visitas programadas para estudiantes de la asignatura de Geología, que forma parte del plan curricular de la carrera de Ingeniería civil que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se realiza una visita académica a la cantera de los Pumas en la Ciudad Universitaria, con el propósito de introducir a los estudiantes en el conocimiento complementario práctico de las rocas en paisajes volcánicos y su relación con obras de ingeniería.

Durante la visita académica se muestra y explica a los alumnos la obra de ingeniería de la cantera de los Pumas (Cantera Puma), que es una mina a cielo abierto, y la construcción de dos túneles en paralelo para el traslado de la materia prima hacia la planta de asfalto que se encuentra en Avenida del IMAN. Se destaca que los materiales utilizados en la construcción se hallan en el sitio y se explica la manera en que se aprovecharon durante un periodo no mayor a 25 años.

El estudiante comenzará a observar y describir la sección visible de un afloramiento rocoso de origen ígneo para comenzar a trabajar en la elaboración de una sección (esquema) que servirá para que descubra el número de coladas de lava generadas por el volcán Xitle durante $\pm 1,700$ años.

La segunda estación de trabajo consiste en recabar muestras macroscópicas de roca con martillo de geólogo de 10 a 12 cm de largo, 8 cm de ancho y 5 cm de alto (tamaño que se puede asemejar al de una mano). La muestra obtenida en campo se describirá con el propósito de conocer su mineralogía a simple vista con una lupa de mano; esto se hace para



Figura 1. Localización del volcán Xitle y de la Cantera Puma (tomado de Google Earth, 2014).



Figura 2. Mapa esquemático que muestra la extensión de los flujos de lava que emanaron del volcán Xitle y conforman el Pedregal (tomado de Siebe, 2009).

un reconocimiento macroscópico según el método geológico de descripción mineralógica en campo.

En la tercera estación de trabajo se hace un recorrido hacia los manantiales para reconocer la permeabilidad del sustrato de suelo y la contención de agua con la construcción de bordos. Se destaca el aprovechamiento de los recursos naturales, que ha sido mejorado por la ingeniería civil.

DESCRIPCIÓN DEL VOLCÁN XITLÉ

El volcán Xitle se encuentra localizado en la parte meridional de la Ciudad de México, a casi 10 km en dirección SSW de la Ciudad Universitaria; sus productos lávicos de composición basáltica fueron distribuidos en un periodo relativamente corto hace aproximadamente 1,670 años, es decir, ocurrió ayer en términos geológicos. Este aparato volcánico fue el último en formarse en la Faja Volcánica Transmexicana, región a la que pertenece (véase figura 1).

El Xitle presenta una forma cónica y está constituido principalmente por materiales piroclásticos que consiste en

Tabla 1. Puntos de localización de la Cantera Puma en sus cuatro ejes

Localización de los puntos	Paralelo Latitud Norte	Meridiano Longitud Oeste
NW	19° 19' 13.75"	99° 10' 25.82"
NE	19° 19' 16.51"	99° 10' 20.64"
SW	19° 18' 47.40"	99° 10' 20.18"
SE	19° 18' 50.76"	99° 10' 11.44"

escorias y lapilli, conocido como tezontle (de 64 a 2 mm), y cenizas o tefras (<2 mm); se desarrolló en las laderas del extinto volcán Ajusco y ambos cubren un área aproximada de 70 km².

La erupción se inició de manera estromboliana, es decir, cuando el magma basáltico, rico en gases, llegó desde profundidades mayores a 50 km (manto superior) hasta la superficie (Cervantes y Wallace 2003a y 2003b). La despresurización del magma y la consecuente expansión rápida de los



Figura 3. Mapa de localización de la Cantera Puma (tomado de Google Earth, 2014).



Figura 4. Localización de los dos túneles que atraviesan la avenida Aztecas (tomada de Google Earth, 2014).

gases produjo un estilo eruptivo moderadamente explosivo, que fragmentó al magma y dio lugar al emplazamiento de capas de cenizas volcánicas a partir de una columna eruptiva cuya altura fluctuó intermitentemente. Los fragmentos de lava más grandes (escoria) se depositaron cerca del conducto, mientras que las partículas más finas (ceniza) fueron arrastradas por el viento a grandes distancias. De esta manera, se formó primero el cono del Xitle hasta que, conforme transcurrió la erupción, el contenido de gases disminuyó y el estilo eruptivo se tornó menos explosivo y más efusivo,

lo que dio lugar al emplazamiento consecutivo de flujos de lava que se intercalaron y superpusieron paulatinamente (Siebe, 2009).

Las lavas alcanzaron una distancia de 12 km a partir del cráter y se distribuyeron por las laderas del volcán Ajusco (véase figura 2) hasta llegar a las zonas bajas de la parte sur de la Ciudad de México, donde vastas áreas, hoy ocupadas por colonias urbanas pertenecientes a las delegaciones de Tlalpan, Coyoacán y Álvaro Obregón, fueron cubiertas por materiales basálticos (Siebe, 2009).

Debido a la baja viscosidad y alta temperatura de las lavas (>1,000 °C), éstas se emplazaron en túneles que aún se preservan (de ahí el antiguo nombre de Tlalpan, poblado que en el siglo XIX aún se conocía como San Agustín de las Cuevas) (Siebe, 2009).

Los flujos de lava estuvieron controlados principalmente por la topografía (drenaje fluvial e inclinación de la pendiente). Por ello las lavas fueron emplazadas hacia el N y el NE, y bajaron por los valles que drenaban del Ajusco hasta llegar a las planicies de la cuenca lacustre, donde invadieron zonas pantanosas cuyas riberas estuvieron habitadas por asentamientos humanos (véase figura 2).



Figura 5. Salida del túnel hacia la calle Totonacas dentro del Club Pumas. Se puede apreciar la roca masiva basáltica y el material escoriáceo (foto del autor).

EL XITLE, UN VOLCÁN MONOGENÉTICO

El Xitle es un volcán de tipo monogenético que se produjo al formarse una fisura en la superficie del terreno por la cual salió lava y ceniza. Cuando la fisura desapareció, el



Figura 6. Vista de la sección NW 10° SE de las diferentes coladas de basalto que se observan desde el mirador de la cantera (foto del autor).

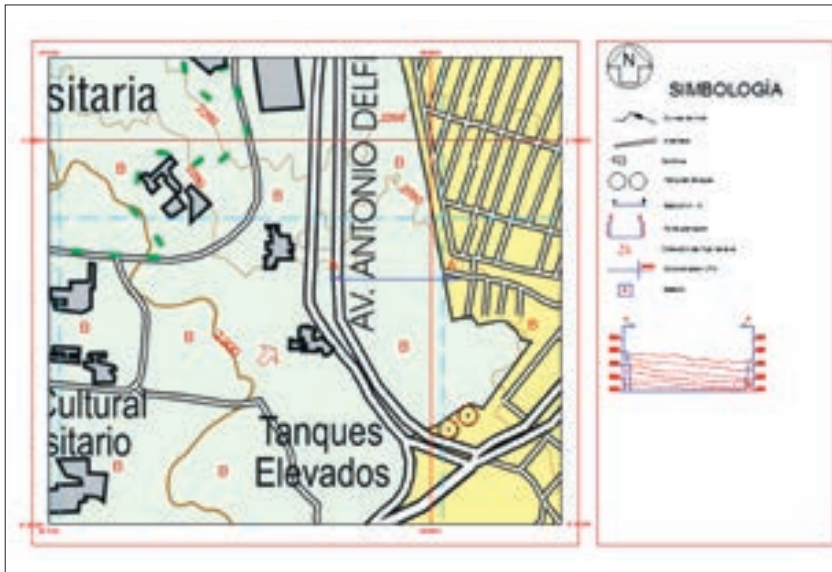


Figura 7. Mapa topográfico de la Cantera Puma (tomado de la carta topográfica E14-A39 del Inegi, 1996. Esc. 1:50,000).

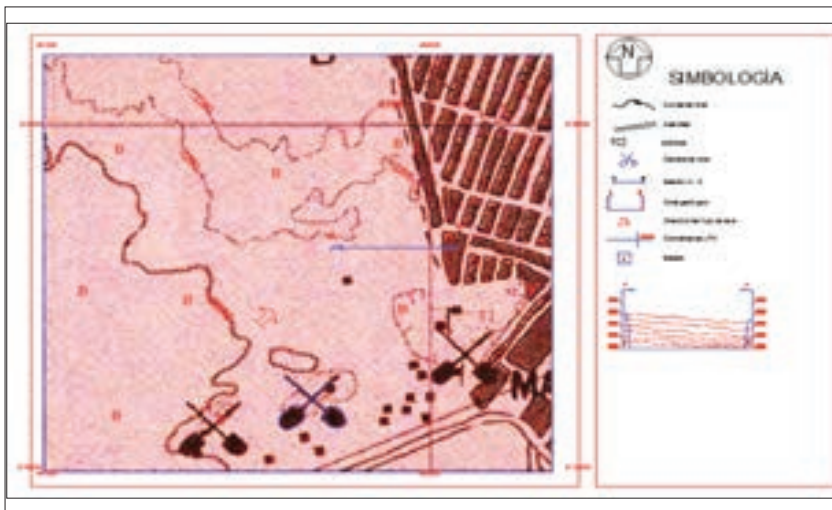


Figura 8. Mapa geológico y sección geológica de la Cantera Puma (tomado de la carta geológica E14-A39 del Inegi, 1978. Escala 1:50,000).

material volcánico se acumuló en varios conos; normalmente éstos se encuentran muy cercanos uno al otro, y se localizan alrededor de la fisura. La actividad volcánica puede durar uno, tres o diez años, y sus erupciones son mucho más prolongadas que las de otros volcanes (poligenéticos), pero cuando éstas terminan nunca vuelven a aparecer (De la Cruz, 1996).

El Xitle (*xictli* en náhuatl significa “ombliguito”) es un volcán de tipo cinerítico de apariencia cónica que se formó a partir de materiales piroclásticos principalmente, entre ellos cenizas, tefra (<2 mm), lapilli (>2 mm y <64 mm) y en menor cantidad bombas y bloques (>64 mm), materiales piroclásticos que se encuentran en los alrededores del aparato volcánico.

Existen en México alrededor de 19 volcanes poligenéticos y más de 3,000 monogenéticos concentrados a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana. Morán *et al.* (1980) consideran que esta faja constituye una franja volcánica del Cenozoico superior que cruza transversalmente la República mexicana a la altura del paralelo 20°.

LOCALIZACIÓN DE LA CANTERA PUMA

La Cantera Puma está localizada dentro del campus de Ciudad Universitaria, a NE 30° SW del volcán Xitle. Sus coordenadas geográficas se presentan en la tabla 1.

La Cantera Puma, con forma de un agujero, fue desarrollada con técnicas mineras por el Departamento del Distrito Federal (gobierno de la Ciudad de México) durante la década de 1960, y su propósito fue la extracción de roca basáltica para la fabricación del asfalto que cubre hoy en día gran parte de las calles de la Ciudad de México (véase figura 3).

La extracción del material duró casi dos décadas, lo que generó la formación de una gran excavación que representa un área de aproximadamente 260,000 m², de los cuales 80,000 m² pertenecen al área construida y el resto a una zona de reserva natural con lagos artificiales, manantiales y flora y fauna endémica (REPSA, 2016).

Para ingresar a la cantera se accede por la calle Totonacas en la colonia Ajusco-Coyoacán; dos túneles recubiertos de concreto, de 353 m de longitud cada uno y con dirección NW 50° SE, atraviesan la avenida Aztecas (véanse figuras 4 y 5) y per-

Tabla 2. Localización de las muestras tomadas en la base de la cantera

Localización de muestras de mano	Paralelo Latitud Norte	Meridiano Longitud Oeste
CP-01	19° 18' 51.60"	99° 10' 21.66"
CP-02	19° 18' 51.60"	99° 10' 21.66"

Tabla 3. Descripción de la muestra de mano CP-01, roca ígnea volcánica o extrusiva

Descripción de la muestra CP-01	Descripción
Color en superficie meteorizada	Color gris oscuro con tonos castaños y ocres
Color en superficie al fresco	Gris oscuro
Textura	Afanítica a porfídica
Estructura	Masiva, dura y compacta
Densidad	Alta
Composición mineral	Plagioclasa rica en calcio (labradorita), piroxeno (augita-aegirina) y en menor cantidad fenocristales de olivino
Origen	Ígneo volcánico o extrusivo
Nombre de la roca	Basalto de olivino
Aplicaciones	Como agregados pétreos relacionados con la fabricación del concreto flexible o asfalto

Tabla 4. Descripción de la muestra de mano CP-02, roca ígnea volcánica o extrusiva

Descripción de la muestra CP-02	Descripción
Color en superficie meteorizada	Color gris oscuro con tonos castaños y ocres
Color en superficie al fresco	Gris oscuro
Textura	Porfídica
Estructura	Masiva, dura y compacta, vesicular
Densidad	Mediana a alta
Composición mineral	Plagioclasa rica en calcio (labradorita), piroxeno (augita-aegirina) y en menor cantidad olivino
Origen	Ígneo volcánico o extrusivo
Nombre de la roca	Escoria de basalto de olivino
Usos	Agregados al concreto flexible o asfalto

miten el acceso a la zona del complejo deportivo, donde se inicia la visita técnica y académica.

GEOLOGÍA DE LA CANTERA

En el sitio se puede apreciar una serie de cinco a siete derrames o coladas de lava producto de las erupciones del volcán Xitle (véase figura 6), además de roca volcánica oscura de



Figura 9. Vista de la roca masiva hacia la parte inferior; se aprecian las vesículas de la escoria hacia la parte superior (foto del autor).



Figura 10. Se puede observar la roca masiva basáltica y los materiales escoriáceos en tonos rojizos y ocres (foto del autor).



Figura 11. Se observa aquí la textura afanítica de la roca basáltica (foto del autor).



Figura 12. Vista de uno de los lagos artificiales que se encuentran en la Cantera Puma (foto del autor).

tipo basáltico que aflora en la zona del Pedregal de San Ángel; ésta tiene una apariencia fresca debido a que no presenta grandes signos de intemperismo o alteración, no tiene mayor cobertura de suelo y se halla entre poca vegetación (Siebe, 2009).

En el mapa topográfico (véase figura 7: Inegi, 1998) se muestra la geología de la zona, que se ha obtenido en visitas a la cantera y de muestreos realizados dentro de las instalaciones. La altura del corte que se observa en la cantera es de 50 m, aproximadamente.

En la figura 8 se puede apreciar el mapa geológico de la zona, así como el flujo que tomó la colada de lava del Xitle; se hizo una sección aparente de continuación del flujo de estas coladas. Aquí no existen las obras y construcciones que se observan en mapas más recientes.

DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS ROCAS

La descripción de las muestras de rocas obtenidas se realiza a nivel de ejemplar de mano (véanse tablas 2, 3 y 4). Las características físicas de las rocas y sus descripciones se presentan en las tablas 3 y 4.

CARACTERÍSTICAS DE LAS COLADAS DE LAVA EN LA CANTERA PUMA

Cada una de las coladas volcánicas presenta las siguientes características y están relacionadas con las muestras descritas anteriormente. La muestra CP-01 (parte inferior de la colada) se presenta como un roca masiva, compacta, dura y sin vesículas. Hacia su parte superior, la muestra CP-02 presenta una gran cantidad de vesículas producidas por el flujo de los gases cuando éstos se liberaron hacia la atmósfera; asimismo, la superficie de contacto entre coladas presenta estructuras tipo “pahoehoe” (acordeladas) con coloraciones rojizas o marrones como producto del emplazamiento de la nueva colada (véanse figuras 9, 10, 11 y 12).

CONCLUSIONES

La experiencia del trabajo de campo de los alumnos puede derivar en un informe donde se detallan las labores realizadas, así como la descripción de las rocas observadas en el sitio. Esto les ayudará para que posteriormente, en el ámbito laboral, puedan llevar a cabo una prospección general de cualquier obra de ingeniería ➡

Referencias

- Cervantes, P., y P. Wallace (2003a). Magma degassing and basaltic eruption styles: a case study of 2000 year BP Xitle volcano in central Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 120: 249-270.
- Cervantes, P., y P. Wallace (2003b). Role of H₂O in subduction zone magmatism: New insights from melt inclusions in high-Mg basalts from central México. *Geology* 31: 235-238.
- De la Cruz-Reyna, S. (1996). Long term probabilistic analysis of future explosive eruptions. En R. Scarpa y R. Tilling (eds.). *Monitoring and mitigation of vulcano hazards*. Berlín: Springer-Verlag, 599-629.
- Google Earth (2014). Imágenes de satélite de la vista del volcán Xitle y la Ciudad Universitaria.
- Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (1978). Carta Geológica de la Ciudad de México. E14-A39, escala 1:50,000.
- Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (1998). Carta topográfica de la Ciudad de México. E14-A39, escala 1:50,000.
- Morán-Zenteno, D. J., *et al.* (1980). Geología de la República mexicana. México: Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática.
- Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (2016). *Boletín REPSA*. México: UNAM. www.repsa.unam.mx/index.php/diagonalobjetivos/44-2013-08-07-13-15-59. Rescatado el 16 de febrero, 2016.
- Siebe, C. (2000). Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern basin of Mexico-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 104: 45-64.
- Siebe, C. (2009). La erupción del volcán Xitle y las lavas del Pedregal hace 1670 ± 35 años AP y sus implicaciones. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 43-49.
- Tarbutck, E. J. y F. K. Lutgens (2013). *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física*, 10ª edición. México: Pearson Educación.

Agradecimientos

Queremos agradecer a las autoridades de la cantera de los Pumas: Jorge Borja Navarrete, Quirico Serriñá, Jorge Iglesias y Jorge Gutiérrez por permitimos escribir sobre las instalaciones y facilitarnos la entrada con grupos de estudiantes cada semestre.

Gabriel Moreno Pecero

Fue jefe de la Oficina de Mecánica de Suelos de la ex Secretaría de Obras Públicas, actualmente SCT. Presidió la otrora Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, hoy SMIG. Es académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La instrumentación geotécnica: apoyo fundamental del desarrollo tecnológico

Frecuentemente a través de diversos medios nos enteramos de argumentos sólidos y ciertos para generar acciones que contribuyan al desarrollo del país; una gran parte de esos argumentos coinciden en afirmar que es la tecnología la que impulsa tal desarrollo. Y, efectivamente, existen numerosos ejemplos de esas acciones que son prometedoras y hacedoras del desarrollo de México.

Una actividad que aparece no pocas veces es la innovación, es decir, el hacer tecnología más económica, más funcional y segura, más armónica con el medio ambiente, más sustentable y más estética que la actividad que puede calificarse de tradicional.

En estas circunstancias debe surgir la actitud de apoyar todo hecho que cumpla con lo anotado antes. Finalmente, se exhorta al cambio para mejorar, y un primer paso para adentrarse en generar el cambio es evaluar lo que hasta ahora se ha hecho, lo que pone de manifiesto las fortalezas y debilidades de lo existente; ese es el propósito de la llamada “instrumentación” en geotecnia, que se da en el mundo de la tecnología aunque en México quizá no con



Figura 1. Inclinómetro.



Figura 2. Celda de presión.

la frecuencia del pasado, y consecuentemente sin ser ahora tan positiva. Quizá ello ha influido para que no sea apoyada por el que hace y financia la ingeniería.

En el caso particular de la geotecnia, instrumentación significa colocar en las obras de ingeniería, y particularmente en las formaciones naturales involucradas –suelo, macizo rocoso– aparatos que permitan conocer sus esfuerzos, sus deformaciones, su relación esfuerzo-deformación y la variación de estas características al transcurrir el tiempo.

En cuanto a los instrumentos utilizados, es de reconocer que aparecen nuevos día con día; sin embargo, los más empleados son los puntos de control o puntos de nivel, los inclinómetros, los torpedos de asentamientos, las celdas de presión y los piezómetros (véanse figuras 1, 2 y 3).

Una pregunta que de inmediato surge es cómo la instrumentación impulsa la innovación, y consecuentemente el desarrollo tecnológico. La respuesta se puede dar mediante el relato de un caso real.

Hace algún tiempo se procedió a diseñar y construir la cortina de materiales graduados de una presa (véase figura 4).

De acuerdo con lo establecido en la etapa de diseño, debía cumplirse el que al construir la cortina y llegar a su altura correspondiente, al nivel 1-1' las presiones en a (P_a) en b (P_b) y en c (P_c) debían tener una cierta magnitud; al hacer la obra y medir las presiones mediante celdas colocadas en la cortina para ese propósito, las magnitudes en a y en c (P_a , P_c) fueron mayores a las establecidas en el diseño, mientras sucedía lo contrario en la magnitud de la presión en b ; al conocer este hecho mediante la instrumentación realizada, se analizó y se concluyó que con el procedimiento de construcción seguido la cortina se estaba arqueando, situación crítica que propicia la falla de la obra.

Se establecieron las medidas modificadoras de la forma en que se estaba construyendo la cortina para que se produjese el fenómeno mencionado. En resumen, la instrumentación permitió establecer un procedimiento de construcción que cumpliera con las normas establecidas en el diseño, y al continuar la construcción se cuidó que no se apartase de lo considerado en él.

Así puede anotarse que una función importante de la instrumentación es tener control sobre el procedimiento de construcción de la obra estableciendo las modificaciones tecnológicas que, en cierta forma, generan innovaciones para lograrlo.

Otro ejemplo real pone de manifiesto una más de las funciones de la instrumentación. Hace tiempo se decidió diseñar y construir la carretera Peñón-

Texcoco, con un ancho de corona de 22 m y con terraplenes de 2.50 m de altura sobre el nivel del terreno natural; la carretera está localizada en 12 km –de un total de 22– en el

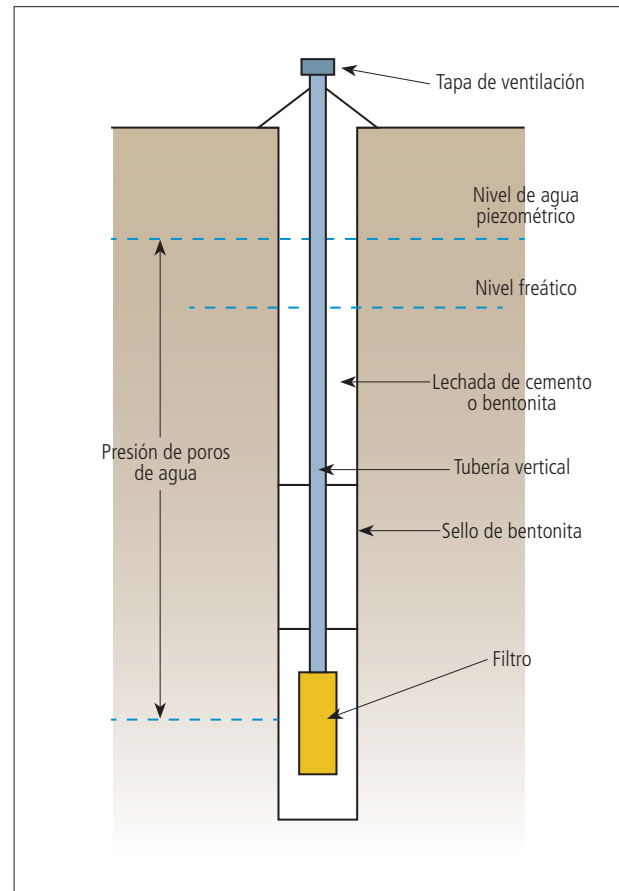


Figura 3. Piezómetro.

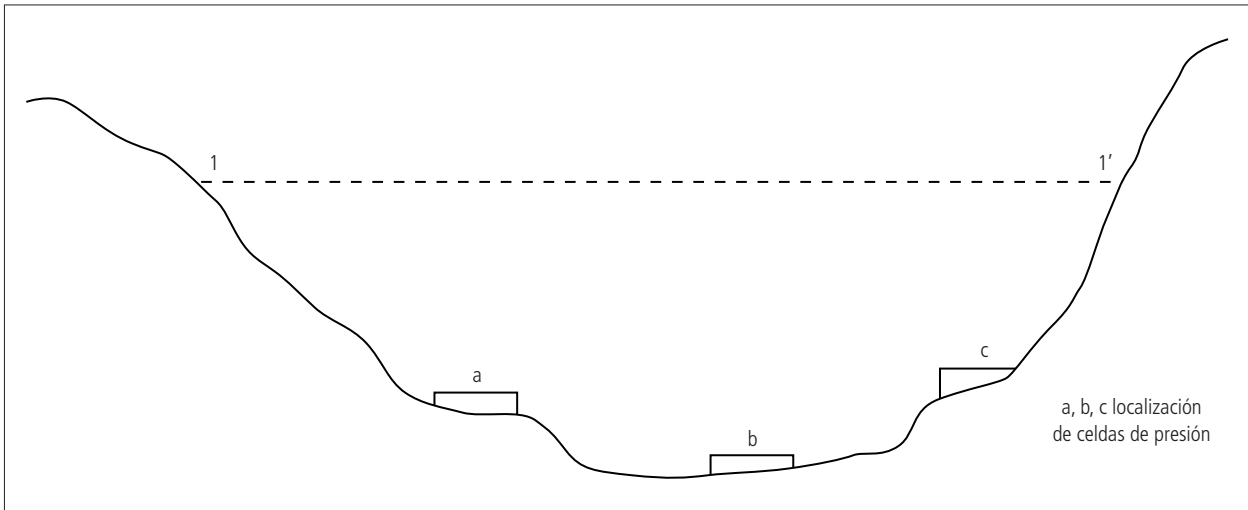


Figura 4. Esquema de la cortina de materiales graduados de una presa.

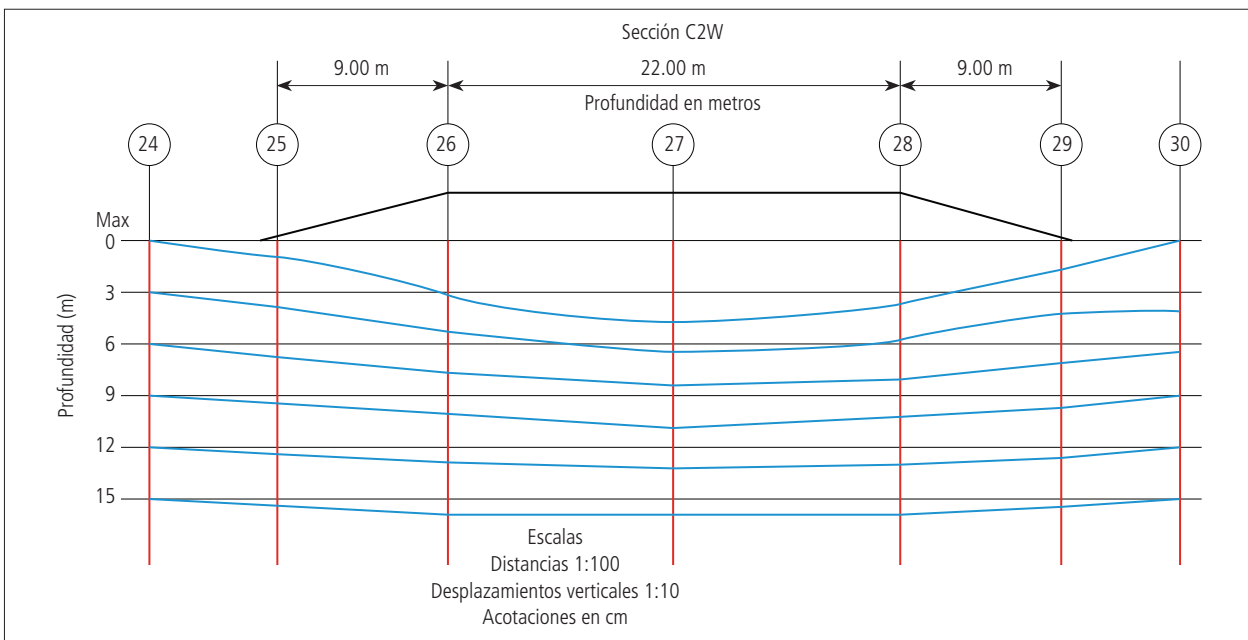


Figura 5. Gráfica de desplazamientos verticales.

Lago de Texcoco, cuyo suelo se reconoce como deformable y poco resistente (véase figura 5).

Se hicieron dos terraplenes de prueba con una longitud de tres veces su ancho, con el fin de propiciar un comportamiento bidimensional; tanto los terraplenes como su suelo de apoyo se instrumentaron con bancos de nivel, piezómetros e inclinómetros. Al menos uno de los terraplenes de prueba se monitoreó durante 16 años y el resultado obtenido es que la magnitud de los hundimientos del terreno natural por la presencia de los terraplenes fue menor a la calculada según las teorías tradicionales, es decir, los resultados reales se alejaron de los teóricos.

Este hecho puesto de manifiesto por la instrumentación condujo a investigar la causa de esa diferencia y, lo más

importante, a generar otra teoría para la determinación de la magnitud y la rapidez del hundimiento. Así se pone de manifiesto la otra función de la instrumentación, que es calibrar teorías; si se encuentra que la teoría se aproxima a la realidad, nace una mayor confianza en la aplicación de la teoría utilizada para futuros casos similares, disminuye el factor de seguridad y se logra una obra más económica, es decir, se tiene un avance. Pero si no existe esa casi coincidencia, se requiere generar una nueva teoría, con lo cual se avanza tecnológicamente.

En conclusión, la instrumentación es un mecanismo que permite controlar procedimientos de construcción y generar nuevas teorías, con lo cual se avanza en el desarrollo tecnológico y consecuentemente en el del país ➡

XXVIII Reunión Nacional de
Ingeniería Geotécnica

XIX Reunión Nacional de Profesores
de Ingeniería Geotécnica



23 - 26 de noviembre de 2016
Hotel Fiesta Americana
Mérida, Yucatán

Fechas importantes

Recepción de resúmenes	18 marzo 2016	Inscripción a Primer Reto en Geotecnia para Estudiantes de Posgrado	30 de septiembre 2016
Notificación de resúmenes aceptados	15 abril de 2016	Recepción de Nominación a Premios Manuel Gouálbez Horta	30 de septiembre 2016
Recepción de artículos	30 de septiembre 2016	Recepción a la Tercera Olimpiada en Geotecnia	30 de septiembre 2016



Nuevos equipos económicos para la caracterización de sitios costa fuera

En este artículo se presenta un “enfoque inteligente” para la investigación de sitio que combina el uso de equipo convencional de muestreo del lecho marino (por ejemplo caja muestreadora, muestreador por gravedad, muestreador por pistón y muestreador por pistón gigante) con los nuevos equipos “inteligentes”, tales como el CPT por gravedad, el CPT Stinger y el muestreador Stinger.

Desde la primera investigación de sitio costa fuera del Golfo de México, la cual fue realizada en un tirante de agua de 2.4 m por McClelland Engineers en marzo de 1947, las investigaciones de sitio geotécnicas se han hecho convencionalmente, usando equipos de perforación operados desde la cubierta de una embarcación. Cuanto más se ha incrementado el tirante de agua, más grandes y especializados son los equipos de perforación y barcos de apoyo requeridos, cuya movilización y operación es más costosa.

Debido al alto costo de los sondeos en aguas profundas, se limita su número, así como la cantidad de muestras que pueden ser recuperadas y el área a cubrir por determinado proyecto de caracterización de sitio.

A medida que los proyectos se realizan en sitios cada vez más remotos y con mayores tirantes de agua, los grupos de desarrollo de proyectos requieren datos geotécnicos, geológicos y ambientales en las etapas tempranas del proyecto, cuando aún el financiamiento total no está disponible; para ello se han creado nuevos equipos con costos mínimos de movilización que pueden ser desplegados desde embarcaciones abastecedoras.

En este artículo se presenta un “enfoque inteligente” para la investigación de sitio que combina el uso de equipo convencional de muestreo del lecho marino (por ejemplo caja muestreadora, muestreador por gravedad, muestreador por pistón y muestreador por pistón gigante) con los nuevos equipos “inteligentes”, tales como el CPT por gravedad, el CPT Stinger y el muestreador Stinger.

La ventaja de estos equipos es que pueden ser desplegados desde embarcaciones abastecedoras. Este “enfoque inteligente” provee a los grupos de desarrollo de proyectos datos geotécnicos, geológicos y ambientales que pueden ser usados en la etapa de ingeniería básica de oleoductos, líneas de conducción, cimentaciones submarinas y sistemas de fondeo y anclaje para plataformas marinas, así como para la evaluación de riesgos geológicos, y proporcionan una base de apoyo para las evaluaciones ambientales y el trámite

de permisos. De esta manera, con una sola movilización realizada en la fase temprana de un proyecto el grupo puede progresar en el diseño, la etapa conceptual y la etapa de ingeniería básica. En muchos proyectos de aguas profundas en el Golfo de México y costa fuera de África occidental, la información obtenida con los equipos descritos ha proporcionado datos suficientemente contundentes para el diseño de detalle, sin necesidad de realizar más investigaciones geotécnicas.

UN ENFOQUE INNOVADOR ECONÓMICO

En vez del enfoque convencional de recuperar muestras de suelo (perforación y muestreo) desde barcos geotécnicos, actualmente se recomienda usar una combinación de equipos que puedan ser desplegados desde barcos abastecedores para proporcionar una caracterización geotécnica desde el lecho marino y hasta 42 m por debajo del lecho marino. Tal profundidad de investigación es generalmente suficiente para la mayor parte del diseño de la cimentación, sobre todo para aguas profundas, donde las cimentaciones que soportan las instalaciones submarinas o anclas para plataformas flotantes raramente exceden los 30 m bajo el lecho marino.

El “enfoque inteligente” utiliza una mezcla de equipos convencionales de perforación y muestreo con equipos recientemente desarrollados de muestreo y de pruebas *in situ*, como se describe a continuación:

Equipos convencionales de muestreo

- Caja muestreadora (profundidad 0-1 m)
- Muestreador de pistón (profundidad 0-6 m)
- Muestreador por gravedad (profundidad 0-3 m)
- Muestreador por gravedad gigante (profundidad 0-22 m)

Muestreadores recientemente desarrollados, equipo de muestreo y de pruebas *in situ*

- Sonda de penetración dinámica de piezocono (profundidad 0-41 m)



Figura 1. Stinger CPT listo para la implementación (izquierda); desplegado sobre la popa de la embarcación (derecha).

- Muestreador profundo con tubo Shelby (profundidad 20-41 m)
- Sonda de penetración dinámica de bola (*T-bar*) dinámica y estática (profundidad 0-41 m)

Debido a las limitaciones en la extensión del artículo, sólo se describirán los equipos recientemente desarrollados.

SONDA DE PENETRACIÓN DINÁMICA DE PIEZOCONO (PROFUNDIDAD 0-41 m)

El piezocono penetrómetro CPT Stinger (0 a 41 m de profundidad) es un equipo para la delimitación de la estratigrafía y la obtención de parámetros de suelo para el diseño de pilotes de anclaje, pilotes de succión y grandes cimentaciones submarinas, así como para la evaluación de estabilidad de taludes.

Históricamente, una sonda PCPT se despliega dentro de la tubería de perforación y avanza a intervalos seleccionados de profundidad con operaciones convencionales de perforación y muestreo utilizando un barco de perforación geotécnico. Posteriormente, se diseñó el PCPT que se despliega usando pesadas unidades modulares que se bajan y apoyan directamente en el lecho marino; se realiza así un sondeo continuo desde el lecho marino hasta una profundidad típica de 40 m. Más recientemente, las unidades de perforación operadas en

el fondo marino fueron desarrolladas para perforar, muestrear y realizar pruebas de CPT proporcionando datos de CPT espaciados y discontinuos a intervalos de profundidad preseleccionados, como se realiza en los barcos geotécnicos.

En todos los casos ha sido necesario utilizar barcos sustancialmente caros para desplegar el equipo CPT y las unidades de perforación. El alto costo de los sondeos en aguas profundas y el muestreo a intervalos extensamente espaciados impone restricciones significativas para obtener suficientes datos de alta calidad del suelo. Por lo tanto, había necesidad de desarrollar mejores y más inteligentes métodos para evaluar de manera económica, rápida y continua las propiedades de suelo a través de la profundidad de cimentación sin sacrificar su exactitud.

Hace cuatro años se desarrolló el sistema portátil CPT Stinger para proporcionar datos de PCPT de alta calidad de un modo rentable. Este nuevo sistema puede ser desplegado desde un barco abastecedor, con lo cual se maximiza la disponibilidad de las embarcaciones, se reduce el programa de ejecución y se minimizan los costos de la investigación; por estos motivos el sistema rápidamente ganó aceptación (Buhler y Audibert, 2012; Young *et al.*, 2011; Jeanjean *et al.*, 2012; Velosa *et al.*, 2013).

El CPT Stinger tiene su propio barril de ensamble, juego de varillas internas, módulo de mando para empujar la vari-

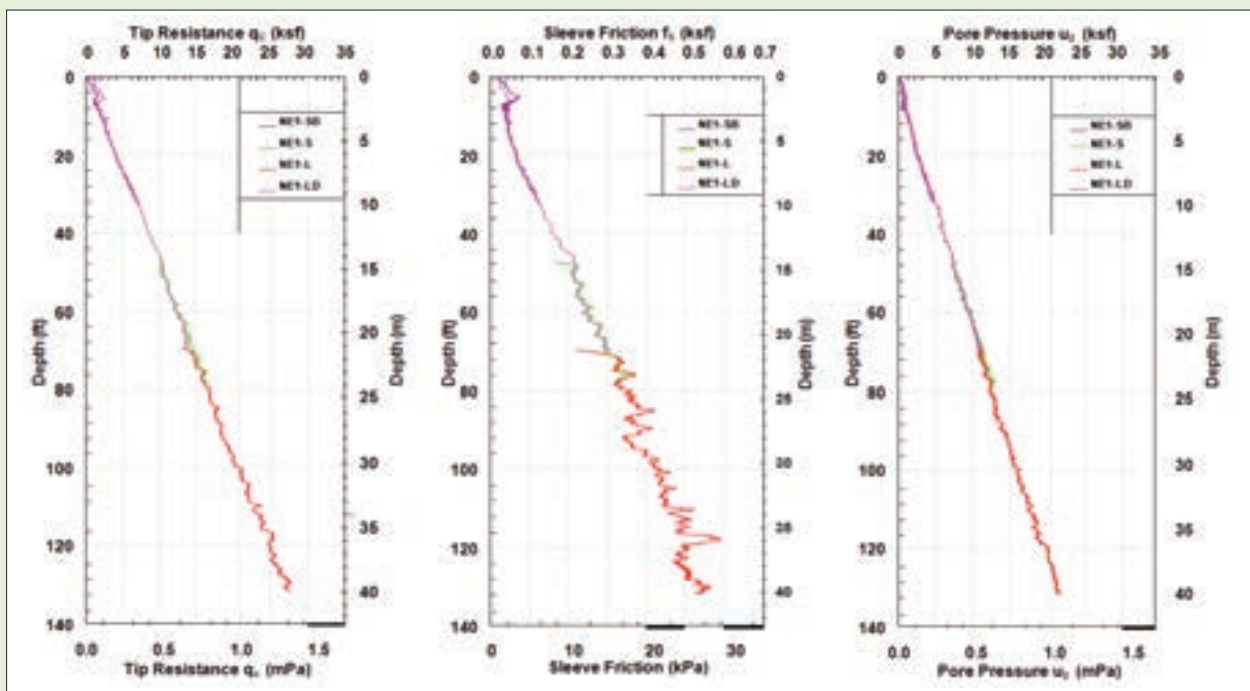


Figura 2. Ejemplo de datos de salida de tres sistemas CPT.

lla y un cono PCPT con registro de datos interno. El equipo se despliega y dispara (véase figura 1) de la misma manera en que se hace con un muestreador por pistón gigante (JPC, por sus siglas en inglés); permite la caída libre para insertarse balísticamente en el sedimento como un JPC. Después del disparo a menos de 1 m por encima del fondo marino, se adquieren datos de cono 200 veces por segundo durante los 3 segundos de penetración balística dentro de la formación, para generar así un conjunto de datos dinámicos de PCPT durante el proceso de inserción.

Después de la penetración total, se siguen obteniendo rápidamente datos con el cono mientras éste es lentamente empujado a mayor profundidad dentro de la formación a una velocidad controlada –por norma ASTM, la velocidad es de 2.0 ± 0.5 cm/s–. Los datos de la sonda son registrados cada 0.1 mm a medida que el empuje estático progresa, y se genera un conjunto de datos estáticos de PCPT. Una vez que concluye, el sistema regresa a cubierta y los datos se transfieren para su evaluación y análisis. El equipo es preparado nuevamente para el siguiente despliegue, normalmente en menos de 20 minutos, y realiza de 3 a 5 despliegues en aguas profundas por turno de 12 horas. El máximo tirante de agua en el que el equipo CPT Stinger ha sido operado con éxito es de 3,000 m, mientras que el mínimo es de 350 m, pero el equipo también puede ser operado en aguas más someras, como 30 m, usando un modo específico para ello.

Además, se pueden obtener datos de CPT estáticos de alta calidad ajustando la velocidad de muestreo de la sonda PCPT dinámica (Buhler y Audibert, 2012). Una manera particularmente eficaz de usar el sistema es junto con in-

formación cercana de muestreo continuo con JPC y perfiles sísmicos del perfilador. Esto permite la correlación de los resultados de CPT con las resistencias de muestreos continuos a una profundidad significativa de traslape y con los cortes transversales geofísicos.

Se ha demostrado la validez de los datos obtenidos con el CPT Stinger en cuatro niveles:

- Comparando datos estáticos de CPT Stinger con datos CPT obtenidos por otros contratistas en el mismo sitio usando equipos convencionales para sondeos CPT en el lecho marino.
- Comparando datos estáticos de CPT Stinger obtenidos por tres equipos CPT Stinger de diferentes longitudes (véase figura 2) y asegurando, por superposición de resultados, que los tres equipos proporcionan datos intrínsecamente consistentes.
- Comparando los datos de resistencia al corte obtenidos a partir del CPT Stinger estático con los resultados de laboratorio; la resistencia fue determinada en muestras de JPC y muestreos convencionales obtenidos por otros.
- Comparando los datos obtenidos de empuje estático aplicando corrección de efecto de los datos dinámicos de CPT Stinger a los datos estáticos de CPT Stinger.

Una vez que se demostró con éxito que fueron confiables tanto los datos estáticos y los datos corregidos dinámicos del CPT Stinger como aquéllos obtenidos por otros en los mismos sitios pero usando equipo convencional de CPT, el CPT Stinger quedó totalmente calificado, por lo que no había necesidad de usar el CPT Stinger de tres longitudes

diferentes para cubrir la profundidad total de 41 m. Ahora sólo se requiere el Long CPT Stinger para cubrir la parte de investigación usando el concepto de conversión dinámico a estático para hacer las operaciones aun más rentables.

El barril estándar del Long CPT Stinger puede ser insertado balísticamente hasta aproximadamente 19 m por debajo del lecho marino, y luego el cono penetrometro es empujado estáticamente hasta unos 35 m bajo el lecho marino. El Extended Long CPT Stinger puede ser insertado hasta unos 22 m por debajo del lecho marino y luego el cono penetrometro empujado estáticamente a unos 41 m por debajo del lecho marino.

El CPT Stinger ha sido usado con éxito en todo el mundo, principalmente en varios sitios en aguas profundas del Golfo de México, en el oeste y este costa fuera de África y costa fuera de Centroamérica.

En fechas recientes se introdujo una versión dinámica más corta, rápida y económica del CPT Stinger para caracterizar los primeros 10 m bajo el lecho marino con el fin de evaluar rutas de tubería o líneas de flujo. El nuevo equipo (véase figura 3), llamado CPT por gravedad, tiene la misma cabeza

que el muestreador de pistón y es desplegado con el mismo equipo (malacate y marco A) y con el mismo proceso del muestreador de pistón. Cuando se encuentra por encima del lecho marino, el equipo es disparado como muestreador de pistón, para insertarse balísticamente en el suelo.

Una vez introducido el cono en el suelo y completado el registro de datos de PCPT menos de 2 segundos después de que ha sido disparado, el sistema es inmediatamente recuperado del fondo del mar y llevado a cubierta; los datos del cono se transfieren para su evaluación y análisis. El equipo se prepara para el siguiente despliegue, normalmente en menos de 5 minutos, y hace numerosas medidas por día en aguas profundas, dependiendo sólo de la profundidad del agua y la velocidad del malacate. La profundidad de agua máxima en la que ha operado el CPT es de 3,000 m.

MUESTREO DINÁMICO PROFUNDO.

MUESTREADOR STINGER (PROFUNDIDAD 20-41m)

Como se mencionó antes, el alto costo de los sondeos convencionales en aguas profundas limita el número de éstos, la

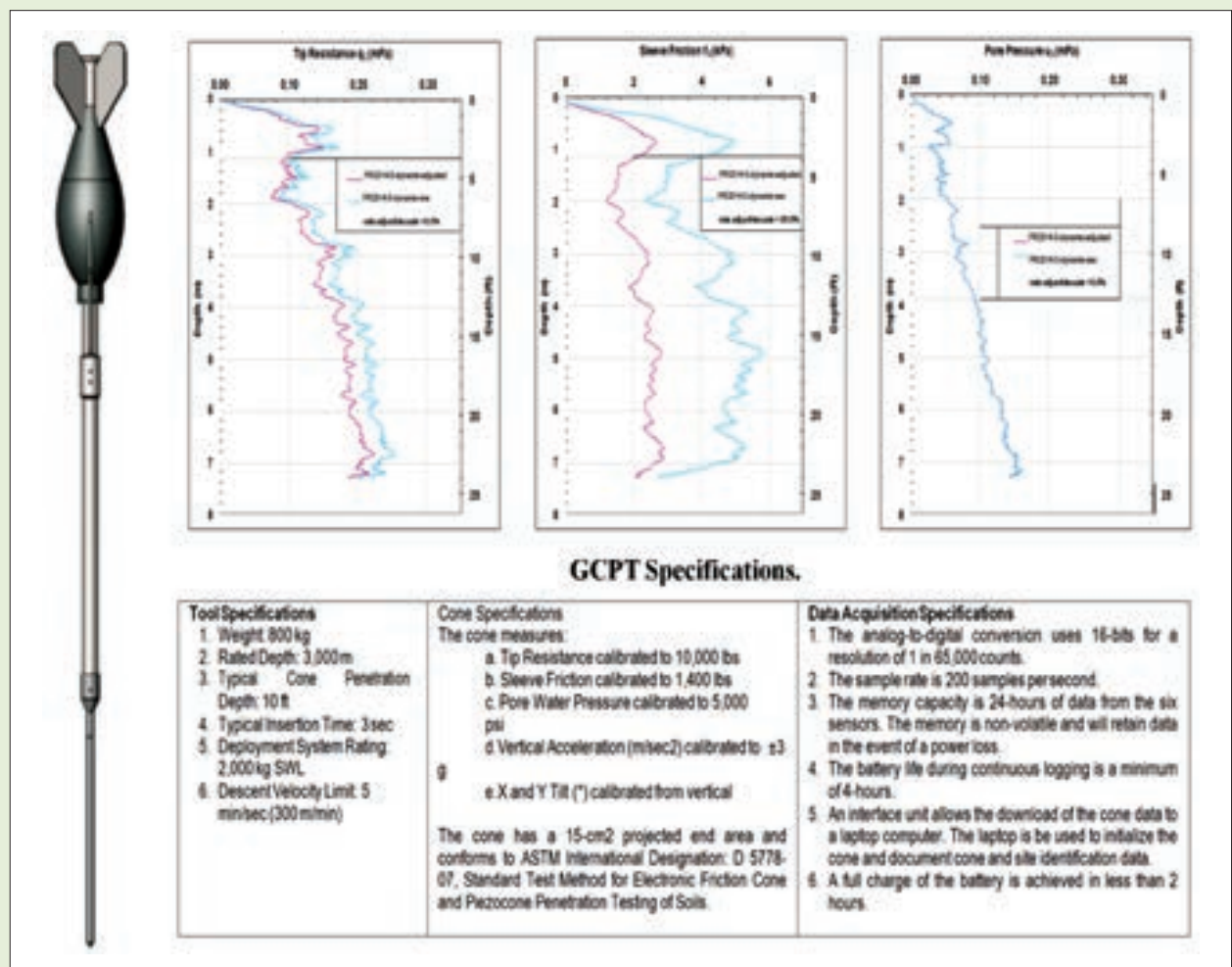


Figura 3. Esquema del sistema de CPT Stinger por gravedad (izquierda); resultados gráficos de un despliegue GCPT (derecha arriba) y especificaciones GCPT (derecha abajo).

cantidad de muestras de suelo que se pueden recuperar y la cobertura regional de un determinado proyecto.

Para solucionar este problema, hace aproximadamente un año se desarrolló un equipo innovador y rentable llamado muestreador Stinger (véase figura 4). La idea básica del sistema es insertar un tubo Shelby estándar en el suelo marino para adquirir muestras inalteradas de alta calidad de 3 pulgadas de diámetro a profundidades de 20 a 40 m por debajo del lecho marino, para complementar eficazmente el muestreo continuo de suelo de 0 a 20 m con JPC.

Los beneficios económicos de adquirir rápidamente varias muestras de alta calidad de suelo geotécnico desde un barco con costo modesto son evidentes. El muestreador Stinger permite la adquisición de datos de alta calidad con un bajo presupuesto y abarca mayor cobertura regional en comparación con la cantidad de datos obtenidos de un solo sondeo convencional más caro. De esta manera, el muestreador Stinger ayuda a reducir los riesgos globales asociados al diseño de la cimentación y la planificación de la instalación (por ejemplo para pilotes de anclaje, pilotes de succión, diseño de cimentaciones submarinas y evaluación de estabilidad de taludes).

SONDAS T-BAR O BOLA PENETRÓMETRO DINÁMICA (PROFUNDIDAD 0-41m)

La *T-bar* Stinger o bola penetrómetro Stinger se despliega exactamente de la misma forma que el CPT Stinger. El cono CPT es simplemente sustituido por equipos de desplazamiento total, como la *T-bar* o bola penetrómetro. La ventaja de los equipos de desplazamiento total sobre el cono consiste en que se puede obtener una resistencia cortante más consistente y que no depende de la geografía, como sí lo hace el CPT. En cuanto al CPT, este equipo es el más útil para delinear la estratigrafía y para obtener parámetros de diseño del suelo para pilotes de anclaje, pilotes de succión, diseño de cimentaciones submarinas y evaluación de estabilidad de taludes.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha presentado y comentado lo que se entiende por un “enfoque inteligente” para la caracterización de sitio. Los atributos de este enfoque son los siguientes:

- Proporciona datos de alta calidad de la estratigrafía del suelo hasta la profundidad de cimentación de interés, que es desde el lecho marino hasta 41 m bajo el lecho marino.
- Proporciona parámetros de diseño de suelo de alta calidad hasta la profundidad de cimentación de interés, que es desde el lecho marino hasta 41 m bajo el lecho marino.
- Proporciona datos de suelo de alta calidad para una variedad de aplicaciones de diseño, desde cerca del lecho marino para tuberías y diseño de instalaciones submarinas hasta grandes profundidades para el diseño de cimentación o pilotes de anclaje.
- Proporciona datos geológicos de alta calidad para ayudar a los grupos de diseño a evaluar los georriesgos potencia-



Figura 4. Ilustración esquemática del muestreador Stinger. Arriba: ensamble general; abajo: detalle del muestreador.

les, tales como inestabilidad de taludes, movimiento de taludes o flujos turbios.

- Proporciona a los grupos de desarrollo de proyecto datos rápidos para ayudarles a descubrir y evitar potenciales errores fatales o que podrían surgir posteriormente en el ciclo de diseño del proyecto.
- Proporciona datos más rentables al usar una combinación de equipos convencionales con equipos recientemente desarrollados que pueden ser desplegados desde abastecedores disponibles, los cuales tienen gastos de movilización y operación más bajos que los barcos especializados de perforación geotécnica ➡

Referencias

- Buhler, L. R. y J. M. E Audibert (2012). Rate-effect correction methods for free-fall CPT data in deepwater Gulf of Mexico – An operator’s perspective. *Proceedings of the Seventh International Conference*. 12-14 de septiembre. Londres: Royal Geographical Society.
- Jeanjean, P., D. Spikula y A. Young (2012). Technical vetting of free-fall cone penetrometer. *Proceedings of the Seventh International Conference Offshore Site Investigation and Geotechnics*. Londres.
- Velosa, C. L., B. Remmes y M. Bik (2013). Strength characterization of soft marine deposits off East Africa using the CPT Stinger method. *Proceedings of the Deep Offshore Technology Conference*. The Woodlands.
- Young, A., B. Bernard, B. Remmes, L. Babb y J. Brooks (2011). CPT Stinger – An innovative method to obtain CPT data for integrated geo-science studies. *Offshore Technology Conference*. 2-5 de mayo. Houston.

Elaborado por Bernie B. Bernard, Jean M. E. Audibert y James M. Brooks.

Todas las imágenes, cortesía de TDI-Brooks International.

LIBROS

GEOTECNIA EN INGENIERÍA DE PRESAS

Raúl Flores Berrones, Vangel Hristov Vassilev y Xiangyue Li Liu (eds.), México, IMTA, 2015



El libro tiene como objetivo presentar la importancia de los aspectos geotécnicos en el diseño y construcción de presas. En él se utilizan textos y ejemplos simples, con objeto de que el lector obtenga una herramienta de apoyo al conocimiento, análisis y estudio necesarios, desde la concepción hasta la puesta en operación de una presa.

Se divide en 16 capítulos ordenados en tres grupos, el primero de los cuales contiene cinco capítulos y proporciona información general sobre varios aspectos de presas. El capítulo 1 corresponde a la descripción del papel que desempeña la geotecnia en diferentes etapas de vida de una presa; se describen estadísticas de fallas y varios ejemplos de estas fallas por causas geotécnicas. El capítulo 2 aborda cuatro temas importantes en la concepción de un proyecto de presa: clasificación, selección del sitio, acciones de diseño y determinación del bordo libre. El capítulo 3 presenta información general sobre la ingeniería sísmica y datos actualizados de la sismicidad del país. El capítulo 4 se refiere a la hidrología para presas. El tema del impacto ambiental, que está cobrando cada vez mayor relevancia, se trata en el capítulo 5.

El segundo bloque, que comprende los capítulos 6 al 10, trata sobre los principios básicos de geología y geotecnia, con énfasis en presas. El capítulo 6 introduce los fundamentos de la geología aplicada a presas. El capítulo 7 presenta las etapas y detalles de los diferentes métodos de investigación geológica y geotécnica. Las propiedades

básicas de rocas y suelos se describen en los capítulos 8 y 9, respectivamente. El capítulo 10 se refiere a los métodos de tratamiento del terreno de la cimentación.

La tercera y última parte del libro, que incluye los capítulos 11 al 16, muestra los métodos de análisis y diseño de las cortinas de tierra y enrocamiento. El capítulo 11 describe las propiedades de los materiales de tierra y enrocamiento, principios básicos de diseño para estas cortinas y consideraciones especiales sobre suelos dispersivos, expansivos y otros suelos especiales. El control del flujo de agua, que es fundamental para el éxito de un proyecto de presas, es tratado en el capítulo 12. Los capítulos 13 y 14 se refieren, respectivamente, al análisis de estabilidad de taludes y de esfuerzo y deformación. En el capítulo 15 se presentan los aspectos sísmicos que deben considerarse en el diseño de presas. Finalmente, el capítulo 16 describe la importancia de la instrumentación en presas, así como los métodos e instrumentos comúnmente empleados. Por último, se ofrece un compendio de los términos más utilizados.

ADVANCES IN ASPHALT MATERIALS: ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION

Shin-Che Huang y Hervé di Benedetto (eds.), Woodhead Publishing, 2015

La necesidad urgente de rehabilitar la infraestructura vial y darle mantenimiento ha permitido aumentar los niveles de investigación en torno a los materiales asfálticos.

Los avances logrados en el estudio de materiales asfálticos sustentables y amigables con el medio ambiente indudablemente han tenido un impacto significativo en la economía de las naciones y en el ahorro sustentable de

energía. En este libro se presenta una revisión a fondo de los avances recientes en investigación y desarrollo tecnológico de dichos materiales.

El texto se inicia con un capítulo introductorio del tema y una sección relacionada con especificaciones de ligantes asfálticos.

La primera parte contiene la caracterización físico-química y el análisis de materiales asfálticos. En la segunda parte se hace un repaso de los diversos mecanismos de falla (daños), con capítulos relacionados con agrietamiento, deformación permanente, agrietamiento por fatiga y rehabilitación por oxidación de mezclas asfálticas, así como daños por efecto del agua y el enfoque basado en el envejecimiento por oxidación multiescala para concreto asfáltico.



En la sección final se investigan materiales asfálticos alternativos. En los capítulos de esta sección se revisan diversos aspectos, tales como aglutinantes alternativos para pavimentos asfálticos, aglomerantes biológicos y pavimentos asfálticos reciclados (RAP), pavimentación con emulsiones asfálticas y optimización de la granulometría de los agregados pétreos.

En suma, en este libro:

- Se presenta una perspectiva de los avances y técnicas de los materiales asfálticos.
- Se revisan en detalle las características físico-químicas de dichos materiales.
- Se investigan los materiales asfálticos en nanoescala, incluida la forma de reciclar los materiales RAP (pavimento asfáltico) y RAS (tejas de asfalto), así como la manera de rehabilitar los materiales asfálticos y la selección de selladores rejuvenecedores.

**SOIL MECHANICS
FUNDAMENTALS**

Muni Budhu, Wiley
Blackwell, 2015

En este libro de texto se alcanza el equilibrio entre la teoría y las aplicaciones prácticas para un curso introductorio de mecánica de suelos dirigido a estudiantes de ingeniería civil, construcción, minería e ingeniería geológica. Con él se sientan bases sólidas y se presentan principios clave de la mecánica de suelos para su estudio en cursos más avanzados de ingeniería y en la práctica.

Mediante este texto los estudiantes aprenderán a llevar a cabo una investigación de sitio, a adquirir el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y los métodos para su determinación, y a aplicar el conocimiento aprendido al análisis y



diseño de obras térrreas, cimentaciones sencillas, muros de contención y taludes.

El autor analiza y demuestra ideas contemporáneas y métodos de inter-

pretación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para adquirir tanto el conocimiento fundamental como las aplicaciones básicas. La presentación de cada capítulo y su contenido se basan en modernas teorías de la manera en que aprenden los estudiantes:

- En los objetivos de aprendizaje se les comunica a los estudiantes cuáles son los conocimientos y habilidades que se espera que adquieran en cada capítulo.
- Se presentan definiciones de términos clave que quizá no hayan encontrado anteriormente o que han aplicado en un contexto diferente.
- En los resúmenes de puntos clave se destacan los aspectos más importantes del material que se acaba de leer.

Los ejemplos prácticos representan una oportunidad para que los estudiantes puedan ver cómo se integran los principios anteriores y actuales para la solución de problemas del mundo real.

**MECHANICS OF HYDRAULIC
FRACTURING**

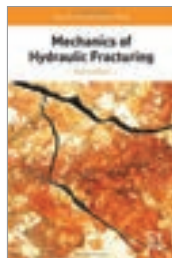
Ching H. Yew y Xiaowei Weng,
Elsevier, 2ª edición, 2015

Luego de una revisión para incluir componentes para redes de fracturamiento múltiple poco convencionales, en esta segunda edición de *Mechanics of hydraulic fracturing* se explica una de las características más importantes del diseño de fracturas: la capacidad de pronosticar la geometría y las características de fracturas inducidas hidráulicamente.

Con las dos terceras partes de las reservas naturales de petróleo y gas natural del mundo confinadas a recursos poco convencionales, el fracturamiento hidráulico resulta el método más exitoso de estimulación de pozos para extraer estos recursos de sus yacimientos más profundos y complejos. Sin embargo, pocos modelos de fracturamiento hidráulico pueden simular adecuadamente las fracturas más complejas. Los ingenieros y diseñadores de pozos deben entender la mecánica subyacente en la teoría para modelar las fracturas y pronosticar correctamente una red de fracturas más compleja.

Con esta actualización, el texto le permitirá al ingeniero:

- Entender las redes complejas de fracturamiento con el fin de maximizar las estrategias de culminación.
- Reconocer y calcular los efectos de los esfuerzos generados en la región



aledaña al fracturamiento hidráulico (*stress shadow*), los cuales pueden afectar drásticamente los patrones de redes de fractura.

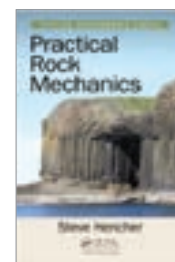
- Optimizar la terminación con un modelado más adecuado y una predicción más precisa en proyectos de fracturamiento hidráulico contemporáneos.
- Comentar la mecánica que sustenta la creación de una fractura dentro de un pozo perforado.
- Lograr mejoras para incluir componentes de modelado más recientes, tales como el *stress shadow* y la interacción de la fractura hidráulica con una fractura natural, lo cual constituye una ayuda para redes de fracturas más complejas.
- Realizar estudios experimentales aplicables a casos actuales de fracturamiento poco convencional.

**PRACTICAL ROCK
MECHANICS**

Steve Hencher, CRC Press,
2ª edición, 2015

Se trata de un material introductorio para estudiantes de posgrado, así como para ingenieros geólogos, geotécnicos y mineros. También está dirigido a quienes trabajan en los vertederos de desechos nucleares y en la producción de petróleo y gas.

Los primeros capítulos del libro se refieren a los procesos geológicos básicos que dan lugar a la naturaleza de los macizos rocosos y a su comportamiento mecánico. Se comentan los esfuerzos en la corteza terrestre y se explican métodos de medición y predicción. También se repasan las formas para describir, ensayar y caracterizar las rocas en el laboratorio y en escala de proyecto.



Contribución a los análisis de flujo de agua en suelos parcialmente saturados

Tesis de **José Alfredo Mendoza Promotor**
para obtener el grado de ingeniero civil
Instituto Politécnico Nacional
Asesora: Norma Patricia López Acosta

El objetivo de esta tesis fue desarrollar una metodología y criterios para la solución de problemas de flujo de agua en suelos parcialmente saturados considerando diferentes condiciones de flujo. La metodología que se propone se fundamenta en análisis numéricos mediante el método del elemento finito (MEF) haciendo uso de distintos programas de computadora como PlaxFlow, Seep/W y SVFlux.

Inicialmente se exponen los antecedentes generales del flujo de agua en suelos. Posteriormente se presentan las definiciones y conceptos básicos que ayudan al estudio del flujo de agua en suelos parcialmente saturados (fases constituyentes, relaciones masa-volumen, fenómeno de succión). En estos últimos, un aspecto importante es la determinación de las funciones hidráulicas del suelo (curva característica y función de conductividad hidráulica, que representan respectivamente las variaciones del contenido de agua en el suelo y de la permeabilidad con respecto a la succión), las cuales se obtienen a partir de pruebas de laboratorio. En esta tesis se demostró que cuando no se dispone de datos de laboratorio que relacionen la succión con el contenido de agua es posible recurrir a métodos de estimación para definir dichas

funciones hidráulicas, los cuales toman como referencia las propiedades índice del suelo (relaciones masa-volumen y granulometría). Adicionalmente, en el trabajo se exponen los principales métodos de ajuste que se utilizan cuando se tienen datos de laboratorio, pues debido a lo disperso de los valores resulta necesario aplicar modelos que ajusten o definan la tendencia de éstos para obtener una curva más representativa del material en estudio.

También se destacan las principales características de cada programa utilizado en las modelaciones numéricas (modelos del suelo, tipos de mallas de elementos finitos, condiciones de frontera, etcétera).

Por último, se analizan varios problemas típicos de la ingeniería geotécnica con distintas condiciones de flujo (establecido, transitorio, confinado y no confinado). Cada una de estas aplicaciones permitió definir la metodología del modelado numérico en suelos parcialmente saturados, así como precisar criterios y recomendaciones relevantes que sirvan de apoyo para el estudio de este tipo de problemas. Finalmente, se demostró que las consideraciones sencillas expuestas en esta tesis para la modelación, estimación y ajuste de las funciones hidráulicas del suelo proporcionan elementos necesarios para realizar análisis de flujo de agua en suelos parcialmente saturados. Asimismo, los ejemplos analizados ilustraron las posibilidades que ofrecen los métodos numéricos para incrementar el grado de realismo en los análisis de este tipo de suelos ❖

Variador neuronal espacial de geo-propiedades

Tesis de **César Alejandro García Félix**
para obtener el grado de maestro en Ingeniería
Facultad de Ingeniería, UNAM
Asesora: Silvia Raquel García Benítez

En la tesis que aquí se reseña se desarrolla el planteamiento de una metodología neuronal para estimar la variación espacial de geopropiedades en un volumen complejo de roca.

En la investigación se enuncian y discuten los aspectos de los algoritmos neuronales que pueden ser utilizados para encontrar multirrelaciones adaptativas y flexibles $\{X, Y, Z \rightarrow \text{geo-propiedad}\}$ y concluir sobre comportamientos a través de ambientes 3D gráfico-numéricos. Mediante un ejemplo en donde se modela la variación espacial de propiedades en las laderas del sitio de construcción de una presa, se muestra y justifica el modelo neuronal descrito ❖

Análisis geoestadístico del subsuelo de la zona lacustre del Valle de México

Tesis de **Moisés Juárez Camarena** para obtener el grado de doctor en Ingeniería
Facultad de Ingeniería, UNAM
Asesor: Gabriel Auvinet Guichard

Se presenta una descripción geográfica y física del Valle de México con información básica de ingeniería (topografía, geología, geomorfología e hidrología, entre otras). Con base en esta información se ofrece una caracterización de los depósitos lacustres del subsuelo. La interpretación de detalle se realizó a partir de la información puntual recopilada sobre el subsuelo, consistente en más de 10,000 sondeos geotécnicos.

Mediante herramientas informáticas e información básica de ingeniería, incluyendo los perfiles de los sondeos geotécnicos, se construyó un Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos (SIG-SG) para el Valle de México. El SIG-SG aprovecha las ventajas que ofrecen las tecnologías de la información y la eficiencia de las nuevas computadoras que, al combinarse, facilitan el manejo simultáneo de mapas temáticos (cartografía, geología, topografía, etc.) e información alfanumérica (bases de datos).

La caracterización detallada del subsuelo se realizó empleando como herramienta principal la metodología geoestadística adaptada a la geotecnia mediante el desarrollo de códigos computacionales que facilitan esta aplicación. La metodología propuesta y las herramientas computacionales desarrolladas se emplearon en analizar la distribución es-

pacial de las propiedades geotécnicas (contenido de agua, resistencia de punta en CPT, número de golpes en SPT) y geométricas (profundidad y espesor) de las principales formaciones del subsuelo dentro de las profundidades de interés para los ingenieros geotecnistas. Se pusieron en evidencia los parámetros estadísticos y la estructura de correlación que presentan estas formaciones, consideradas campos aleatorios.

Como resultado de los análisis geoestadísticos, se presenta un conjunto de modelos gráficos (perfiles, secciones transversales, mapas de contornos, mapas de superficie) que describen la distribución espacial de las propiedades analizadas en diferentes zonas o subáreas de estudio.

Con base en la información disponible y los resultados de los análisis geoestadísticos se elaboró un nuevo mapa de zonificación geotécnica para el Valle de México, que se presenta como una propuesta de actualización para la nueva versión de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones del Distrito Federal de 2015.

Por otra parte, se ilustra la aplicación de las mismas técnicas a la caracterización del subsuelo en algunas obras de infraestructura, y se propone una metodología que ayuda a definir los valores de los parámetros geotécnicos para fines de diseño de obras geotécnicas.

Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo, así como recomendaciones para la aplicación de la metodología propuesta y el uso de las herramientas usadas en este trabajo para su aplicación en futuros estudios y en otras ciudades ➡

Evaluación de los asentamientos de la cimentación de un puente vehicular con modelos no lineales

Tesis de **Víctor Manuel Martínez Flores** para obtener el grado de maestro en Ingeniería civil
Instituto Politécnico Nacional
Asesor: Sergio Antonio Martínez Galván

Esta tesis muestra la comparación de tres modelos constitutivos no lineales para calcular numéricamente los asentamientos bajo la cimentación de un puente

vehicular desplantado en suelos blandos. La cimentación propuesta de los estribos del puente y de los terraplenes de acceso (o aireplenes) consta de cajones parcialmente compensados; los aireplenes son segmentados. El suelo donde se ubica el puente está constituido por arcillas altamente compresibles, con baja resistencia al corte. Los problemas más comunes en estos puentes son las magnitudes de los asentamientos

a largo plazo (consolidación primaria y secundaria), así como los asentamientos relativos entre aireplenes y estribos.

Es común que los asentamientos diferenciales en las juntas de los segmentos del aireplén y en la junta con el estribo tengan como efecto el incorrecto funcionamiento de los puentes, con los consecuentes problemas viales y el posible desprendimiento de tramos del puente.

En la actualidad, el uso de herramientas numéricas para el análisis de problemas geotécnicos aporta ventajas al cálculo del comportamiento de los suelos de cimentación de cualquier estructura, incluyendo puentes. Asimismo, existen varios modelos constitutivos utilizables en el cálculo de asentamiento de arcillas saturadas compresibles. La calidad de este cálculo dependerá de la calidad de los resultados de la exploración de campo y del laboratorio de mecánica de suelos.

En esta tesis se describe cómo se obtuvieron parámetros de resisten-

cia al corte y de compresibilidad. El aporte es la determinación del coeficiente de compresibilidad volumétrica en función del incremento de presión, lo cual es una innovación para el actual conocimiento de la ingeniería geotécnica. Los tres modelos constitutivos comparados se aplican a arcillas saturadas blandas compresibles: Mohr-Coulomb (donde se emplea el concepto de coeficiente de compresibilidad volumétrica), Cam-Clay modificado (modelo elastoplástico que considera consolidación primaria) y Soft Soil Creep Model (modelo elasto-

plastoviscoso que considera consolidación primaria y secundaria).

Es observable que de los tres modelos constitutivos estudiados el de Mohr-Coulomb arroja los asentamientos más grandes; lo anterior debido a que este modelo es elastoplástico perfecto y no produce endurecimiento, como en el caso del modelo Cam-Clay modificado.

Un aspecto importante, resultado inesperado de esta tesis, es que al comparar los asentamientos calculados con los modelos de Mohr-Coulomb y Soft Soil Creep, éstos resultan similares \diamond

skylinesteel I

a NUCOR company

Somos fabricantes y distribuidores de acero estructural para cimentaciones y obras de retención con servicio en los EE.UU., Canadá, México, América Central, y Colombia.

Nuestros productos principales son:

- Tablestacas de acero roldadas en caliente y en frío
- Pilotes H
- Tubería
- Barras roscadas y accesorios
- Micropilotes
- Perfiles estructurales

Contamos con el mayor inventario de tablestacas en México y Departamento Técnico altamente especializado
Con asesoría técnica sin costo ni compromiso

Teléfono: +52 442 218 5511
Fax: +52 442 218 7494

ventas@skylinesteel.com www.skylinesteel.com

Las obras que se muestran en las fotos fueron hechas en México



2016

16 **Desayuno-conferencia "Resiliencia sísmica de sistemas geotécnicos"**

Marzo
Ciudad de México
www.smig.org.mx

24-25 **Curso de exploración y muestreo para técnicos**

Marzo
Ciudad de México
www.smig.org.mx

7 **Curso de suelos no saturados**

Abril
Ciudad de México
www.smig.org.mx

10-13 **GeoAmericas 2016 – 3rd Pan-American Conference on Geosynthetics**

Abril
Miami, EUA
www.geoamericas2016.org

28 **Curso de mejoramiento de suelos**

Abril
Ciudad de México
www.smig.org.mx

10-12 **7th In-Situ Rock Stress Symposium 2016 – An ISRM specialized conference**

Mayo
Tampere, Finlandia
erik.johansson@sroy.fy
www.rs2016.org

12 **Coloquio sobre terracerías y drenajes**

Mayo
Ciudad de México
www.smig.org.mx

25-27 **GeoSafe: 1st International Symposium on Reducing Risks in Site Investigation, Modelling and Construction for Rock Engineering – An ISRM specialized conference**

Mayo
Xi'an, China
xtfeng@whrsm.ac.cn
www.geosafe2016.org

26 y 27 **4° Simposio Internacional de Túneles y Lumbreras en Suelos y Rocas**

Mayo
Ciudad de México
www.smig.org.mx



9 **Curso de geotecnia costa afuera**

Junio
Ciudad de México
www.smig.org.mx

23 **Curso de presas y depósitos de jales**

Junio
Ciudad de México
www.smig.org.mx

21-22 **Curso de geotecnia sísmica**

Julio
Ciudad de México
www.smig.org.mx

25-27 **4th GeoChina International Conference**

Julio
Jinan, Shandong, China
geochina2016.geoconf.org

11 **Mesa redonda "La práctica profesional y certificación de peritos en geotecnia"**

Agosto
Ciudad de México
www.smig.org.mx

14-18 **GeoChicago 2016: Geoenvironment & Sustainability Specialty Conference**

Agosto
Chicago, EUA
www.asce.org

25 **Estabilidad de taludes y laderas naturales**

Agosto
Ciudad de México
www.smig.org.mx

29-31 **EUROCK 2016-ISRM Rock Mechanics & Rock Engineering: From the Past to the Future**

Agosto
Capadocia, Turquía
eurock2016.org

4-7 **3rd ICTG. International Conference on Transportation Geotechnics**

Septiembre
Guimarães, Portugal
www.webforum.com/tc3

9 **Simposio de geotextiles**

Septiembre
Ciudad de México
www.smig.org.mx

25-28 **6th European Geosynthetics Congress**

Septiembre
Estambul, Turquía
www.eurogeo6.org/en/default.asp

29 Septiembre
Curso de flujo de agua
Ciudad de México
www.smig.org.mx

16-18 Noviembre
RARE 2016. Recent Advances
in Rock Engineering – An ISRM
specialized conference
Bangalore, India
www.rare2016.in

23-26 Noviembre
XXVIII Reunión Nacional
de Ingeniería Geotécnica 2016
XIX Reunión Nacional de
Profesores de Ingeniería
Geotécnica
Mérida, México
www.smig.org.mx

XXVIII Reunión Nacional de
Ingeniería Geotécnica
y **XIX** Reunión Nacional de Profesores
de Ingeniería Geotécnica



2017

12-15 Marzo
Geotechnical
Frontiers
Orlando, EUA
geosyntheticconference.com/pages/home

13-15 Junio
EUROCK 2017
Ostrava, República Checa
britishgeotech.org/eurock-2017

2019

20-27 Septiembre
ISRM 14th International
Congress on Rock
Mechanics
Foz do Iguaçu, Brasil
fontoura@puc-rio.br



RENTA DE EQUIPO PARA ANCLAJE Y MICROPILOTES MARCA FRASTE, MOD. MITO 40, MITO 60 CON CABEZA EN MARTILLO EN FONDO, Y MARTILLO EN CABEZA PARA SISTEMA OVERBURDEN. RENTA DE EQUIPO PARA PILAS MARCA TESTAR 2.5 DE 60, 80 cm Y 1 m A 15 m DE PROFUNDIDAD.

MARTILLO EN CABEZA, TUBERÍA DE 76,89, 114 Y 144 mm x 1,2 Y 3 m DE LONGITUD, MARTILLOS EN FONDO MARCA PROROCK PR25, PR35, PR55, SD6 Y SD8, TALLANTES BR2, DHD 3.5, DHD 340, DHD 350, SD6 Y SD8.

SISTEMA OVERBURDEN: ADEME, TUBERÍA, CORONAS DE BÓTONES, WIDA, BOCAS EN VARIAS MEDIDAS, EJE DE CABEZA DE BARRIDO, CABEZA DE INYECCIÓN, BARRA BALANCÍN, EJE CAMPANA DE BARRIDO.

BOMBAS DE INYECCIÓN MARCA CLIVIO CON TURBOMEZCLADOR Y MEZCLADOR.

BOMBAS DE CAVIDAD PROGRESIVA; 3L4, 3L8, 3L8 Y 3L10 CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DIÉSEL Y GASOLINA, MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO Y MOTOR HIDRÁULICO.

HERRAMIENTA PARA MINERÍA BQ, NQ, HQ Y PQ, BARRAS, BROCAS DE DIAMANTE IMPREGNADO Y MONTADO, RIMAS DE DIAMANTE, ZAPATAS DE DIAMANTE, DE CARBURO DE TUNGSTENO Y BISELADAS.

BROCAS TRICÓNICAS DE DIENTES DE ACERO Y CARBURO DE TUNGSTENO, EQUIPO PARA GEOTECNIA EN AW, BW, NW

TUBERÍA BARRILES WARE LINE, PESCADORES MACHUELOS, BARRIL DENISSON, PENETRÓMETROS, SIWIVELS, ELEVADORES, COPLES.

SPT, TUBOS SHELBY, POLÍMEROS, ETC.



Informes

Teléfono oficina (55) 5312 1613
(55) 5301 0221 / (55) 5300 7563

www.royed.com.mx

Datos de contacto: Rogelio Antonio Morales

rogelio.antonio@royed.com.mx
Móvil: 3097 - 4317



Informe de actividades de la Mesa Directiva 2015-2016

El pasado 9 de diciembre de 2015 se llevó a cabo la presentación del informe de actividades de la mesa directiva 2015-2016 de la SMIG ante el Consejo Consultivo y el Consejo de Honor, ocasión en la que también se celebró la comida de fin de año.

Raúl Aguilar Becerril, presidente de la mesa directiva, informó que durante 2015 se impartieron 22 cursos y siete conferencias, se realizaron actos conmemorativos en el 30 aniversario del sismo de 1985 y cuatro conferencias de posgrado; se llevó a cabo el 3er Simposio Internacional de Cimentaciones Profundas y se presentaron tres libros. Notificó que hasta ahora existen 16 capítulos estudiantiles, 12 socios institucionales y 466 socios activos de la SMIG.

Se informó que los 22 comités técnicos de la SMIG deberán ser un apoyo importante para las actividades programadas durante el año 2016 y para la realización de la XXVIII Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica, que se celebrará del 23 al 26 de noviembre en la ciudad de Mérida, Yucatán.

Aguilar Becerril también informó que durante el XV Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, efectuado recientemente en Buenos Aires, Argentina, fue presentado nuestro país como sede del próximo XVI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica a celebrarse en noviembre de 2019; dio cuenta de las reuniones sostenidas con el presidente de la ISSMGE, con los vicepresidentes de América del Norte y América del Sur y con delegados de otros países.

Se presentaron los estados financieros y se informó de los eventos programados para este 2016, y finalmente se invitó a los miembros del Consejo de Honor y del Consejo Consultivo a proponer candidatos para las conferencias Nabor Carrillo, Raúl



J. Marsal, Leonardo Zeevaert y la de profesores, que se dictarán en la XXVIII Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica.

COMIDA DE FIN DE AÑO

Durante la comida se presentaron los videos del 4º Coloquio de Jóvenes Geotecnistas y el que fue producido para anunciar a la ciudad de Cancún, Quintana Roo, como sede del próximo XVI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica.

El evento resultó una ocasión ideal para intercambiar opiniones sobre las actividades que lleva a cabo la SMIG, algunas de carácter general y otras relacionadas con la revista *Geotecnia* y con la próxima reunión nacional ➡

Bienvenidos nuevos socios

- José Ángel Iracheta Ramírez
- Josué Amiud Landa León
- Ernesto Marroquín Muñoz
- Juan Mestre Morales
- Alfonso Rico Álvarez
- José Alejandro Salcedo Becerra
- Édgar Santos Cano

SOCIOS INSTITUCIONALES

- Beck Foundation Co., Inc.
- Maccaferri de México, S. A. de C. V.
- Skyline Comercial de México

Octava Conferencia “Alfonso Rico Rodríguez”

El 27 de enero se llevó a cabo la Octava Conferencia “Alfonso Rico Rodríguez”, titulada “Las vías terrestres, apoyo fundamental del desarrollo de México” e impartida por Gabriel Moreno Pecero. La cita fue en el edificio sede del Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C., y fue organizada conjuntamente por la SMIG y la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C. (AMIVTAC), cuyos presidentes acompañaron en el presídium al conferenciante, entre otras personalidades.

Santiago Rico Galindo, sobrino de Alfonso Rico Rodríguez, compartió con el auditorio algunas experiencias de la vida personal del doctor Rico.

Moreno Pecero se refirió a la trascendencia de las vías de comunicación terrestre a través del tiempo, desde los pueblos mayas y la época del virreinato, pasando por la Revolución, el nacimiento de la Comisión Nacional de Caminos en 1925, la etapa de Lázaro Cárdenas y la administración de cada presidente hasta nuestros días.

Presentó datos interesantes, como el que 55.4% del producto interno bruto de México es generado por la ingeniería.

Esta es una de las reflexiones de Moreno Pecero sobre la labor del ingeniero: “Tal profesional debe hacer culto de la verdad y empeño por perfeccionarse y tener carácter. Ser ejemplo para cola-

boradores, poseer conocimiento íntimo de su profesión, interés profundo para ayudar a la formación profesional de los ingenieros, deseo de ser útil a sus semejantes y a las instituciones en donde colabora, ser generoso y tener capacidad de organización e interés marcado por la investigación. Finalmente debe conocer con claridad y convencimiento las metas a acometer, es decir, debe tener rumbo”. Afirmó que la innovación no es una de las vías, sino la única que tiene la ingeniería mexicana en el corto plazo para resultar triunfadora en la competencia internacional, y ello refuerza aun más la necesidad de realizar investigación en el país ➔

Innovación en Instrumentación Geotécnica

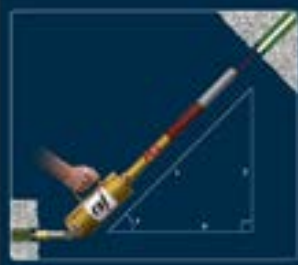


+ Tecnología Inalámbrica Suministrando Adquisición de Datos Continua con un Costo Mínimo por Canal.



El Sistema RSTAR L900 emplea nodos de radio L900 RSTAR para cada instrumento, y éstos son desplegados en una configuración de estrella con un nodo central L900 RSTAR. Este nodo consiste en una unidad L900 RTU con interfaz a un sistema de adquisición de datos FlexDAQ. El sistema RSTAR L900 está basado en el espectro de radio de banda amplia 900 MHz y 2.4 GHz con amplia cobertura en campo abierto a través de un dipolo simple o antena direccional.

+ Extensómetro Láser



Consiste en un láser portátil de alta precisión que se conecta temporalmente a un punto base dentro de un túnel, caverna o en la superficie que se alinea a puntos de referencia. La distancia medida se guarda en la memoria de un sistema de adquisición de datos integrado al equipo para la descarga y análisis posterior de las mediciones. El extensómetro láser reemplaza ventajosamente al extensómetro de cinta convencional.

+ Extensómetro en Línea Multipunto de Cuerdo Vibrante



El extensómetro en línea multipunto es utilizado para determinar la deformación de suelos, rocas y estructuras de concreto. La principal ventaja es que no cuenta con un cabezal eléctrico que sobresale del barrenado contrario, al extensómetro convencional multipunto con anclas individuales. Las anclas pueden ser inyectadas o instaladas con métodos mecánicos/hidráulicos.

Laboratorio de mecánica de rocas

Los días 26 y 27 de febrero del presente año se llevó a cabo el curso-taller “Laboratorio de mecánica de rocas” en las instalaciones de



la Comisión Federal de Electricidad (CFE), como un apoyo de ese organismo a la SMIG. El curso-taller, resultado de la participación del Comité Técnico Nacional de Mecánica de Rocas, fue impartido por Ulises Talonia Vargas y Héctor Salazar López, en coordinación con Valentín Castellanos Pedroza, todos ellos pertenecientes a la CFE.

Se tuvo un enfoque teórico-práctico en el que se presentaron los criterios y cuidados en los procedimientos de las pruebas de laboratorio más utilizadas en la ingeniería geotécnica para determinar las propiedades índice y mecánicas de



las rocas. Los temas tratados fueron de gran utilidad para los asistentes, principalmente ingenieros de la práctica y estudiantes que se interesan en los temas mencionados ➤

XIX Reunión Nacional de Profesores

El miércoles 23 de noviembre de este 2016 se celebrará en la ciudad de Mérida, Yucatán, la XIX Reunión Nacional de Profesores, el encuentro docente de mayor relevancia en la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica.

En los últimos años, se ha priorizado el acercamiento hacia instituciones de educación superior con el fin de que sus profesores y estudiantes se involucren en las actividades de la SMIG; así se ha logrado la conformación de 15 capítulos estudiantiles, incluyendo tres de posgrado, en el país.

Como parte de ello, desde 2012 se ha celebrado la Olimpiada en Geotecnia, donde se reconoce a aquellos estudiantes que, con ayuda de sus profesores, demuestran sus conocimientos en la ingeniería geotécnica. En esta ocasión, se incursiona en la participación de estudiantes de posgrado a través del Primer Reto en Geotecnia, con la intención de hacerlos participar y mostrar sus habilidades y conocimientos.

Es de suma importancia para el Comité Organizador de la XIX Reunión Nacional de Profesores contar con la presencia de instituciones educativas, a través de sus docentes y estudiantes, en las distintas actividades programadas.

Entre la gran diversidad de actividades propuestas se contará con la participación de panelistas que expondrán temas relacionados con la experiencia docente (rúbricas, metodología de la enseñanza, estudios de caso, material didáctico). Además, se priorizarán materiales que aporten a la retroalimentación de experiencias y técnicas docentes.

De igual manera se programarán mesas de trabajo con temas específicos como el uso de rúbrica en una evaluación o la elaboración de un libro de mecánica de suelos, entre otras temáticas que resultarán de interés.

Por último, se invita a todos los catedráticos, estudiantes de licenciatura y posgrado y personas interesadas a la Primera Conferencia Magistral de la Reunión Nacional de Profesores ➤

Capítulos estudiantiles

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM, LICENCIATURA

En el auditorio Raúl J. Marsal del conjunto del Posgrado de Ingeniería en la Ciudad Universitaria, el 25 de noviembre de 2015 rindió protesta el nuevo Capítulo Estudiantil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, licenciatura.

Ramón Ulises Hernández Rodríguez, presidente del Capítulo Estudiantil, habló sobre las expectativas que tienen los estudiantes respecto a la asociación.



El presidente de la SMIG, Raúl Aguilar Becerril, deseó éxito en la organización de las actividades que habrán de realizar los estudiantes, en el sentido de promover actividades que organiza la SMIG y otras con la intención de difundir la ingeniería geotécnica como cuerpo de conocimiento que gana nuevos adeptos dentro de la carrera de Ingeniería civil.

En seguida, Héctor Valverde Landeros impartió la conferencia "La estabilidad de las excavaciones en la zona metropolitana"; hizo ver la importancia de contar con información completa y confiable del entorno y del subsuelo para poder diseñar en forma responsable la cimentación de una estructura en el lugar elegido. Presentó ejemplos de varias obras en las que ha participado y de problemas que tuvo que sortear para acceder a una solución razonablemente económica, constructivamente viable y confiablemente segura ➡

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE IZTAPALAPA III

El 27 de noviembre pasado, en el auditorio del Parque Ecológico Yautlica de la delegación Iztapalapa del Distrito Federal, rindió protesta la Mesa Directiva del Capítulo Estudiantil ITI-SMIG.

Ante autoridades de la institución académica y otras personalidades, el presidente de la SMIG tomó protesta a los integrantes de la mesa directiva y los exhortó a trabajar por el bien de sus compañeros y su institución difundiendo los conocimientos de la ingeniería geotécnica y participando proactivamente en las actividades de nuestra asociación.



Posteriormente se presentaron las conferencias "Las cimentaciones de los edificios más altos del mundo", impartida por Raúl Aguilar Becerril, y "Análisis de peligro sísmico", a cargo de Carlos Roberto Torres Álvarez.

La mesa quedó integrada así: presidenta, María Griselda Olguín Torres; vicepresidente, Adrián López Corral; secretario, Édgar Cruz Aldana; tesorera, Itzia Xhunely Gonzaga Mondragón; vocales, Víctor Manuel Ramos Rocha, Alexis Eleazar Estrada Fernández, Juan Diego Eduardo, Alejandro Vázquez Galicia y William Deolarte Mora ➡

POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, BUAP

El pasado viernes 22 de enero, en el auditorio Antonio Osorio García de la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, se llevó a cabo la toma de protesta de la Mesa Directiva del Capítulo Estudiantil BUAP Posgrado-SMIG.

Como preámbulo, Juan Capallera Cabada presentó la conferencia "Prueba para determinar la metodología de compactación para los rellenos de la primera etapa de la ampliación del puerto de Veracruz".



El presidente de la SMIG, Raúl Aguilar Becerril, invitó a los integrantes de la mesa directiva a acercarse a nuestra sociedad para trabajar por el bien de sus compañeros, de su facultad y de la geotecnia. La mesa directiva quedó integrada así: presidenta, Graciela Eunice Bouhan Vargas; vicepresidente, Aldo Ricardo Campos López; secretaria, Faviola Pita Guerrero; tesorera, Jessica Monserrat Romero Téllez ➡

Cultura

Autorretrato de familia con perro

Álvaro Uribe, Tusquets, 2014

Naubo Yoneda, matemático dedicado a la teoría de las categorías, sostiene que para conocer un objeto de estudio hay que tener el mayor número de miradas o perspectivas sobre él. A grandes rasgos, de eso trata esta novela que muestra las distintas visiones de una persona y su situación familiar por medio de diversos caracteres, como son la amiga, los vecinos, el contador, el médico e incluso el perro.

En la narrativa se adivina la voluntad de imponer una interpretación a la historia familiar; es en buena medida por ello que a Uribe se le considera un gran constructor de estructuras narrativas. Esta cualidad se encarna en los personajes de Alberto y Adán, hermanos gemelos que son novelista e historiador, respectivamente, quienes se deciden a escribir el testimonio en torno a



la figura materna, y esto da forma a una novela constituida por intervenciones alternadas de los hermanos.

Ya que cada uno de ellos elige un modo de presentar "la verdad", la distinción entre historia y literatura se va haciendo más ambigua en el transcurso de la novela al punto de constituir una rivalidad testimonial, en cuya raíz está, como pronto advierte el lector, la predilección de la madre difunta por el hijo mayor ♦♦

Álvaro Uribe (México, 1953)

Es licenciado en Filosofía por la UNAM. Fue becario del taller de narrativa Augusto Monterroso. Entre 1977 y 1985 fue consejero cultural en Francia y editó la revista bilingüe *Altaforte*. En los dos años siguientes fue agregado cultural en Nicaragua. Desde 1988 ha sido coordinador de varias colecciones en el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Con *Autorretrato de familia con perro* Uribe ganó el Premio Xavier Villaurrutia 2014.

El universo cuántico (y por qué todo lo que puede suceder, sucede)

Brian Cox y Jeffrey Forshaw, Debate, 2014

Este libro trata de una aproximación al mundo de la mecánica cuántica siguiendo la línea del anterior libro de Cox y Forshaw, ¿Por qué $E = mc^2$?; ambos están escritos con la intención de hacer accesibles y fascinantes al público principios científicos fundamentales.

El mundo subatómico tiene la reputación de ser raro, y esto ha desencadenado una serie de malentendidos garrafales, aseveraciones de que todas las cosas están interconectadas y hasta analogías con el misticismo oriental. Aquí se pretende demostrar que no es necesario ver



este ámbito de la física de ninguna de esas maneras, que a menudo conducen a confusiones y a errores.

Las preguntas rectoras de este libro son: cuál es el origen y cuáles los aspectos del mundo que dieron origen al planteamiento cuántico, cómo se construyó éste y por qué hay un convencimiento generalizado de que, a pesar de su extrañeza, es una teoría correcta.

El contenido de este volumen provee un modelo concreto de la naturaleza comparable en esencia con las leyes del movimiento de Newton, la teoría de la electricidad y el magnetis-

mo de Maxwell y la teoría de la relatividad de Einstein ♦♦

Brian Cox (Gran Bretaña, 1968)

Es profesor en la Universidad de Manchester, donde también es miembro del High Energy Physics Group. Trabaja en el experimento ATLAS del gran colisionador de hadrones en el CERN. Es conocido como presentador de algunos programas de divulgación científica de la BBC, mediante los cuales detona el interés en temas científicos de vanguardia.

Jeffrey Forshaw (Gran Bretaña, 1968)

Doctor en Física teórica por la Universidad de Manchester, donde es profesor de Física de partículas. Su principal trabajo es una teoría puesta a prueba en el gran colisionador de hadrones del CERN. Como profesor, se le reconoce la capacidad de transmitir ideas complejas de manera entendible a la audiencia. En 1999 obtuvo la medalla Maxwell del Institute of Physics de Londres.

El intenso calor de la luna

Gioconda Belli, Seix Barral, 2014

El personaje central de esta novela, Emma, es una mujer de 48 años que aparentemente tiene su vida resuelta: está casada con un médico exitoso y sus dos hijos ya son adultos y viven en forma independiente. Emma, habiendo dejado inconclusa su carrera de Medicina, se encuentra con el llamado "síndrome del nido vacío": de pronto ya no tiene que dedicarse a los otros y vuelve su atención a sí misma. ¿Qué hacer? ¿Cómo llenar su vida? A este conflicto existencial se agrega la llegada de la menopausia y sus consecuencias físicas y psíquicas.

En tales circunstancias, un hecho fortuito la pone en contacto con un ambiente económico y social diferente al suyo, donde encuentra el ámbito para rescatar un sentido nuevo y una pasión para su vida personal momentáneamente llena de angustia.

La crítica califica a Emma como un personaje flaubertiano que se rebela contra el papel que le impone la sociedad a la mujer madura; de este modo llega más allá de los mitos que centran el valor de la mujer en la belleza juvenil y la fertilidad ↔



Gioconda Belli (Nicaragua, 1948)

Autora de una obra poética reconocida internacionalmente. Obtuvo el diploma en Publicidad y periodismo en Filadelfia, Estados Unidos, para después volver a su país natal. Desde 1970 se integró al Frente Sandinista de Liberación Nacional; *El país bajo mi piel* (2001) es una memoria de sus años en el sandinismo. La poesía más temprana de Belli, que apareció en el suplemento literario de *La Prensa*, fue considerada revolucionaria en la manera de abordar el cuerpo y la sensualidad femenina. Su primera novela, *La mujer habitada* (1988), ha sido traducida a 11 idiomas, con gran éxito en países como Alemania e Italia.

Breve historia de mi vida

Stephen Hawking, Crítica, 2014

Stephen Hawking ha deslumbrado a los lectores de todo el mundo con una serie de publicaciones que exploran los misterios del universo. En 2013 él, quizá el más brillante cosmólogo de nuestro tiempo, volteó la mirada hacia sí en un libro revelador sobre su vida y su evolución intelectual.

Es éste un recuento de la increíble biografía de Hawking, desde su niñez en el Londres de la posguerra hasta sus años de éxito y fama internacional. Ilustrado de manera profusa con fotografías poco conocidas, este ingenioso, conciso y cándido recuento introduce al lector en una personalidad poco atisbada en sus libros anteriores: el estudiante de escuela inquisitivo, a quien sus compañeros apodaban *Einstein*; el bromista que una vez apostó con un colega sobre la existencia de un cierto agujero negro, y el joven esposo y padre en la lucha por ganarse un escaño en el mundo de la física y la cosmología.

Con sus característicos humor y humildad, el autor revela los retos que debió afrontar tras ser diagnosticado con esclerosis



lateral amiotrófica a los 21 años. Explica cómo, en el camino de su desarrollo intelectual, la expectativa de una muerte prematura lo urgió a lograr numerosos descubrimientos; relata también la génesis de su obra maestra de divulgación científica *Una breve historia del tiempo*, libro icónico del siglo XX.

De mirada clara, carácter íntimo y mucha sabiduría, este libro autobiográfico abre una ventana al cosmos personal de Stephen Hawking ↔

Stephen William Hawking (Inglaterra, 1942)

Para dar a luz a Stephen, sus padres se trasladaron de Londres a Oxford, ciudad que era considerada más segura durante la II Guerra Mundial. Al ingresar al University College de Oxford, la intención de Hawking era estudiar Matemáticas, pero esta carrera no estaba disponible y tuvo que matricularse en Física, para graduarse con honores tres años después con un grado en Ciencia natural. Posteriormente ingresó a Cambridge para hacer investigación en Cosmología, ya que nadie se dedicaba a ello en Oxford en ese tiempo. De 1979 a 2009 fue profesor lucasiano en el Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica, un puesto fundado en 1663 y ocupado en 1669 por Isaac Newton.

Cartelera

Festival del Centro Histórico

La edición 2016 del Festival del Centro Histórico 2016 se realiza en la Ciudad de México del 11 al 27 de marzo y ofrece una gran variedad de espectáculos: exposiciones, obras de teatro, conciertos y conferencias.

En el Anfiteatro Simón Bolívar tendrán lugar magníficos conciertos. *Las siete últimas palabras de Cristo en la cruz*, partitura espléndida de Joseph Haydn, se abre paso en dos vertientes durante este festival: como obra orquestal con Horacio Franco al frente de la Capella Barroca de México el 12 de marzo a las 12 h, y en un arreglo para voz y cuarteto de cuerdas con el Cuarteto de Cuerdas de Leipzig y la soprano polaca Aleksandra Zamojska el 18 de marzo a las 20 h.

También en ese recinto se presentará el 17 de marzo el dúo de piano Bugallo-Williams, que rinde homenaje al músico húngaro György Kurtág ➡



Anfiteatro Simón Bolívar, Justo Sierra 16, col. Centro, Ciudad de México. Tel. 5276 0145.

Conjunción pictórica del siglo XX

En el Museo Nacional de Arte, hasta el 3 de abril, la exposición Los Modernos ofrecerá al público un panorama general sobre el desarrollo del arte moderno durante el último siglo a partir de una selección de 150 obras provenientes tanto del acervo del Museo de Bellas Artes de Lyon, Francia, como del Museo Nacional de Arte, así como de otras importantes colecciones.

Obras emblemáticas del arte universal, como *Cabeza de cordero desollado*, de Pablo Picasso; *Carcasa de carne y ave rapaz*, de Francis Bacon; *La casa sobre el puente*, de Diego Rivera, o *Títeres vegetales*, de Remedios Varo, podrán ser admiradas en una histórica reunión de estilos, visiones y rutas estéticas ➡



Munal. Tacuba 8, Centro Histórico, Ciudad de México. Tel. 8647 5430.

Muestra de cultura egipcia



En el Museo de los Conspiradores de la ciudad de Querétaro se expone desde el 11 de marzo hasta el 12 de junio la muestra Tutankamón. La tumba, el oro y la maldición, que se compone de piezas originales del Museo de El Cairo y réplicas perfectas de la antigua cultura egipcia, como los descubrimientos de la tumba del faraón Tutankamón ➡

Museo de los Conspiradores. Andador 5 de Mayo 18, Querétaro. Tel. 44 2214 5423.

**CONSORCIO
EXCOGE, S.A. de C.V.**

Nuestro propósito fundamental es ofrecer el soporte geotécnico necesario para erigir obras de ingeniería, tanto en el diseño como en la construcción de cimentaciones.

ACTIVIDADES DE LAS EMPRESAS:
DISEÑO

1. Cimentaciones superficiales y profundas.
2. Sistemas de estabilización para excavaciones y determinación de los procedimientos constructivos correspondientes.
3. Estructuras de contención.
4. Muelles.
5. Sistemas de bombeo.
6. Instrumentación para control y monitoreo durante la construcción y vida útil de las obras.
7. Pavimentos.
8. Supervisión Geotécnica.

CONSTRUCCIÓN

1. Pilotes de fricción y/o punta.
2. Inclusiones.
3. Pilas.
4. Micropilotes.
5. Sistema de bombeo.
6. Muro Berlín.
7. Tablaestacas.
8. Muro Milán colado *in situ* y prefabricado.
9. Anclas y concreto lanzado.
10. Enderezado de edificios.
11. Recimentaciones.
12. Obra civil y edificación.



Diseño y construcción de anclas y concreto lanzado. Santa Fe, Cd. de México



Diseño y construcción de muro Milán anclado. Av. Patriotismo, Cd. de México



Realización de pruebas geotécnicas, Cd. de México



Diseño y construcción de muro Milán apuntalado. Av. Cuauhtémoc, Cd. de México



Realización de pruebas geotécnicas, Hidalgo

1860



2015

155



Mejora de Suelos

Rapid Impact Compaction
Vibrocompactación
Vibrosustitución mediante columnas de grava
Inclusiones Rígidas
Deep Soil Mixing
Compactación Dinámica

Cimentaciones Profundas

Pilas
Pilotes
Micropilotes
Muro Milán

Inyecciones

Jet Grouting – Súper Jet®, *Soilcrete®*
Compaction Grouting
Compensación, Soilfrac®

Tratamiento de Taludes y Contenciones

Pantallas
Anclajes
Soil Nailing
Tabloestacado

Keller Cimentaciones de Latinoamérica S.A. de C.V.
Av. Presidente Masaryk 62, Int. 201.
Bosques de Chapultepec, C.P. 11580. México, D.F.
Tel: (55) 5203 9458
<http://www.keller-cimentaciones.com>
e-mail: info.mexico@keller-cimentaciones.com

