



ASOCIACIÓN COSTARRICENSE DE
GEOTECNIA

Boletín GEOTÉCNICO

Boletín Informativo de la Asociación Costarricense de Geotecnia

No. 17
Agosto-Diciembre
2012



en este número:

ACG en acción	2
A fondo - Opinan los expertos:	
Manuel Romana	3
Nick Barton	4
Milton Kanji	5
Gianfranco Perri	6
Carlos Carranza-Torres	8
Tarcisio Celestino	10
Notisuelos	
Encuentros Regionales	11
Expo ROCK 2012	12
Metro de Panamá	13
Premio Bayardo Selva	14
Comités Técnicos	16
Próximos eventos	17

2do SIMPOSIO SURAMERICANO DE EXCAVACIONES EN ROCA XI CONGRESO NACIONAL DE GEOTECNIA

Expertos concuerdan que el país cuenta capacidad técnica, pero falta planificación

Costa Rica enfrenta reto en el desarrollo de obras viales subterráneas

Costa Rica fue sede del II Simposio Suramericano de Excavaciones en Roca, escenario que permitió exponer nuevas técnicas y procedimientos para excavaciones en rocas blandas y rocas volcánicas, materiales frecuentes en nuestro país.

Durante el evento se trataron variados temas, tales como: el riesgo sísmico, soportes para túneles, experiencias en otros países, etc. Profesionales consultados opinan que las obras subterráneas son muy comunes en todo el mundo, y que la experiencia que tiene Costa Rica en la construcción de túneles en plantas hidroeléctricas permite aplicar este en vialidad.

Otros países, como Panamá, han aprovechado el potencial técnico y económico para hacerlo. El SASORE permitió renovar los conocimientos técnicos, compartir experiencias y brindar las ideas necesarias para emprender el desafío que implican este tipo de obras en el país.



Inauguración del II SASORE, 7 agosto 2012

Consejo editorial

Ing. Marco Tapia
Ing. Marcia Cordero
Ing. José P. Rodríguez
Ing. Johnny López
Ing. Adrián Fernández
Ing. Marlon Jiménez
Ing. Ivannia Solano

Periodista

Cristina Carmona

Colegio de Ingenieros
Civiles
Tel/Fax : 2253 – 5564
Apdo. 2356 – 1000
www.civiles.org/acg/index.htm

ACG continúa *liderando la capacitación regional*

El II Simposio Suramericano de Excavaciones en Roca se realizó exitosamente en San José, Costa Rica, del 7 al 10 de agosto, en el Hotel Ramada Plaza Herradura, junto al XI Congreso Nacional de Geotecnia 2012. La organización estuvo a cargo de la ACG, como parte de la continua búsqueda de capacitación con expertos nacionales e internacionales.

En el acto inaugural del SASORE se contó con la presencia de distinguidos invitados, ellos fueron: el Ing. Álvaro González, Ex Vicepresidente de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas para la región de Suramérica; el Ing. Luis Llach, Ministro de Obras Públicas y Transportes en ese momento, la Arq. Eugenia Morales, Subdirectora del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, el Ing. Marco Tapia, Presidente de la Junta Directiva de la ACG y el Ing. Marlon Jiménez, Coordinador del II SASORE y miembro de la Junta Directiva de la ACG.

El Ing. Marco Tapia resaltó la importancia que tiene esta actividad en el ámbito académico y técnico para los profesionales costarricenses y la activa participación que se ha tenido por parte de la ACG con otras asociaciones internacionales.

“Esta responsabilidad la hemos acogido con mucho entusiasmo. Es necesario desenvolvemos en este ámbito”, explicó el Ing. Tapia.

Por otro lado, la Arq. Eugenia Morales, Subdirectora del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA), recalcó la importancia del continuo estudio de la geotecnia, a través de intercambio de conocimientos con expertos internacionales.

“El CFIA apoya estos eventos, con el objetivo de mejorar el quehacer profesional y la filosofía del diseño, para asegurar la vida de las personas. La creación y redacción del Código de Cimentaciones es prueba de estos esfuerzos”, añadió la Arq. Morales. El Ing. Álvaro González, Ex Presidente por Suramérica de la ISRM, agregó “que el SASORE motiva discusiones técnicas que son importantes para la región”. Además, el Ing. Marlon Jiménez, Coordinador del SASORE, agradeció a los expositores nacionales e internacionales su participación, y la valiosa contribución de los patrocinadores, ya que sin su apoyo no hubiera sido posible desarrollar la actividad.



Ing. Luis Llach, Ex Ministro del MOPT



Ing. Marco Tapia, Presidente ACG



Arq. Eugenia Morales, CFIA



Ing. Marlon Jiménez, Coordinador SASORE



Ing. Álvaro González, Ex Presidente por Suramérica de la ISRM

Opinan los expertos:
Prof. Manuel Romana



“En el caso de **Costa Rica**, la necesidad es la madre de la **invención**”

El Ing. Manuel Romana, expositor internacional del II SASORE, asegura que nuestro país debe concentrarse en problemas concretos y ver como se han resuelto en otros lugares y conectarse con países próximos.

El Ing. Romana al preguntársele sobre la situación de Costa Rica en el rezago de infraestructura subterránea para mejorar las condiciones de vialidad y transporte del país, aseguró que América Latina iba más adelantada en cuanto a la construcción de túneles excavados en roca, y que nuestro país puede tomar ventaja de esto.

“América está más adelantada que Europa en la estabilización de taludes. Son en las grandes instalaciones mineras donde se está dando esta revolución. La minería en América está muy desarrollada, por ejemplo Chile y Perú, Estados Unidos y Canadá”, aseguró el Ing. Romana.

En el tema de seguridad, asegura que la perfección no existe, y que siempre hay riesgos. *“En la excavación de rocas se debe dedicar suficiente tiempo en el análisis, reconocimiento y control durante la ejecución”,* agregó.

Además, indicó que la responsabilidad de los profesionales es mantenerse conectados con la industria y con la universidad.

Caso de España

Romana indicó que en el caso de España, el metro de Madrid es el segundo en longitud de túneles más grande del mundo.

Además, existen otros en Barcelona, Bilbao, Sevilla, Valencia, Málaga. *“En la red antigua de ferrocarriles a principios del siglo XX el 1% de la red eran túneles.*

En este momento, el 4% o 5% de la red son túneles. Pero la tendencia es en todo el mundo, el mercado de obras subterráneas está aumentando incluso donde el mercado de obras públicas está decreciendo”, añadió.



Metro de Madrid



Túnel del P.H. Pirris, Costa Rica

Resumen de la exposición Estabilidad de taludes rocosos

Los taludes excavados en roca son muy diferentes según el tipo: taludes mineros en cortas (open pits); taludes en el entono de presas; taludes para vías de comunicación. En la realidad los taludes excavados en roca suelen ser inestables o estables con un número variable de inestabilidades locales. Los taludes mineros han alcanzado, en el siglo XXI, alturas de 1 Km. y plantean nuevos retos, hasta ahora desconocidos, que requieren una tecnología específica de toma de datos geotécnicos, diseño y control.

Su estabilidad se calcula, en tres dimensiones, por métodos numéricos avanzados con un proceso de reducción progresiva de resistencia del terreno. Se eligen coeficientes de seguridad distintos según el daño que provocaría su caída: máximo en el talud de rampa, mínimo en un talud de berma, donde se admiten roturas locales. Los taludes excavados en el entorno de grandes presas pueden alcanzar alturas de hasta 300 m y son de tipología muy distinta según se sitúen en el embalse, con gran influencia de la presión de poro debida al embalse, o fuera de él (vertedor, subestación eléctrica). Se solían calcular por métodos de equilibrio límite en dos dimensiones, con coeficientes de seguridad altos, pero la tendencia futura será aplicar métodos de cálculo numérico y de diseño desarrollados para los taludes mineros.

Los taludes en vías de comunicación son de alturas menores y la tendencia actual es sustituir los de mayor altura por túneles.

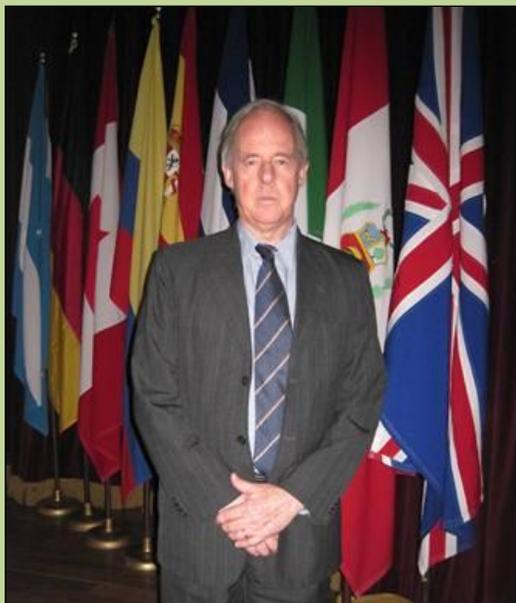
“Me gustaría conocer más sobre la geología de Costa Rica”

Opinan los expertos:
Dr. Nick Barton

El Dr. Nick Barton fue uno de los expositores destacados durante el II SASORE, dictando la conferencia Muller Lecture, denominada "Desde el empirismo, a través de la teoría, la resolución de problemas en la ingeniería de rocas". Con esta conferencia el Dr. Barton recibió en el año 2011 el premio Leopold Muller, que entrega la ISRM a sus miembros más distinguidos, por sus contribuciones en la mecánica de rocas y la ingeniería de rocas.

Su investigación se trata sobre el trabajo empírico en la excavación de túneles basado en la experiencia de campo. Su tesis doctoral, se basa en un índice empírico que clasifica la roca para ser excavada, basado en la experiencia. Analizó cientos de kilómetros de túneles construidos e intentó correlacionar los soportes que se habían construido y compararlo con las características de la mecánica de rocas.

Con esto consiguió una correlación entre los soportes a utilizar y la calidad del macizo rocoso, y propuso un índice para cuantificar en términos numéricos la calidad de un macizo rocoso. A continuación presentamos la entrevista que concedió a este medio sobre su visita al país.



El Dr. Nick Barton ha visitado varias veces nuestro país.

¿Por qué decidió regresar a Costa Rica?

Costa Rica es un bello país. Tenemos familia aquí. Mi hijo se casó acá, y acepté la invitación para dar una conferencia aquí. Esta vez quise unirme a esta actividad, pues me interesa bastante.

¿Cuál es su impresión sobre la ingeniería civil en Costa Rica?

No tengo suficiente conocimiento y experiencia para opinar sobre la ingeniería en Costa Rica, pero si sé que tienen un gran reto de trabajar con rocas blandas y rocas volcánicas.

¿Qué necesita un país como el nuestro para desarrollar más obras subterráneas?

Me gustaría conocer más la geología que existe en Costa Rica, porque no he estado involucrado en proyectos acá. Recuerdo que hace dos años impartí un curso en Costa Rica, y estaba motivado por hablar sobre rocas blandas y rocas volcánicas, y descubrí que tienen grandes retos.

Existen soluciones para construir túneles y cavernas con rocas blandas, es necesario invertir suficientes recursos en la excavación y en los soportes de las rocas. Es una ventaja estar por debajo del suelo por la seguridad sísmica.

En Costa Rica tenemos problemas en planificación gubernamental...

El gobierno tiene muchas etapas para aprobar proyectos, que necesitan de muchas firmas y aprobaciones, y esto sucede en muchos países no solo en Costa Rica. Los proyectos toman largo tiempo para que sean aprobados incluso en una economía tan desarrollada como Hong Kong, que tiene un increíble número de departamentos gubernamentales que dan permiso para los proyectos, puede tomar uno o dos años en algo simple, pero todo el mundo tiene que firmar y justificar los empleos.

En Europa esto es menos común, yo estoy en Noruega y esto no toma tanto tiempo, es más rápido.

Opinan los expertos:

Dr. Milton Kanji

“Se debe insistir en obtener buenas muestras de laboratorio”

El Dr. Milton Kanji, especialista brasileño, participó en el II SASORE con la conferencia: “Obras de Ingeniería en rocas blandas: problemas y soluciones”, bajo la premisa de que las muestras deben ser examinadas detalladamente para asegurar su calidad y soporte.

El Dr. Kanji comentó que países como Brasil tienen similitudes con Costa Rica por el tipo de roca blanda, además del clima. *“Brasil tiene bastantes regiones con rocas blandas y algunas con rocas duras. Al contrario de Costa Rica, Brasil no tiene movimientos sísmicos y rocas blandas de origen volcánico, lo cual nos permite tener un terreno más estable”*, manifestó.

Una de sus recomendaciones es que se deben desarrollar técnicas específicas para las rocas de nuestro país. *“Tenemos experiencias pioneras e interesantes de construir obras para proteger instalaciones para que los aluviones no sean destructivos, en este sentido podemos contribuir con ustedes”*, agregó.

El Dr. Kanji insiste en obtener buenas muestras y hacer pruebas de laboratorio, ya que *“algunas de las muestras son tan débiles que se deshacen, por lo que se debe insistir y aprender en como preparar las muestras para que no desintegren”*. Para él, cada material exige un tipo de práctica específica, y la mejor manera es insistir en laboratorio, a través del experimento. También conversó con este medio sobre el Comité de Rocas Blandas, el cual fue formado en el 2011, por iniciativa de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas. Actualmente, el Dr. Kanji es el Presidente de este comité. Los interesados en publicar y transmitir experiencia en rocas blandas, o formar parte del comité, puede enviar un correo a milton.kanji@gmail.com.

Obras de Ingeniería en rocas blandas, problemas y soluciones:

Las rocas blandas son un material crítico pues presenta diversos tipos de problemas: es intermedia entre suelo y roca dura y muchas veces no puede ser ensayadas en equipos de laboratorio de suelos por ser muy duras, ni tampoco en equipos de laboratorio de rocas pues este frecuentemente desintegra la muestra antes de su adecuada caracterización. Su comportamiento no sigue el clásico comportamiento esperado para macizos rocosos de roca dura fracturada, presentando al mismo tiempo ruptura de la roca intacta. Todavía son poco estudiadas y no hay suficiente confianza en sus propiedades para utilización en el proyecto de obras importantes de ingeniería, conllevando a adoptar parámetros conservadores, a bien de la seguridad, pero muchas veces con perjuicio de la economía.

De esta forma es importante el esfuerzo para investigar las rocas blandas para conocerlas bien, explicar su comportamiento, poder encontrar pruebas relativamente simples que puedan indicar su conducta, tener una buena base de experiencia para poder adoptar de forma realista sus parámetros y poder prever su funcionamiento en el proyecto.

Es también de gran interés recolectar la experiencia práctica de problemas observados en la ejecución de obras de ingeniería (como en fundaciones de grandes presas, túneles, otras obras subterráneas, y estabilidad de laderas) y las correspondientes soluciones adoptadas. La necesidad de investigar las propiedades de las rocas blandas es representada por los trabajos e investigaciones del medio académico y principalmente en el establecimiento de comisiones o comités técnicos de las diversas asociaciones geotécnicas. Entre las regiones que presentan rocas blandas se puede mencionar las Cuencas del Río de la Plata (Brasil-Paraguay-Argentina) y la Cuenca del Amazonas, muchas partes de los países Andinos, Centroamérica, Oriente Medio, Europa (regiones de Inglaterra, Francia, Alemania, Polonia y Grecia), Australia, Japón, China, etc.



Ing. Milton Kanji

*“Si presentamos una **visión global**,
el túnel se vuelve **competitivo**”*

Opinan los expertos:
Prof. Gianfranco Perri

Gianfranco Perri es Doctor en Ingeniería de Minas, docente universitario e ingeniero consultor y diseñador. Entre los principales trabajos recientes en que ha participado en Venezuela, ha sido proyectista de los túneles de las Línea 3 del Metro de Caracas y de los túneles del Metro de Los Teques. Es actualmente el diseñador de los túneles del Ferrocarril Caracas-Puerto Cabello, de los túneles del Ferrocarril San Juan de los Morros – San Fernando de Apure y de los túneles del Metro de Valencia.

Es también el diseñador geotécnico de todas las obras civiles de los cerca de 500 Kilómetros de vías férreas actualmente en construcción en Venezuela. Además, es Ex Presidente de la Sociedad Venezolana de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones.



¿Cuáles son las expectativas en la región (Centroamérica) para el desarrollo de infraestructura subterránea?

Costa Rica es el país que más tiene tradición por las plantas hidroeléctricas, el ICE tiene mucha experiencia en túneles hidroeléctricos, pero no son túneles de vialidad o metropolitanos. Otro es Panamá, con la construcción de un metro, que es una obra importante para la región.

En Costa Rica la infraestructura de vialidad es deficiente, y un país como este tan montañoso implica la construcción de túneles, de manera que en los próximos años puedan desarrollarse proyectos que incluyen túneles. Pero podemos esperar un futuro subterráneo acoplado al de vialidad.

¿La construcción de túneles encarecen las obras?

Un metro lineal de túnel cuesta más que un kilómetro de carretera. Pero el costo de mantenimiento para una carretera es mayor, ya que se deben estabilizar taludes e interrumpen el tránsito. De manera que la tendencia mundial es limitar los cortes, a nivel ambiental, a favor de los túneles. Tienen un costo de inversión inicial elevado, pero es sólo al principio.

Si hacemos una visión global el túnel se vuelve competitivo con la vialidad, ya que los beneficios económicos de los túneles son mejores a mediano plazo. La ciudad de Santiago de Chile, tenía un problema gravísimo de tránsito, pero ahora tiene un desarrollo urbano muy interesante, el tráfico se ha vuelto mucho más liviano por una autopista subterránea de unos 12 kilómetros.

¿Cuál es el desarrollo de este tipo de obras en Venezuela?

En los últimos años se han construido muchos túneles por el ferrocarril entre Caracas y Puerto Cabello, donde se han construido 140 kilómetros hasta el momento. La obra subterránea ha tenido un auge importante y su aceptación se ha debido al metro de Caracas, que se inició en 1978. En Venezuela se tenía el concepto de que los túneles eran costosos, que se tenían que llamar empresas extranjeras para hacerlos, que era complicada su construcción, pero en Caracas las personas vieron que el túnel era factible y con tecnología que se puede adaptar al país. En Venezuela de hecho los proyectos viales incluyen túneles, ahora se está iniciando un túnel urbano que unirá una autopista con el lado norte de la ciudad.

Hoy en día la tecnología del túnel ha avanzado muchísimo, y se puede excavar con seguridad y en tiempo breve, en situaciones geológicamente complejas. Con el ICE se tiene una experiencia amplia, no sería una novedad para este país.

¿Puede hablarme un poco sobre su exposición de nuevas tecnologías de excavación?

Es sobre túneles excavados convencionalmente, quiere decir que se excavan sin la máquina, se usan explosivos y algunos soportes. También hice referencia a los marcos metálicos, normalmente los marcos convencionales son perfiles metálicos o cerchas metálicas, y la innovación es utilizar tubos metálicos para conformar los marcos que tienen una serie de ventajas técnicas y económicas que están en una fase experimental, pero que los primeros resultados han sido interesantes.

Otra innovación es la metodología que permite trabajar con seguridad y en forma más rápida y permite también excavar la sección del túnel de una sola vez, estabilizando el frente de la excavación con unos micro-pilotes hechos con vidrio resina, que tiene buena resistencia a la presión y estabiliza muy bien el frente. Ahora se está utilizando en Europa desde hace cinco o diez años.



Configuración geométrica típica de dos marcos metálicos tubulares consecutivos.
Fotografía tomada de la presentación del Ing. Perri.

Opinan los expertos:
Prof. Carlos Carranza-Torres

Experiencia **tecnológica** aplicada en **excavación** de obras subterráneas

El Dr. Carlos Carranza, fue uno de los expositores internacionales del II SASORE que trató el tema de la tecnología aplicada en la excavación de túneles. El tema de su presentación fue "Métodos analíticos y numéricos para el análisis y diseño de sostenimiento de excavaciones subterráneas". El Dr. Carranza tiene una maestría y un doctorado en Geología Aplicada y Mecánica de Rocas, además es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Minnesota, Campus Duluth, E.E.U.U. Actualmente, es consultor asociado de la compañía SRK. Este especialista nos habló acerca de sus planes para regresar al país y algunos métodos tecnológicos más novedosos en el mercado.



¿Dentro de sus planes está brindar alguna capacitación en Costa Rica?

Estoy interesado en seguir dando cursos en Costa Rica. Vivo desde hace dieciocho años en Estados Unidos, en Minnesota. Trabajo en geotecnia desde que finalicé mi doctorado en mecánica de rocas en 1998. Después trabajé en consultoría privada en ITASCA. Ahora trabajo para varias compañías como SRK, en temas de excavaciones, presas, y los asisto con aspectos computacionales.

¿Qué opina sobre la exposición que dio el Dr. Nick Barton sobre el empirismo?

La excavación de rocas se contrasta con otras ingenierías en la construcción de estructuras de hormigón o acero. El material con que se trabaja en rocas siempre tiene incertidumbre y variabilidad. Somos capaces de formar una imagen de cual es la condición del terreno antes de excavar, a partir de algunos puntos. El Dr. Barton asegura que ser empírico tiene una gran importancia, el hecho de ser capaz de juzgar cual puede ser el comportamiento de la excavación, más allá de la computadora o de ser racional. Requiere de estudios que no son necesarios en otras obras de ingeniería.

Es importante basarse en la experiencia que han tenido otros ingenieros en condiciones similares, y rescatar esa experiencia, lo que sea aplicable al caso nuevo. Esa experiencia puede manifestarse de diferentes maneras, por ejemplo en los sistemas de clasificación de rocas, los diagramas para la estimación de la calidad de roca se basan en observaciones de excavaciones realizadas, que no necesariamente él las ha construido, sino que ha tenido la oportunidad de monitorear. Esto es uno de los méritos del sistema Q, para que otras personas puedan utilizar esta información y aplicarla como guía.

¿Su trabajo se concentra meramente en la computación?

No, trabajo en un pozo de perforación interpretando las muestras, pero cada área es esencial dentro de un proyecto, y yo he decidido concentrarme en la computación, aunque tengo formación de geología.

Además, verifico opciones de diseño para optimizar alternativas, utilizando software o métodos de ingeniería, para resolver el problema mecánico, hidráulico. Típicamente viene un pre diseño que se realiza con métodos empíricos que ni siquiera requieran de una computadora, un ingeniero hace una primera estimación basado en el sostenimiento que una excavación requiera y posteriormente pasa por diversas etapas donde se verifica que es una solución propicia para la circunstancia dada.

¿Qué tipo de tecnología existe actualmente en este campo

En el área de geo mecánica existen paquetes o métodos de cómputo para tratamiento de problemas que involucran redistribución de esfuerzos, generaciones de deformaciones por las excavaciones. Existen tres métodos basados en métodos continuos, formulaciones que tienen en cuenta entre esfuerzos y deformaciones, elementos finitos, también hay otros métodos que tratan al material como discontinuo. También existen los que ignoran las relaciones entre esfuerzos y deformaciones, como los de equilibrio límite, que son análisis más simples que se hacen que permiten ver si la excavación será estable o no. Para resumir, en excavaciones existen métodos continuos, elementos finitos, métodos discontinuos, y los de equilibrio límite.

Esto requiere implementación de computadora, gracias a la accesibilidad, con computadoras más potentes para incorporarlos.

Costa Rica se caracteriza por tener muchas rocas blandas. ¿Qué se puede hacer al respecto?

Es relativo, depende mucho del tamaño de la excavación. Hacer el túnel de un metro en una roca blanda, es un trabajo de rutina, pero hacer un túnel de 20 metros a sección completa posiblemente vaya a ser una tarea muy retadora. No existe el túnel imposible, los túneles en suelo o en roca muy meteorizada de baja calidad, con pequeñas coberturas, tienden a ser complicados, ya que no hay cohesión. Existen técnicas como fibras que se instalan en el frente del túnel y es muy utilizado en Italia para estabilizar el frente en materiales de poca calidad, con este método se puede excavar a sección completa túneles de grandes dimensiones. Cuando la roca es fuerte, uno típicamente avanza con explosivos, muy diferente en túneles con rocas débiles, en los que se utilizan excavadoras.

"Métodos analíticos y numéricos para el análisis y diseño de sostenimiento de excavaciones subterráneas" Resumen de la presentación

En contraste con la solución de Einstein y Schwartz de 1979 que considera que el sostenimiento se instala en el mismo momento que el túnel se excava, y también en contraste con las publicaciones relacionadas de Schwartz y Einstein que tienen en cuenta la instalación tardía del sostenimiento multiplicando los valores de cargas y desplazamientos en el sostenimiento por un factor de reducción (considerando las mismas expresiones de Einstein y Schwartz 1979), este trabajo formula el problema como dos problemas separados que tienen en cuenta el proceso de excavación en dos etapas. En una primera etapa, las tracciones en la periferia del túnel a ser excavado se reducen (o 'relajan') en un factor fR , para tener en cuenta la presencia del frente del túnel, tal como se realiza normalmente en el análisis de secciones bidimensionales de túneles con sostenimiento utilizando software comercial de elementos de diferencias finitas. Para esta primera etapa, se provee la solución de las variables de campo (esfuerzos y desplazamientos) en el terreno.

En una segunda etapa, el sostenimiento se instala, y las tracciones en la periferia del túnel se remueven, resultando en la carga y deformación del sostenimiento a medida que el mismo interactúa con el terreno. Para esta segunda etapa, se provee también la solución de las variables en el terreno y las cargas y desplazamientos en el sostenimiento. Este trabajo demuestra que al disminuir las tracciones en la periferia de un túnel en un factor fR de los esfuerzos del terreno iniciales antes de la instalación del sostenimiento (es decir, con $0 \leq fR < 1$), las cargas finales resultantes y los desplazamientos en el sostenimiento se reducen en el mismo factor fR , con respecto a las cargas y desplazamientos correspondientes que son calculados con la solución de Einstein y Schwartz (es decir, cuando se considera el caso $fR = 1$).

Esta demostración valida entonces el procedimiento seguido en publicaciones de Schwartz y Einstein, que multiplican los valores de cargas y desplazamientos en el sostenimiento (para el caso $fR = 1$) por un factor de corrección para tener en cuenta la instalación tardía del sostenimiento. El artículo también demuestra que cuando los esfuerzos y desplazamientos en el terreno para la primera etapa se abstraen de los correspondientes esfuerzos y desplazamientos para la segunda etapa (luego de instalar el sostenimiento), los valores resultantes de esfuerzos y desplazamientos se reducen en exactamente el mismo factor fR .

Aunque la excelente solución de Einstein y Schwartz publicada en 1979 es básicamente correcta, Einstein y Schwartz descartaron un término en la solución de momentos flectores porque juzgaron que su efecto era pequeño en la mayoría de las situaciones (particularmente cuando el espesor del sostenimiento es pequeño comparado con el radio del túnel).

“En **Brasil** el gobierno toma decisiones sin el **criterio técnico adecuado**”

Opinan los expertos:
Dr. Tarcisio Celestino

Otro de los expositores destacados durante el II SASORE, fue el Dr. Tarcisio Celestino, quien tiene un doctorado en Mecánica de Rocas de la Universidad de California, Berkeley. Además, es profesor de ingeniería geotécnica de la Universidad de Sao Paulo.

El Dr. Tarcisio Celestino explicó la importancia de mejorar la planificación en el desarrollo de obras subterráneas, ya que muchas excavaciones se hacen a cielo abierto en medio de la ciudad y hay toda una perturbación de tráfico, lo cual a su criterio no es desarrollo. “Si se construye así en un país en desarrollo, no es ingeniería”, afirma el Dr. Celestino. Una de las novedades que mencionó fue la construcción de la línea cuatro del metro de Sao Paulo, donde se utilizó por primera vez una tuneladora de frente balanceada, que funciona para ciertos tipos de terreno con arenas muy gruesas y con excavaciones muy difíciles de hacer bajo el nivel de agua.

Otro de los ejemplos que mencionó fue el metro de Chile, donde se utilizó el concreto lanzado para las excavaciones convencionales, que abarata los costos y son apropiados para países que no tienen mucho dinero, y dentro de plazos factibles.

“En Argentina, las excavaciones con métodos convencionales es la frontera de lo que se hace mejor en el mundo”, añadió.

Sobre la situación que vive el país en cuanto a obras viales que faciliten el transporte público y la fluidez del tráfico, mencionó que la planificación es muy importante. “La ingeniería en este caso requiere de un 3% del presupuesto de la obra y sobre todo sacar provecho de la tecnología”, mencionó el Dr. Celestino.

Pero la situación de Costa Rica no es la única, tal como lo afirmó también el Dr. Nick Barton.

“En Brasil sucede que el gobierno toma decisiones sin el criterio técnico adecuado en muchas ocasiones. Costa Rica al menos puede tomar como ejemplo las cosas buenas que hemos hecho, tiene buena ingeniería, pueden y precisan hacer un metro”, agregó Celestino.

Diseño para excavaciones

Una de las conferencias que presentó el Ing. Tarcisio Celestino fue “Metodología de diseño para excavaciones subterráneas en roca”.

Dentro de los elementos mínimos para diseñar este tipo de obras, mencionó una adecuada interpretación e investigación geológica, llevar una secuencia estricta de la construcción, asegurar la estabilidad durante la excavación y la impermeabilización, y sobre todo un planeamiento para la evaluación y mitigación del impacto de la construcción en zonas urbanas.

Además, mencionó los coeficientes de variación típicos de los materiales durante la excavación entre ellos el concreto (13), acero (0,02), masas de sedimentos (40) y el suelo con (20).

La asistencia técnica durante la construcción también es necesaria, específicamente para optimizar los recursos y asegurar que el diseñador cumpla con la responsabilidad profesional.

Conclusiones de la presentación

- Lograr la estabilidad técnica durante todas las etapas.
- Tener en cuenta el grado de complejidad progresiva.
- La investigación es limitada pero útil. El diseño no es una etapa burocrática del proyecto.
- Importancia de la asistencia durante la construcción.



Ing. Tarcisio Celestino

Encuentros regionales consolidan relaciones entre **ACG** y otras *agrupaciones del continente*

Durante el II Sasore y el IX Congeo 2012, se realizaron dos encuentros regionales, con el fin de compartir experiencias y aunar lazos con los profesionales de la Región. Uno de ellos fue el Consejo Sudamericano de la ISRM (Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas), incluido el Vicepresidente por Sudamérica Antonio Samaniego y, como invitado especial, el Dr. Nick Barton. Además, se realizó por sexta vez consecutiva el Encuentro Centroamericano de Geotecnistas, con la participación de representantes de Guatemala, El Salvador, Panamá y Costa Rica. En este encuentro participó el Vicepresidente por Suramérica, Roberto Terzariol, de la ISSMGE (Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica).



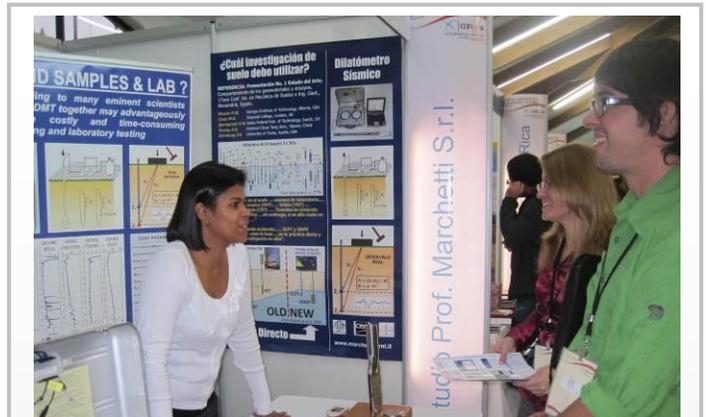
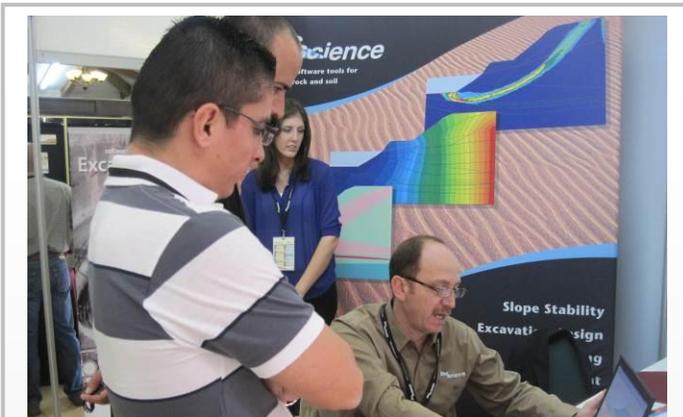
Participantes del Consejo Sudamericano de la ISRM celebrado en Costa Rica



Participantes del VI Encuentro Centroamericano de Geotecnistas, 2012

Expo ROCK 2012: vitrina sobre nuevos productos y servicios

La Expo ROCK 2012 se realizó del 7 al 10 de agosto, durante la celebración del II SASORE y del XI CONGEO, la Expo presentó opciones muy interesantes para los profesionales en geotecnia. Los participantes se informaron sobre nuevos servicios de construcción geotécnica, distribuidores de equipo, instrumentación geotécnica, software y consultoría. La oferta en la Expo resultó muy atractiva para los profesionales en la región centroamericana y suramericana, según se pudo constatar en las encuestas realizadas.



Panamá se prepara para estrenar metro en el 2014

En el IX CONGEO 2012, la empresa BAUER explicó los alcances sociales, económicos y técnicos de la construcción de la línea uno del metro subterráneo de la Ciudad de Panamá. La obra dio inicio en el 2011, y se espera que para el 2014 esté concluida.

Con una inversión aproximada de US \$1800 millones, Panamá espera estrenar su primer metro subterráneo para mejorar la calidad del transporte público y descongestionar el tráfico vehicular.

La longitud total será de 13,7 kilómetros y específicamente son 7 kilómetros de obra subterránea, que tendrá ocho estaciones.

Después de un proceso licitatorio que inició en el 2009, la empresa internacional BAUER ganó en el 2010, la licitación para construir las obras geotécnicas del metro.

“Existe en la región centroamericana el conocimiento necesario para llevar a cabo la construcción de obras subterráneas a los niveles de los países más desarrollados del mundo. La voluntad política en los países subdesarrollados es fundamental para planificar, organizar, ejecutar y controlar obras de infraestructura de gran envergadura en tiempos razonablemente cortos”, explicó Ricardo Villalta, representante de Bauer Cimentaciones Costa Rica, S.A.

La construcción del metro requirió de dos tipos de muros para las estaciones, que son muros diafragma y muros de pilotes secantes. Los muros diafragma requieren de una excavación de 35 metros de profundidad, la cual se

realiza con hidrofresa, que es una tecnología aplicada por primera en Centroamérica. La hidrofresa se ha utilizado para la excavación de rocas blandas, y la extracción se realiza por bombeo. La bentonita es el medio de soporte de la excavación.

En el caso de los muros diafragma de las estaciones del Metro de Panamá, son pantallas de sostenimiento en concreto armado. La hidrofresa está equipada con aletas móviles capaces de rectificar la pérdida de verticalidad de la misma, la cual posee un inclinómetro que envía información a una pantalla electrónica en la cabina del operador, que tiene instalada una bomba en la parte superior de las ruedas cortadoras con el fin de evacuar el material perforado.

“El resultado final debe ser un bloque compacto conformado por una serie de paneles de concreto reforzado. Cuando la totalidad de paneles ha sido finalizada se procede al movimiento de tierras hasta la profundidad de diseño, caso en que el muro estará sometido a condiciones de carga similar a las tablestacas. Los muros diafragma del Metro de Panamá no requieren de la instalación de anclajes”, indicó la presentación técnica.

En cuanto a los muros de pilotes, se construirán con pilotes primarios y secundarios, con traslape entre pilotes.

Planificación estratégica

Se estima que 14000 personas viajen diariamente en el metro por cada hora. Hans Schwarzweller, Director de Bauer Fundaciones América Latina, S.A., explicó que si se aumentan la cantidad de trenes, se podrían transportar 30 mil personas en horas pico. Ambos expositores, coincidieron en que la construcción del metro está causando problemas de tránsito en la ciudad, y aún no se ha estimado la reubicación de servicios. *“En Taipei por ejemplo, la reubicación de servicios requirió de un año, pero en Panamá tiene que ser muy rápido. Pero estamos seguros que habrá menos tráfico, reducción de la contaminación, menos tiempo perdido, y aumenta la productividad. La voluntad de los políticos es importante para este tipo de proyectos”,* aseguró.

Más información en

<http://www.elmetrodepanama.com/>



Ganadores del Premio *Bayardo Selva*

El Ing. Adrián Naranjo Castillo y el Geólogo Jorge Bonilla Morales excelentes profesionales del ICE, fueron los ganadores del premio Bayardo Selva, reconocimiento que fue otorgado en el acto de clausura del IX CONGEO 2012. Su investigación sobre la *Utilización de bases de datos y sistemas de información geográfica en el seguimiento geológico-geotécnico de obras subterráneas*, le acreditó a ambos este reconocimiento por parte de la Asociación Costarricense de Geotecnia. A continuación presentamos una entrevista que realizó este medio a ambos profesionales.

¿Por qué surgió la idea de respaldar y documentar el trabajo que hace un profesional en el campo a través de las herramientas de cómputo?

En general puede decirse que es un tema de innovación. La idea es poder aplicar un sistema de manejo de información que no solo permita almacenar la gran cantidad de información que se genera durante el diseño y seguimiento de una obra ingenieril de forma concentrada, ordenada y segura, sino que adicionalmente permita que esa información generada a lo largo de un proyecto quede a fácil disposición para futuros proyectos en los cuales pueda ser de gran utilidad.

Por poner un ejemplo para reforzar lo anterior, puede mencionarse que a nivel geológico-geotécnico el ICE ha desarrollado durante muchos años una enorme cantidad de investigación a lo largo del país. Esta información sigue en aumento con cada proyecto, y sin embargo, todos los datos que se han generado hasta la fecha en muchas ocasiones son muy difíciles de conseguir porque están en informes impresos que se han extraviado o que son difíciles de localizar, o simplemente porque la transmisión de esa información de un proyecto a otro no resulta ser tan sencilla.

Si esta información se comienza a manejar de forma ordenada mediante bases de datos, en pocos años sería posible contar con datos de propiedades geológico-geotécnicas de los materiales de gran parte del país, lo cual, al servicio de todos los ingenieros y geólogos del ICE podría simplificar enormemente la realización de diseños o incluso el planeamiento de nuevos proyectos. Es necesario tener en cuenta que estamos en una era donde la tecnología ha alcanzado niveles de desarrollo que antes no podían siquiera imaginarse, y no nos podemos quedar atrás en esto, hay que sacarle provecho y promover el uso de esas herramientas en nuestras labores diarias.



De izq. a derecha: Geól. Jorge Bonilla, Ing. Marco Tapia (Presidente ACG) e Ing. Adrián Naranjo.

¿Qué tipo de información geotécnica y geológica se puede determinar en el seguimiento de proyectos en tiempo real?

Prácticamente que cualquiera. Nosotros hemos venido trabajando con descripciones de topes y paredes del túnel, clasificación de macizos rocosos, control de convergencias, realización de ensayos de campo y laboratorio, entre otros. La idea es que este tipo de información sea recopilada en campo durante el día, y posteriormente se realice su procesamiento y publicación en el menor tiempo posible, proporcionándole al equipo constructivo información muy valiosa y a tiempo para la toma de decisiones.

¿Qué ventajas ofrece esta propuesta tecnológica en la construcción de plantas hidroeléctricas en el país?

Permite contar oportunamente con información de gran importancia para la toma de decisiones; aspecto que se valora mucho en proyectos de esta envergadura por los ahorros que pueden significar en términos de tiempo y costo. Otro aspecto importante es que prácticas de este tipo pueden ser aplicadas en todos los ámbitos, no solo en Geología y Geotecnia.

De esta forma, puede haber participación también de los grupos Constructivo y Administrativo. No es difícil de imaginar entonces lo que este tipo de manejo de la información pueda significar para futuros proyectos. El ICE en particular invierte mucho en proyectos de este tipo, así que el contar con bases de datos que tengan información técnica y administrativa agilizaría procesos de planeamiento y diseño de proyectos, beneficiando a la institución y al país en general.

¿Es factible que esta información pueda servir para futuras obras de infraestructura subterráneas en el país? ¿carreteras, puentes por ejemplo?

Claro que sí. Por poner un ejemplo, digamos que se está planeando la construcción de un túnel para un metro en San José. Para esta obra evidentemente se realizará un proceso de investigación, pero si se cuenta con una base de datos con información geológica y geotécnica de otros proyectos situados geográficamente cerca a la zona de influencia del nuevo túnel, podría irse utilizando esa información para definir un modelo mucho más completo que permita definir cual sería el mejor trazado de ese túnel, las metodologías de excavación que podrían utilizarse, establecer un presupuesto y una programación mucho más exacta, entre otros. Igualmente, en el proceso de diseño, es posible complementar los procesos de investigación propios del puente con la información que ya se tenga, definiendo de manera más exacta las propiedades de los materiales y contribuyendo a un diseño más preciso. En fin, en tanto se tengan más proyectos alimentando esas bases de datos, mayor información se tendrá para ser utilizada de la manera que mejor se pueda en nuevos proyectos.

Esta metodología se ha utilizado en la ampliación de la Planta Hidroeléctrica Cachí. ¿Cuáles han sido los resultados?

Los resultados han sido muy buenos, y bastante promisorios. Hasta el momento llevamos un control bastante completo de los materiales que se han ido excavando en túnel y pozos del proyecto, incluyendo una caracterización cualitativa y cuantitativa de sus propiedades geológicas y geotécnicas, control de deformaciones, presencia de condiciones irregulares en la excavación (sobre excavaciones, infiltraciones de agua, entre otras).

La idea es continuar con esta labor en todos los frentes del túnel, utilizando incluso tecnología de captura de datos en el sitio mismo de la obra, y de ser posible una actualización inmediata de los datos conforme se levantan en campo, agilizando el trabajo de oficina que procede al de campo.

¿Cómo fue el proceso de recopilación de datos? ¿Qué método utilizaron? ¿Qué proyectos sirvieron como base para realizar la investigación?

El proceso de toma de datos está compuesto por una serie de etapas. Lo primero es que el profesional defina los límites de lo que desea realizar. Se debe tener claro qué información se desea levantar, cómo se va a recopilar, y para qué se va a utilizar. Una vez que se conocen esos tres aspectos se trabaja en la elaboración de formularios de toma de datos, que en cierta forma sean compatibles con el formato mediante el cual se procesará la información posteriormente. La idea de estos formularios es que agilicen y estandaricen el proceso de recopilación de los datos. En cuanto a qué proyectos sirvieron como base, en el proyecto Pirrís, iniciamos procesos bastante básicos de almacenamiento y procesamiento de información ingenieril empleando herramientas de ArcGis, aunque no logramos desarrollar bases de datos alfanuméricas que se conectaran con bases gráficas, hoy en día si lo estamos realizando.

El premio Bayardo Selva es un reconocimiento a su trabajo. ¿Cómo tomaron este premio?

Es un gran honor y un gran compromiso también. Durante el Congreso hubo trabajos de muy alto nivel técnico, de manera que nos sentimos muy honrados en que se haya seleccionado el nuestro como el mejor de todos. A su vez, nos deja un compromiso con la ingeniería costarricense: a seguir siendo originales e innovadores en nuestras labores, y seguir buscando que metodologías de trabajo similares a esta se extiendan y generen frutos en otros proyectos, siempre para el bien del desarrollo de nuestro país.

Integración de los *Comités Técnicos 2012*

La Asociación Costarricense de Geotecnia informa a todos sus miembros la conformación de los Comités Técnicos en el 2012, de acuerdo con una actualización que se realizó en el mes de octubre.

Comité Técnico	Presidente	Secretario
Código de Cimentaciones	Ing. Marcia Cordero Sandí mcordero@insuma.co.cr	Ing. José Pablo Rodríguez Calderón jprod@insuma.co.cr
Deslizamientos y Estabilidad de taludes	Ing. Sergio Sáenz Aguilar ingsaenz@ingetec-cr.com	Ing. Juan Antonio Picado Salvatierra jpicados@civiles.org
Enseñanza y Aprendizaje de la Geotecnia	Ing. José A. Rodríguez Barquero jrodriguez@insuma.co.cr	Ing. Ana Lorena Monge Sandí ana.mongesandi@ucr.ac.cr
Geotecnia Ambiental	Ing. Leonel Rojas Castro lrojas@getec.cr	Por definir
Geotecnia Sísmica	Ing. Diego Cordero Carballo diego_cordero@yahoo.com	Ing. Adrián Fernández Castro afernandez@stcgrupo.com
Geotecnia Vial	Ing. Gastón Laporte Molina glaporte@insuma.co.cr	Ing. Johnny López García jlopez@insuma.co.cr
Mecánica de Rocas	Ing. Marlon Jiménez Jiménez mjimenez@geomekca.com	Ing. Danilo Jiménez Ugalde djimenezu@ice.go.cr
Obras Subterráneas	Ing. Marco Tapia Balladares mtapia@geomekca.com	Ing. Marlon Jiménez Jiménez mjimenez@geomekca.com



ACG
ASOCIACIÓN COSTARRICENSE DE
GEOTECNIA

COMITÉS TÉCNICOS



CTOS
COMITÉ TÉCNICO
OBRAS
SUBTERRÁNEAS



CTMER
COMITÉ TÉCNICO
MECÁNICA DE ROCAS



CTCCCR
COMITÉ TÉCNICO
CÓDIGO DE
CIMENTACIONES



CTGES
COMITÉ TÉCNICO
GEOTECNIA SISMICA



CTDET
COMITÉ TÉCNICO
DESLIZAMIENTOS Y
ESTABILIDAD DE TALUDES



CTEAG
COMITÉ TÉCNICO
ENSEÑANZA - APRENDIZAJE
DE LA GEOTECNIA



CTGVIAL
COMITÉ TÉCNICO
GEOTECNIA VIAL



CTGAMB
COMITÉ TÉCNICO
GEOTECNIA
AMBIENTAL



Si estás interesado(a) en
participar más activamente,
toma contacto con el
Secretario o Presidente del
Comité de tu interés...

Próximos eventos

La Junta Directiva de la **Asociación Costarricense de Geotecnia (ACG)** convoca a sus Asociados a la

ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA 2012

Fecha: **Jueves 22 de noviembre, 2012.**

Hora: **5:30 p.m. primera convocatoria y 6:00 p.m. segunda convocatoria.**

Lugar: **Aula No. 2, Casa Anexa 1 del CFIA** (detrás de edificio principal al CFIA).

Orden del día:

1. Comprobación del quórum.
2. Lectura y aprobación del Acta AGO-I-2011.
3. Lectura y aprobación de los informes de: Presidente, Tesorero y Fiscal.
4. Plan de trabajo y aprobación del Anteproyecto de Presupuesto 2013.
5. Elección de los puestos de Junta Directiva: Vicepresidente, Tesorero, Vocal 2 y Fiscal.
6. Revisión de propuesta de incremento de membresía de la ACG.
7. Iniciativas de los Asociados.

Atentamente,

Ing. Marco Tapia Balladares, Presidente

Acompáñenos también en el:

COLOQUIO GEOTÉCNICO I-2012

“Evaluación y manejo del riesgo geotécnico en la carretera San José – Caldera”

Presentado por el Ing. David Barrantes A.

Antes de la Asamblea General Ordinaria:

Jueves 22 Nov 2012,
5 p.m.

Conferencia internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica

La Asociación Costarricense de Geotecnia le invita a la presentación de artículos para la décima octava Conferencia Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, que se realizará en París, Francia del 2 al 6 de setiembre. Más información en la página <http://www.issmge2013.org/>



Otros eventos

<http://www.svdg.org.ve/detalle.asp?ID=49>

XX Seminario Venezolano de Geotecnia, del 8 al 10 de Noviembre del 2012

<http://www.26rnmsg.org.mx/>

XXVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, del 14 al 16 de Noviembre del 2012.

<http://www.casehistories.geoengineer.org/submission.html>

Fourth International Seminar Geotechnical Engineering, 10 al 12 de Junio del 2013