



ASOCIACION COSTARRICENSE DE  
**GEOTECNIA**

# Boletín **GEOTÉCNICO**

Boletín Informativo de la Asociación Costarricense de Geotecnia

**No. 12**  
Enero-Junio 2010

## en este número

### Editorial

La Geotecnia es fundamental en la construcción de carreteras 2

### A Fondo

Criterios de diseño frente a riesgos geológicos 3  
I Coloquio Geotécnico 2010 5  
Estado de los taludes en la carretera San José-Caldera 8  
100 años del terremoto de Cartago 11

### Noti Suelo

ACG realizó su Asamblea General 13  
La ACG en el CAT de Geotecnia de la CNE 15  
Comités Técnicos de la ACG 16

### Actividades

Próximos eventos 17



## Consejo editorial

Ing. Marlon Jiménez  
Ing. Marco Tapia  
Ing. Ana L. Monge  
Ing. Johnny López  
Ing. Victorino Ramírez  
Ing. Adrián Fernández  
Ing. Marcia Cordero

## Periodista

Cristina Carmona

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

# Obras civiles más preparadas ante los riesgos geológicos

El pasado jueves 8 de abril la ACG invitó a los expositores españoles Luis González de Vallejo y Mercedes Ferrer para dictar dos conferencias relacionadas con el **Riesgo Geológico y su Impacto en las Obras Civiles y su Entorno**.

De izquierda a derecha aparecen en la fotografía el Prof. González de Vallejo, el Ing. Marlon Jiménez, Presidente de la Asociación Costarricense de Geotecnia y la Dr. Ferrer.

Al finalizar la conferencia, se les entregó un reconocimiento por su exposición.



## La Geotecnia es fundamental en la construcción de carreteras

Para que el país sea competitivo y se inserte en la economía global, con un buen desarrollo de la economía interna y con apoyo a las empresas de bienes y servicios -existentes y emergentes-, es necesario garantizar que la infraestructura vial opere adecuadamente. Esto implica atender los aspectos relacionados con la estabilidad de taludes desde un punto de vista diferente al tradicional.

A lo largo de la historia de nuestro país, se avanzó en la apertura de caminos de forma poco planificada, pero logrando crear una red vial extensa, basada en el diseño geométrico y el trazado topográfico, pero que a veces no considera la influencia de la geología a lo largo de la obra lineal ni el aporte de la geotecnia para la solución de los problemas de estabilidad.

El enfoque tradicional, dominado por las decisiones políticas antes que por las técnicas, ha impuesto en muchas ocasiones condiciones adversas, por la no consideración de aspectos geotécnicos: vías con taludes cuyas pendientes a veces no son soportadas por el terreno y que, en el mejor de los casos, con el tiempo alcanzan un grado de estabilidad regular. Pero los aspectos negativos de esas decisiones son innegables: la pérdida de tiempo y de dinero, la necesidad de grandes inversiones en mantenimiento y reparaciones, el consumo creciente de combustibles, el daño al ambiente, la inseguridad de los usuarios de las vías y la mala imagen del país.

A pesar de lo anterior, se debe indicar que con el tiempo se ha venido reconociendo poco a poco la importancia de los estudios geotécnicos, pero siempre con la mentalidad de que las soluciones de estabilización son muy caras. Esta forma de pensar se basa en un criterio de economía mal entendida, porque el valor futuro de las obras de estabilización que no se realizan oportunamente, tienen por lo general un valor muy inferior al que se debe pagar a futuro. Tenemos varios ejemplos, como el caso de la Interamericana Sur (ruta 2), la Braulio Carrillo (ruta 32) o el de la recientemente inaugurada vía a Caldera (ruta 27).

Para que el país avance, es necesario asegurarse que rutas nacionales clave actualmente en operación y otras que se desarrollen a futuro, como la tan esperada carretera a San Carlos, tengan un nivel alto de seguridad en materia de estabilidad de taludes. Esto implica sobreponer las decisiones técnicas sobre las políticas y entender que tanto las rutas que se desarrollen por concesión, como las administradas por el Estado, son esenciales para el desarrollo del país y que en ambas el aporte de la geotecnia en su diseño y construcción es fundamental.

Nuestro compromiso como profesionales de la Geotecnia ante la sociedad es vital y se debe enfatizar ante las autoridades pertinentes sobre la importancia de considerar los aspectos geotécnicos en el diseño y construcción de nuestra infraestructura.



## Criterios de diseño frente a riesgos geológicos

El pasado jueves 8 de abril la ACG invitó a los expositores españoles Luis González de Vallejo y Mercedes Ferrer para dictar dos conferencias relacionadas con el Riesgo Geológico y su impacto en las obras civiles y su entorno.

La actividad se realizó en el auditorio del LanammeUCR de la Universidad de Costa Rica, y contó con la participación aproximada de 70 personas.

El Profesor Luis González de Vallejo, de la Universidad Complutense de Madrid, expuso sobre los fallos geológicos en obras de ingeniería civil, que tienen tanto implicaciones sociales, económicas y ambientales. “El fallo es un hecho absolutamente predecible. Existe ciencia y tecnología para descubrirlo”. Mencionó que los especialistas, ingenieros civiles y geólogos, tienen objetivos comunes en el desarrollo de obras que aseguren la calidad de vida del usuario y la implementación de buenas prácticas en la construcción sostenible.

Los fenómenos naturales se pueden controlar dependiendo de su naturaleza, origen, escala, severidad e intensidad. Para esto es importante que los especialistas estudien la vulnerabilidad de elementos que puedan poner en riesgo la vida de los usuarios.



En cuanto a gestión de riesgo, este especialista afirmó que es importante analizar el costo beneficio de la obra, contar con medidas de prevención, mitigación y control, mapas de riesgos, inventario de riesgos, análisis de impacto socioeconómico, y un plan para enfrentar una emergencia.

“Una estructura, excavación o cimentación tiene una seguridad suficiente cuando sus estados límites son relativamente bajos”, explicó González de Vallejo.

Por ejemplo mencionó obras con una estabilidad total en su cimentación o si puede presentar fallas estructurales, o simplemente talud con problemas de deslizamientos o erosión interna.

Los fallos geológicos y geotécnicos se ven influenciados por la prensa, tal es el caso con la Carretera San José-Caldera. González de Vallejo dijo que la prevención es fundamental en este sentido, ya que pueden evitar costos sociales, económicos y ambientales que afecten la reputación de los profesionales a cargo.

### Casos específicos

El Profesor González de Vallejo presentó tres casos prácticos con fallas geológicas y geotécnicas en España.

Uno de ellos fue el embalse y la presa Itoiz en Navarra. El Colegio de Geólogos de este país realizó un estudio para estudiar la sismicidad en el embalse y las condiciones de estabilidad de la ladera izquierda de la presa.

La presa, de una altura de 122 metros y una capacidad de 410 hm<sup>3</sup>, tenía como objetivo abastecer de agua a esta población. “Una vez terminada la presa, se vinieron todos los problemas. El pueblo reaccionó y quería que la presa se vaciara”, comentó este profesor.

“Había falta de seguridad geológica, eran bastante probables los deslizamientos. Por lo tanto, se conformaron dos comités paralelos de profesionales”, agregó.

Lo primero que se analizó era si la sismicidad era producida o no por el embalse. Se hicieron estudios de sismicidad para conocer si los sismos eran inducidos por el embalse o existía sismicidad natural. “Una cosa es que la presa genere terremotos donde no los hay, y por lo tanto sea la responsable de la sismicidad, y otra es que la sismicidad natural que existe sea anticipada por la presa”, explicó González de Vallejo. Se llegó a concluir que la presa no producía mayores terremotos que los naturales, y lo único es que se habían anticipado por el llenado del embalse. Por lo tanto, se limitó la velocidad del llenado para disminuir el potencial de los temblores.

En cuanto a las condiciones de estabilidad de la ladera izquierda, se concluyó que no había evidencias de movimientos recientes en la ladera, y la superficie de contacto con el sustrato es una brecha rocosa, es decir un material de elevada resistencia al corte. También la instrumentación demostró que no habían evidencias de procesos de inestabilidad.



### Deslizamientos en Canarias

La Dr. Mercedes Ferrer, del Instituto Geológico y Minero de España, dio la conferencia “Los grandes deslizamientos volcánicos de Canarias”, con el objetivo de explicar los grandes deslizamientos en flancos de islas volcánicas.

Ferrer explicó que estos procesos pueden tener implicaciones a nivel cotidiano en la escala geotécnica, ya que influyen en el diseño y construcción de obras civiles.

“También pueden tener implicaciones a escala global. Hace unos años se comentó la posibilidad de que algún gran deslizamiento provocado en las islas canarias pudieran generar algún tsunami gigantesco que pueda afectar con olas de hasta 30 metros en todo el Caribe”, agregó.

En edificios volcánicos, se alcanzan pendientes y alturas elevadas, presentan crecimiento muy rápido, ya que los volcanes son los elementos geológicos de mayor tasa de crecimiento.

También las propiedades de estos materiales son variables e inciden en un comportamiento volcánico característico.

“Sobre estos materiales, actúan una serie de procesos de alteración propios del medio volcánico, como hidrotermalismo, y además encontramos ante el estudio de estos materiales la activación de una serie de procesos dinámicos propios como son erupciones volcánicas”, explicó Ferrer. Estos aspectos son la clave en el comportamiento y propiedades de los materiales volcánicos.

Las laderas al formarse de manera rápida, producen la deposición de materiales sobre éstas y tiende a formarse en condiciones cercanas al equilibrio. La actuación de otros procesos sobre estas laderas en condiciones cercanas al equilibrio, va a ser que se puedan dar con cierta facilidad fenómenos de inestabilidad. La actuación de procesos internos o externos desde precipitaciones o actuaciones antrópicas, terremotos o procesos volcánicos pueden causar desequilibrio.

Estos procesos de inestabilidad de edificios volcánicos se empezaron a estudiar recientemente en el Monte Santa Elena en los Estados Unidos. La erupción y posterior deslizamiento de una parte del flanco del volcán generó que empezaran a desarrollarse los estudios de deslizamientos en edificios volcánicos. Hasta entonces no se había prestado importancia a estos fenómenos.

Aquí se dieron los deslizamientos más grandes del planeta. Si llegara a ser de las magnitudes de los que se dan en las islas volcánicas, este deslizamiento sería catalogado como el mayor ocurrido en época histórica. Los deslizamientos en islas volcánicas son los mayores que han tenido lugar en este planeta.

También en zonas continentales se presentan estos tipos de inestabilidades, pero en menor escala, porque los edificios volcánicos de mayor escala son los edificios insulares y las islas volcánicas.

La Dr. Ferrer explicó que “una de las conclusiones es que los mega deslizamientos en islas volcánicas, son procesos naturales que han ocurrido a lo largo de la formación de los diferentes edificios volcánicos del planeta.

Estos procesos son muy importantes en el transcurso de la formación de islas volcánicas y que explican fases de su evolución geológica y geomorfológica”.

En Canarias, han tenido lugar diez de estos grandes deslizamientos en el último millón de años, principalmente afectando la isla de Tenerife.

Los estudios geológicos se basaron en localizar en la isla aquellas zonas donde aparecían los materiales que se habían deslizado, para poder caracterizarlos y estudiarlos.

caracterizarlos tomando muestras y efectuando ensayos. Se desarrollaron análisis de estabilidad muy simples para entender cómo podría comportarse el flanco del volcán. Se trabajó con diferentes alturas de edificios volcánicos y ángulos.

Algunas de las conclusiones de los estudios fueron:

-Los flancos resultan estables para el modelo de edificio.

-Las rupturas son submarinas.

-Para poder inestabilizar parte del edificio volcánico se requieren aceleraciones del pico de 0.24 g. Una aceleración que en los estudios sísmicos del archipiélago canario no se obtiene en ningún caso.

-Los materiales son de baja resistencia. El resultado fue que según esas bajas propiedades, se producían inestabilidades al edificio con formas que reproducían lo que se había observado en la realidad.

-Existió la hipótesis de rupturas sucesivas o únicas.

-La causa principal de la baja resistencia de los materiales submarinos podrían ser la acción de terremotos.

## I Coloquio Geotécnico 2010

La Asociación Costarricense de Geotecnia realizó el I Coloquio Geotécnico de este año el pasado 29 de junio en el auditorio del LANAMME en la Universidad de Costa Rica, con la exposición de los Ingenieros Jonathan Cortés y Mauricio Nuñez, quienes presentaron sus proyectos finales para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción y Licenciatura en Ingeniería Civil respectivamente.

El Ing. Jonathan Cortés, del Instituto Tecnológico de Costa Rica y de la carrera de Ingeniería en Construcción, presentó el proyecto "Comparación entre coeficiente de balasto obtenido en campo con el determinado en laboratorio para suelos cohesivos". "En el análisis estructural de cimentaciones es posible evaluar la interacción entre el suelo y el cimiento, con el uso de un parámetro denominado coeficiente de balasto o módulo de reacción del suelo, el cual, es una relación entre la carga aplicada al suelo y la deformación asociada a esta carga", indicó el Ing. Cortés.

Para determinar este coeficiente se realiza el ensayo de placa de carga, que consiste en la aplicación de cargas sobre el terreno mediante una placa de acero, que genera deformaciones producto de estas cargas.

El problema en determinar el coeficiente de balasto de esta manera está, en que el ensayo suele ser complicado de realizar, sin contar que además puede ser riesgoso, provocando que en realidad, para estimar el coeficiente que un determinado suelo presenta, se utilicen métodos empíricos o que diversos autores presentan en múltiples tratados de geotecnia, los cuales, no contemplan características de cada suelo en particular como son, el grado de compactación o el contenido de humedad, que se ha demostrado, son de importancia en la evaluación del coeficiente de balasto.

Lo anterior, provoca que exista la posibilidad de caer en sobreestimaciones de la capacidad de reacción del suelo, causando que las estructuras diseñadas puedan resultar inseguras.

Lo anterior es la razón de que en el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), específicamente el Área de Ingeniería Geotécnica, se viera la necesidad de este proyecto, con el fin de evaluar la posibilidad de determinar el coeficiente de balasto de un suelo, partiendo del resultado obtenido de algún ensayo de laboratorio.



Para realizar esta investigación fue utilizado el material de dos Sitios distintos, el primero ubicado en Higuito de Desamparados, lugar donde será instalada una torre de telefonía celular GSM. Mientras que el Segundo Sitio se ubicó en el puesto 07 del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón, que será utilizado como una fuente de material fino (arcillas y limos), para la construcción de la presa que será instalada en el lugar.

La investigación se realizó ejecutando ensayos de carga en los dos sitios ya mencionados, de donde se determinó el coeficiente de balasto que los materiales de ambos lugares presentaban. Luego de realizados los ensayos en el campo, se extrajo material para llevar a cabo los ensayos en el laboratorio, que servirían para hacer la comparación entre el coeficiente de balasto de campo y los comportamientos observado en el laboratorio. Además, se extrajeron muestras inalteradas en el campo con el fin de conocer la densidad y la humedad naturales que estos materiales presentaron. El primero ensayo realizado en el laboratorio consistió en un ensayo de carga vertical, en el cual se modelaron las condiciones de cada sitio. De este ensayo se buscó determinar un coeficiente de balasto, que fuese relacionable con el que se encontró en campo.

En cuanto a los ensayos adicionales, realizados para determinar el coeficiente de balasto de forma indirecta; en ambos sitios se intento correlacionar el dato obtenido con el ensayo de carga, con métodos teóricos propuestos que parten de ensayos como: el CBR, compresión confinada y el módulo de deformación del terreno.

Los resultados obtenidos de estos métodos, mostraron para el sitio de Higuito de Desamparados que, las relaciones propuestas en la teoría tanto con el CBR como con la resistencia a la compresión confinada, no mostraron resultados que se ajusten a lo que la teoría propone.

En cuanto al sitio de Puesto 07, el resultado para estas dos maneras de estimar el valor del coeficiente de balasto, tampoco arrojó resultados que se ajusten a la teoría, por lo cual se recomienda continuar esta investigación y de esta forma, establecer una correlación que pueda utilizarse para determinar el coeficiente de balasto.

Como conclusiones se determinó que existe una relación entre la forma de determinar el coeficiente de balasto en forma indirecta, por lo cual es preciso continuar con la investigación de estas relaciones.



### Suelos derivados de ceniza volcánica de Costa Rica

El Ing. Mauricio Núñez, de la Universidad de Costa Rica, expuso el proyecto “Efecto del contenido de humedad inicial sobre los límites de consistencia de suelos derivados de ceniza volcánica de Costa Rica”, donde se estudiaron suelos tipo andosol de cinco lugares diferentes, procedentes de la Gran Área Metropolitana se analizaron cambios en los límites de consistencia y otras propiedades físicas, con las variaciones en el contenido de humedad inicial al realizar las pruebas de laboratorio.

Además, se investigó la variación en propiedades físicas, con resultados obtenidos a partir de muestras secas y con humedad natural, las variaciones se atribuyen a los suelos derivados de cenizas volcánicas y la presencia de minerales amorfos como la alófana y halloysita, los cuales influyen en el comportamiento de este tipo de materiales. Se implementó el uso de un aparato alterno para la obtención de límites de consistencia con normativa británica BS-1377, donde se realizó además el análisis y comparación de los resultados obtenidos por el método clásico con cuchara de Casagrande basado en la normativa ASTM D4318.

La principal ventaja del nuevo método es la sencillez para realizar la prueba por parte de técnicos de laboratorio o estudiantes con poca experiencia, además el carácter estático de la prueba elimina errores humanos en la aplicación de la prueba.

Se aplicó la metodología japonesa para cuantificar el contenido de materia orgánica y de alófana por medio de análisis químicos. Las pruebas consistieron en eliminar la materia orgánica con peróxido de hidrógeno, la alófana con disolución con HCL 8M y NaOH 0,5 M y en ambas pruebas se determina el contenido de materia orgánica y alófana por diferencia de peso.

Se demostró de manera experimental la presencia de estos minerales en los suelos de la GAM y se cuantifica su contenido, donde se obtienen resultados que vinculan de manera directa el contenido de estos minerales con sus propiedades físicas y mecánicas.

El Ing. Nuñez, recomendó metodologías de sub clasificación para este tipo de materiales y poder determinar el comportamiento del suelo y su mejor utilización en el diseño geotécnico.

### Minerales arcillosos

#### *Caolinita*

Mineral cristalino con estructura 1:1, producida por uniones moleculares de octaedros (alumina) y tetraedros (silica), compuestos básicos presentes en las rocas.

La atracción entre las capas de láminas es muy fuerte e impide la entrada de otro tipo de iones.

#### *Halloysita*

Mineral semicristalino común en suelos volcánicos (andosoles, según terminología agronómica)

Similar a la caolinita, con la diferencia que en el proceso de formación, se produce una hidratación entre láminas que provoca pliegues en forma de pequeños cilindros o esferas.

#### *Alófana*

Uno de los principales constituyentes de los suelos derivados de ceniza volcánica. Es un mineral arcilloso con estructura amorfa o poco cristalina.

Las partículas poseen moléculas de agua unidas a su estructura mineral, que son evaporadas de manera irreversible por el secado.

# Estado de los taludes en la carretera San José-Caldera

## Recomendaciones del informe

-Realizar una revisión y evaluación geotécnica detallada de los sitios de riesgo, sean asociados a inestabilidad local o bien a estabilidad global, que tenga como resultado los diseños detallados de las soluciones geotécnicas correctivas.

-Instalar un sistema automatizado de monitoreo de las condiciones meteorológicas, principalmente las precipitaciones.

-Instalar y mantener un sistema de monitoreo de deformaciones en las zonas problemáticas.

-Mejorar la señalización, iluminación y comunicación hacia los usuarios.

-Ligar el sistema de monitoreo a un sistema de alarma temprana que permita advertir de los riesgos a los usuarios.

La Asociación Costarricense de Geotecnia (ACG) realizó un informe sobre el estado de los taludes de la carretera San José-Caldera, que fue entregado al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos.

La principal conclusión que se desprende del informe es que *“los problemas de estabilidad observados a lo largo de la ruta son en alto porcentaje de índole superficial, y que hay zonas que a mediano y largo plazo pueden tener un comportamiento inestable de mayores proporciones”*.

Los ingenieros Marlon Jiménez y Marco Tapia, miembros de la Junta Directiva de la ACG, realizaron una visita de reconocimiento geotécnico que consistió en la observación de varios sitios que se consideraron como críticos, de acuerdo con aspectos geométricos tales como la pendiente y altura de los taludes.

También se analizaron las características del terreno, entre ellas el grado de alteración y erosión del suelo y las rocas, así como las obras de mitigación y control de estabilidad y manejo de aguas realizados por el concesionario.



*Grandes bloques de roca con condiciones precarias de estabilidad en un sector de la carretera, ubicado a unos trescientos de metros después de la zona donde se construye el viaducto para el ferrocarril. Nótese el efecto del hidrotermalismo en los taludes y bermas.*

Los factores que afectan a los taludes son las altas pendientes y la altura, la calidad de los materiales y su susceptibilidad a la erosión, el efecto de pérdida de resistencia de los terrenos con el tiempo, afectados por hidrotermalismo, y la mezcla de los materiales presentes a lo largo de la ruta.

El informe señala que a la fecha se han realizado obras de carácter pasivo para prevenir y controlar problemas como la caída de rocas, pero hay sectores que no cuentan con este tipo de obras y con el transcurso del tiempo presentarán problemas. En otros tramos de la carretera, se han realizado obras activas para resolver el problema de la inestabilidad tales como barreras y suelos cocidos, así como el manejo de las aguas con cunetas revestidas.

### **Tramo radial Atenas-Salitral**

No obstante, en el tramo de la radial Atenas las obras de control pasivo son insuficientes para sostener el volumen de materiales que puede colapsar desde las laderas. “Es cuestión de tiempo para que los taludes de esta radial colapsen provocando el cierre de la vía por varios días, así como la destrucción de las barreras instaladas en ese sitio”, dice el informe.



*Macizo rocoso fracturado con un juego de discontinuidades con buzamiento favorable al volcamiento conjugado con otro juego de discontinuidades sub horizontal que promueve la caída de rocas.*

En estos terrenos, que son los que predominan entre Atenas y la zona de Salitral, la lluvia producirá problemas de erosión mayores, y una alta probabilidad de que ocurran problemas de estabilidad por colapsos progresivos originados por la erosión. Adicionalmente, en ausencia de cunetas y bermas, y la saturación del terreno producirá una disminución de la resistencia en las rocas. En el tramo de corte tipo “cajón” en la radial a Atenas, se observaron problemas de estabilidad muy importantes en ambos lados de la vía. Una condición notable es que las pendientes naturales de las laderas cortadas son mucho más bajas que las de los cortes.

Los ingenieros a cargo de la inspección, explicaron que el informe se realizó a través de visitas de observación, lo cual no incluye la realización de ensayos de campo y de laboratorio para caracterizar los materiales. Tampoco incluye análisis de estabilidad de ningún tipo, o el diseño de alguna obra de estabilización. “Las limitaciones para realizar el trabajo son la falta de acceso a información técnica como estudios geológicos y geotécnicos del terreno y a los planos con el diseño de las obras”, señala el estudio. Para acceder al informe completo, puede hacerlo a través del link <http://www.cfia.or.cr/informes.htm>

# 100 años del terremoto de Cartago



El pasado 4 de mayo se llevó a cabo la conmemoración de los 100 años del terremoto de Cartago en el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, con la participación de ingenieros y de arquitectos expertos en el tema que enfatizaron la importancia de la ingeniería sismorresistente tanto en obras patrimoniales como en viviendas y edificios construidos en las últimas décadas.

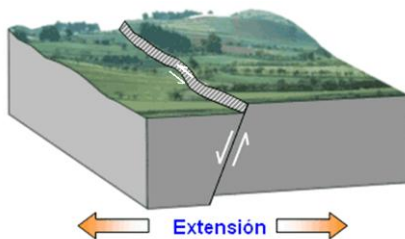
La ACG formó parte de los organizadores de la actividad, en conjunto con el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, el Colegio de Ingenieros Civiles, la Asociación Costarricense de Ingeniería Estructural y Sísmica y la Comisión Permanente del Código Sísmico.

El Geól. Guillermo Alvarado, expositor invitado por la ACG, presentó la charla Aspectos sismológicos del evento de 1910, para recordar los hechos que marcaron este sismo.

La actividad sísmica de 1910 inició el 13 de abril con daños considerables, y posteriormente el 4 de mayo ocurrió el sismo de magnitud 6,4 que devastó la ciudad de Cartago.

El Geól. Alvarado comentó que este sismo fue detectado por los sismógrafos en Tacubaya en México, Holanda y en Göttingen en Alemania, su intensidad fue de grado VIII y se sintió en casi todo el territorio nacional.

La falla Aguacaliente es la responsable del terremoto del 4 de mayo de 1910, mientras que el terremoto de Tres Ríos, ocurrido el 21 de febrero de 1912 posee varias fallas como candidatas, entre ellas Aguacaliente, Río Azul o la falla Cipreses.



“El terremoto de Piedras Negras de 1990 puede estar relacionado con el sistema de fallamiento Aguacaliente-Río Azul, y si esto es así, a criterio de Alvarado quedarían varios segmentos sin romper, entre ellos el de Santa Ana”.

Un evento futuro podría tener una magnitud  $M_s$  entre 5,0 y 6,5. Terremotos como el de Piedras Negras ( $M_s$  5,7) y el de Cartago ( $M_s$  6,1) ocurrirían aproximadamente cada 150 y 340 años, respectivamente.

Estamos en un país geológica y hidro-meteorológicamente muy activo, debido a ello, tenemos la variedad y las bellezas de nuestros paisajes, señaló en su presentación este expositor.

Como conclusión se señaló que la vulnerabilidad se puede reducir con mejores construcciones y lugares apropiados. Los terremotos en Costa Rica han cobrado alrededor de 1100 víctimas en 500 años, y con pérdidas económicas cuantiosas.

El crecimiento urbano y turístico desordenado y sin control, ha incrementado la vulnerabilidad en todo el país. Los expertos coincidieron en que es necesario construir adecuadamente las edificaciones, bajo la supervisión de un miembro del CFIA, siguiendo la normativa del Código Sísmico y del Código de Cimentaciones.

También es importante utilizar materiales que cumplan con las especificaciones de diseño. “En lo posible evitar edificar en un terreno susceptible a asentamientos, deslizamiento, licuefacción, crecidas o tsunamis, o consultar a un geólogo o ingeniero geotecnista”, concluyó el Geól. Alvarado.

### Soluciones a corto plazo

En el panel: **¿Estamos preparados para un nuevo terremoto en Cartago?: Retos y tareas en mitigación de desastres para los próximos 25 años**, los expertos establecieron una serie de recomendaciones necesarias para mitigar los problemas de infraestructura ante un terremoto.

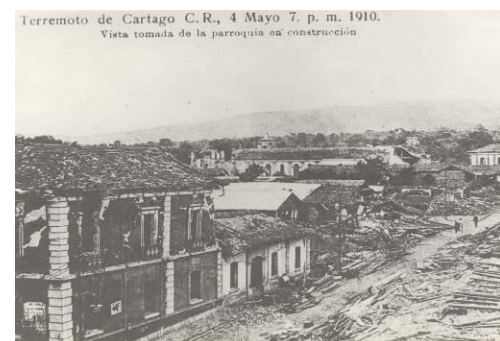
En cuanto al problema que existe con la construcción de viviendas y edificios en zonas de alto riesgo en el país, y que influye en la vulnerabilidad de las obras, el Ing. Guillermo Santana advirtió que “la ingeniería debe garantizar que las poblaciones se construyan en lugares adecuados”.

El Arq. Oscar López, de la Municipalidad de Cartago, enfatizó la necesidad de establecer planes reguladores en cada cantón del país, para disminuir los riesgos ante una emergencia, especialmente ante sismos fuertes.

Según la Ing. Éricka Zamora, de la Comisión Nacional de Emergencias, una de las metas a corto plazo es incorporar un sistema de gestión de riesgo en obras de infraestructura pública y privada, para atender emergencias en caso de sismo.

El Ing. Roy Acuña, explicó que uno de los problemas más acentuados es la falta de dinero por parte de familias de bajos recursos para contratar a un ingeniero o un arquitecto en la construcción de su vivienda, tal y como ocurrió en el caso de Cinchona.

Una de las propuestas es que el Estado proporcione un bono de consultoría para estas familias, que permita disminuir la gran cantidad de obras sin permiso municipal, así como capacitar tanto a los consultores, constructores y fiscalizadores para que exista una mejor aplicación del Código Sísmico. Por otro lado, el Ing. Olman Vargas, insistió en que las instituciones públicas deben mejorar la implementación de la gestión del riesgo a nivel interno, y realizar estudios a sus instalaciones para realizar los reforzamientos y reparaciones necesarias.



## **“El diseño estructural debe considerar las condiciones locales”**

*El Ing. Gastón Laporte Molina, miembro de la Asociación Costarricense de Geotecnia, expuso algunas conclusiones de su charla “Dinámica de los suelos de Cartago”, con motivo de la conmemoración de los 100 años del Terremoto de Cartago, que se llevó a cabo el 4 de mayo en el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos.*

### **¿Cuáles son las características de los suelos en Cartago?**

En la provincia de Cartago, específicamente existen diferencias marcadas en el Valle del Guarco, en la zona central y norte de Cartago, que está constituida por flujos de materiales volcánicos que se llaman Lahares que son mezclas de bloques, arcillas, y arenas cuya dirección de depositación es de norte hacia el sur.

A partir del parque de Cartago hacia el sur los suelos son más finos, constituidos por materiales como limos, arenas y la pendiente disminuye y el nivel freático está más cerca de la superficie. En la zona del hospital de Cartago, existen materiales muy arenosos y niveles freáticos muy altos, lo cual es signo de que pueda darse la licuefacción.

El hecho de que los suelos sean finos (arenas, limos y arcillas) y suaves o con poca densidad incrementa los problemas de cimentación, genera mayor amplificación de las ondas sísmicas, lo cual significa un incremento de la aceleración problema que es mayor conforme aumenta el espesor de los suelos blandos.

Por la constitución del subsuelo de Cartago, los espectros de respuesta de campo libre (Período versus aceleración) presentan dos picos con diferencia de un segundo. Lo cual significa que existen dos alturas de edificios que sería afectadas más severamente por los sismos.

### **¿Estas condiciones de suelo son típicas de esta provincia?**

Las características del subsuelo de Cartago generan una respuesta dinámica complicada de las estructuras ante sismos, por eso es importante conocer estas condiciones, ya que no es usual este tipo de comportamiento en el resto del país.

### **¿El profesional que construye una obra en Cartago debe tomar alguna precaución?**

Sí claro, porque el Código Sísmico no entra en el detalle al nivel local en esta parte de la provincia de Cartago, siendo importante que se conozcan mejor las características geotécnicas de los sitios donde se proyectan las obras. Los profesionales deben tomar las precauciones de que el diseño estructural considere las condiciones locales, especialmente los fenómenos de amplificación, sobre lo usual, por suelos suaves, forma del espectro de respuesta y licuefacción, así como, la baja capacidad de soporte, especialmente hacia la zona sur del área metropolitana, donde predominan los suelos finos y un nivel freático superficial.

Es importante que el Colegio de Ingenieros Civiles facilite la información disponible ya sea mediante tesis universitarias, congresos, talleres, exposiciones y trabajos en general que traten sobre estos casos, lo cual capacitará mejor a los profesionales involucrados en el diseño y construcción de proyectos.

## ACG realizó su Asamblea General



La Asamblea General Ordinaria de la Asociación Costarricense de Geotecnia se llevó a cabo el 26 de noviembre de 2009 en las instalaciones del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

La ACG informa sobre los principales acuerdos que se tomaron en su Asamblea General 2009

-Los comités de la ACG deben programar las actividades técnicas de la ACG. Se enviará una nota invitando a reactivar los comités a cada presidente.

-Revocar la membrecía del Ing. Luis Alonso Salas por los comentarios negativos sobre el Código de Cimentaciones de Costa Rica y el gremio de la geotecnia, que externó en una actividad universitaria. Se podrá reincorporar hasta que realice una disculpa pública y se retracte de lo dicho.

-Se acuerda que por estatuto se deben excluir a los asociados que tienen 3 o más cuentas atrasadas. Primero se enviará una carta donde se notifique que se debe realizar el pago a más tardar 15 días después o si no se cancelará su membrecía.

-Felicitación a todo el Comité Organizador del X Congeo por la organización de este evento de tan alto nivel.

La Junta Directiva para el período 2009-2010 quedó conformada de la siguiente manera:

Presidente - Ing. Marlon Jiménez Jiménez

Vicepresidente - Ing. Marco Tapia Balladares

Tesorero Ing. Victorino Ramírez Murillo

Secretario- Ing. Ana Lorena Monge Sandí

Vocal I - Ing. Johnny López García

Vocal II-Ing. Adrián Fernández Castro

Fiscal-Ing. Marcia Cordero Sandí



El Ing. Victorino Ramírez presentó el informe de tesorería a la Asamblea.

## La ACG en el CAT de Geotecnia de la CNE

Desde diciembre de 2009, la ACG tiene representación en el Comité Asesor Técnico de Geotecnia (CAT Geo), de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos Atención de Emergencias de Costa Rica (CNE). De esta forma, la ACG tendrá la posibilidad de tener presencia y opinar sobre la mejor forma de solucionar o mitigar los problemas geotécnicos producto de los embates de la naturaleza.

Los CATs son conformados por profesionales dedicados a alguna de las siguientes especialidades: geotecnia, vulcanología, sismología, e hidrología. Fueron creados en 1990, sin embargo no es sino con la nueva administración de la CNE en que se retoman, con el objetivo de asesorar a la Presidencia Ejecutiva y a los departamentos de Prevención y Mitigación y de Gestión de Desastres de la CNE, mediante las especialidades de la ingeniería civil, de la geología y la meteorología que pueden aportar conocimiento en materia de deslizamientos, terremotos, huracanes o eventos extremos que puedan generar un estado de riesgo y de emergencia que amenace a la población costarricense.

Para la conformación del CAT Geo, la CNE invitó a profesionales

que representaran a la Escuela de Ingeniería Civil - UCR, Escuela de Ingeniería en Construcción - ITCR, LanammeUCR, Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, Escuela Centroamericana de Geología - UCR, Asociación Costarricense de Geotecnia del Colegio de Ingenieros Civiles, e Instituto Costarricense de Electricidad.

En la actualidad, el CAT Geo está conformado por los profesionales Ing. Marcia Cordero por el CFIA, Ing. William Vargas por el LanammeUCR, Geól. Rolando Mora por la Escuela Centroamericana de Geología, Ing. Marlon Jiménez por la ACG, Ing. Gustavo Rojas por el ITCR y se está nombrando a un representante por parte del ICE.

El primer caso de estudio es la propuesta de reconstrucción de 10 km de la ruta 126, entre el Hotel Water Falls y el río Cariblanco. El diseño lo está realizando la empresa Cacisa, a solicitud del CONAVI, con base en estudios preliminares contratados a la empresa INSUMA S.A. Para la respectiva aprobación de la propuesta, se le ha solicitado al CONAVI que se profundice en los estudios y diseños geotécnicos, tanto para las obras principales, como para el tratamiento de los taludes. Adicionalmente, se ha recomendado que la propuesta

considere el diseño y construcción de varios puentes para evitar el uso de alcantarillas y rellenos, ya que este tipo de estructuras tiene una alta probabilidad de colapsar al fallar las alcantarillas, producto de flujos de lodos que por varios años descenderán por los cauces debido a la acumulación de escombros aguas arriba.

La reconstrucción de esta vía tiene una gran importancia para la economía de la zona, y para el transporte de bienes, servicios y el turismo, entre las comunidades aledañas a Sarapiquí y el Valle Central, razón por la cual, cualquier proyecto de reconstrucción debe ser concebido considerando las condiciones geotécnicas de los terrenos que atraviesa esa obra lineal, máxime cuando las obras se realizarán con fondos públicos.



*El CAT Geo durante la inspección de deslizamientos la ruta 126.*

## Comités Técnicos de la ACG



### Comité Mecánica de Rocas

Se enfoca en los temas de la Mecánica de Rocas, la caracterización de macizos rocosos, taludes de masas rocosas, fundaciones en roca.

Coordinador: Ing. Marco Valverde M.

*Hito importante:*

*Incorporación a la ISRM  
(Sociedad Internacional de  
Mecánica de Rocas)*



### Comité Código de Cimentaciones

Se encarga de mantener actualizado el Código de Cimentaciones de Costa Rica y promover su utilización en las obras de infraestructura del país.

Coordinador: Ing. Marcia Cordero S.

*Hito importante:*

*Publicación del Código de  
Cimentaciones de Costa Rica  
Edición 2009*



### Comité Deslizamientos y Estabilidad de Taludes

Busca promover las mejores prácticas geotécnicas para la estabilización de taludes y deslizamientos afectando obras de infraestructura.

Coordinador: Ing. Sergio Sáenz A.

*Hito importante:*

*Participación de la ACG en  
problemas de carreteras  
nacionales*



### Comité Obras Subterráneas

Su objetivo es divulgar las técnicas de diseño y construcción de obras subterráneas y promover su desarrollo en Costa Rica.

Coordinador: Ing. Marco Tapia B.

*Hito importante:*

*Visita de Nick Barton, X  
Congeo*



### Comité Enseñanza- Aprendizaje de la Geotecnia

Se propone elevar la calidad de la enseñanza de la Geotecnia en los Centros de Educación Superior de nuestro país.

Coordinador: Ing. José Rodríguez B.

*Hito importante:*

*III Congreso Panamericano  
de Enseñanza – Aprendizaje  
de la Ingeniería Geotécnica*

¿deseas integrarte en uno de los comités?...

escribenos: [acgeo@cfia.or.cr](mailto:acgeo@cfia.or.cr)



### Próximos eventos

- Reunión de Presidentes de Sociedades Suramericanas y Mesoamericanas de Geotecnia. En el marco del XV COBRAMSEG 2010. 18 de agosto de 2010.
- Congreso de Ingeniería Civil. Del 7 al 8 de Octubre, Hotel Ramada Plaza Herradura, Costa Rica. Organiza Colegio de Ingenieros Civiles de Costa Rica.
- V Congreso Iberoamericano de Control de Erosión y Sedimentos (V CICES): del 13 al 15 de octubre en el Hotel Panamá en Panamá. Organiza International Control Association, Capítulo Iberoamericano.  
[www.congresoerosionpanama.com](http://www.congresoerosionpanama.com)
- ICSE-5. 5th International Conference on Scour and Erosion. Noviembre 7-10, 2010, San Francisco, CA, USA. ASCE, Geo Institute. [www.icse-5.org](http://www.icse-5.org).
- 6ICEG - 2010. Sixth International Congress o Enviromental Geotechnics. *Environmental Geotechnics for Sustainable Development*. Noviembre 8-12, 2010, New Delhi, India. [www.6iceg.org](http://www.6iceg.org)
- GeorRisk 2011. Risk Assesstment and Management in Geoengineering. 26 al 28 de junio de 2011, Atlanta, Georgia. Organiza Geo Institute, ASCE. <http://content.asce.org/conferences/GeoRisk2011/index.html>

#### XV Congreso Brasileño de Geotecnia, COBRAMSEG 2010.

Ingeniería Geotécnica para el Desarrollo: Innovación y Sustentabilidad. Del 17 al 22 de agosto de 2010. Hotel Serrano – Gramado, Río Grande do Sul. Organiza ABMS.

[www.cobramseg2010.com.br](http://www.cobramseg2010.com.br)





Paute en el Boletín Geotécnico y haga  
conocer su empresa.

*Este espacio está disponible para incluir su publicidad.*

Contáctenos: [acgeo@cfia.or.cr](mailto:acgeo@cfia.or.cr)