

RESÚMENES DE TESIS

**MICROZONIFICACION SISMICA
DE SAN RAMON, ALAJUELA, COSTA RICA**

Roberto Ramírez Chavarría

Tesis de Licenciatura, 1995; 164 págs + apéndices, 11 cuadros, 97 figs., 1 mapa

La ciudad de San Ramón se caracteriza por rocas y suelos volcano-sedimentarios. Se ubica en el arco volcánico de Costa Rica, donde se originan temblores asociados a fallamiento local e interacción de placas. Históricamente, la población ha sido afectada por terremotos como el del 4 de marzo de 1924, con una intensidad de VII (escala Mercalli Modificada). Para este sismo se modeló la posible historia de aceleraciones y su respectivo espectro de respuesta.

Para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las rocas y suelos se realizaron 16 ensayos de resistividad eléctrica, 13 pruebas geotécnicas y 350 m de sísmica de refracción y se utilizó información proveniente de algunos ensayos de penetración estándar. Con las pruebas geofísicas se determinó que las lavas se encuentran aproximadamente a 170 m de profundidad, sobreyacidas por piroclastos, y presentan una resistividad eléctrica de 100 ohm.m. Con el método sísmico (refracción) se obtuvo la siguiente distribución de velocidades: la capa más superficial (limo-arcillosa) tiene una velocidad de la onda "Vp" de 0,2 a 0,3 km/s, le sigue una capa de aproximadamente 10 m de espesor, con una velocidad de la onda compresional de 0,5 a 0,8 km/s, luego se ubica una capa de lacustre de 50 m, con una velocidad "Vp" de 0,5 a 1,0 km/s, por último, piroclastos cuya velocidad sísmica "Vp" tiene valores entre 1,5 y 2,8 km/s.

De los análisis espectrales de los sismos registrados en la Estación de San Ramón se elaboraron espectros de respuesta, donde se observan períodos predominantes cercanos a 1 s. También se modeló el comportamiento del suelo usando el método de propagación de ondas cortantes en un medio continuo y unidimensional (Programa SHAKE). Se determinaron períodos fundamentales de vibración: para un sismo cercano (Terremoto de Cóbano) 0,1 y 0,3 s, y un foco lejano (Terremoto de Limón) 0,5 y 0,9 s, valores similares a los registrados. Con base en los criterios anteriores se presentan espectros suavizados para suelo firme, suelo blando y muy blando, que consideran los efectos locales del sitio.

Para elaborar el mapa de microzonificación sísmica se combinan una serie de mapas temáticas, los cuales son:

- Geología superficial
- Tipos de Suelos
- Período natural de vibración del suelo
- Pendientes
- Aceleraciones Máximas

Se definieron tres áreas de amenaza relativa: muy alta, alta y media, con los cuales deben geólogos, ingenieros y planificadores elaborar planes en el uso del terreno, planificación urbana y otras.

EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION DE LOS ACUIFEROS COSTEROS, BARRANCA Y EL ROBLE, PUNTARENAS, COSTA RICA

Sandra G. Arredondo Li

Tesis de Licenciatura, 1995; 76 págs + 13 apéndices, 21 figs. 21 tablas

Los acuíferos aluviales Barranca y El Roble se encuentran separados por un acuitardo de espesor variable y extensión limitada.

El acuífero Barranca es el más superficial y la recarga que recibe sucede por infiltración directa del agua de lluvia y por aporte lateral del río Barranca y de otras formaciones geológicas de menor importancia acuífera.

El análisis de recarga por infiltración directa de lluvia se realizó a través del cálculo de balance de humedad de suelos mensual y diario, lo que permitió determinar que el cálculo mensual subestima la recarga. La recarga lateral se analizó a través de las fórmulas de Darcy.

El total de recarga natural que recibe el acuífero Barranca calculado para 1992 es de 183,5 l/s, que equivale a 5.786.856 m³/año.

Con base en el registro de pozos del área de estudio, el caudal que se extrae es del orden de los 300 l/s, la diferencia que existe con respecto al caudal de recarga natural, indica otra fuente importante que aporta agua al sistema. Al analizar los radios de influencia de los pozos se determinó cualitativamente que una parte importante del caudal explotado es producto de inducción del río Barranca por bombeo.

El río Barranca también recarga al acuífero El Roble, sin embargo, con los datos existentes no se puede cuantificar el volumen de agua aportado.

Los análisis químicos e isotópicos utilizados como herramientas complementarias y de gran importancia en conjunto con los métodos hidrogeológicos convencionales, permitieron determinar las áreas de recarga y la dinámica de los acuíferos.

Con los análisis de calidad de aguas empleados se observa que los acuíferos no presentan contaminantes con concentraciones sobre las normas de potabilidad, no obstante, estos son de una vulnerabilidad muy alta, ya que toda la actividad antropogénica se ubica directamente sobre los mismos, además, la capa de suelo que pudiera amortiguar los impactos negativos, es en algunos sectores muy pequeña o nula, lo que aumenta la amenaza a la contaminación. Aunado a esto, es importante considerar que parte de la recarga a los dos acuíferos se da por medio del río Barranca, lo que puede permitir que cualquier contaminante que sea transportado por el río alcance en un plazo no determinado a las aguas subterráneas.

CARACTERISTICAS SISMO-DINAMICAS DEL SUELO BLANDO EN LA REGION CENTRAL DE LA CIUDAD DE CARTAGO, COSTA RICA

Waldo Taylor Castillo

Tesis de Licenciatura, 1995; V+100 págs., 31 figs.

La ciudad de Cartago, con 90.000 habitantes, está asentada en el Valle del Guarco sobre materiales volcano-sedimentarios (suelo blando) en una región sísmicamente activa. Es por ello, que resulta importante conocer las características sismo-dinámicas del suelo blando, dado que estas influyen directamente en el comportamiento de una onda sísmica generada a distancias hipocentrales moderadas (0-100 km). El objetivo en este trabajo fue el de recopilar información sobre los parámetros geotécnicos, geofísicos, hidrogeológicos y calcular las ecuaciones de atenuación de la aceleración en diferentes medios soportantes (roca, suelo firme y suelo blando).

La búsqueda y recolección de documentos y resultados de trabajos anteriores, procesamiento de datos acelerográficos analógico-digitales y la utilización de programas de cómputo, permitieron obtener la base de datos necesaria para lograr la caracterización de las propiedades sismodinámicas del suelo blando en el Valle del Guarco. La realización de los espectros de amplitudes de Fourier y de respuesta, y la determinación de las ecuaciones de atenuación (suelo firme, suelo blando y roca), utilizando los datos de aceleración poco máximas (31 registros) obtenidos en cinco estaciones acelerográficas de la Universidad de Costa Rica (UCR), representaron el mayor logro de los objetivos planteados.

Las fallas activas al sur del Valle del Guarco (Sistema de fallas de Coris), generan sismos de mediana magnitud ($5,0 < M < 6,5$) con intensidades Mercalli Modificada iguales o superiores a VII-IX. Los suelos blandos tienen una capacidad soportante entre 95 y 108 Kpa, una relación de Poisson entre 0,3 y 0,4, una resistividad eléctrica que varía entre 10 y 40 ohm-m y velocidades de la

onda primaria entre 0,2 y 2,5 km/s y de la onda secundaria entre 0,12 y 0,42 km/s. El espesor del suelo blando no es constante y oscila desde unos pocos metros a más de 100 metros. Los períodos naturales predominantes del suelo blando son 0,15 - 0,45 - 0,80 y 1,00 segundo. Para suelo firme se determinaron dos períodos, uno entre 0,9 y 1,5 segundos y otro en 0,2 segundos, mientras que para rocas se obtuvieron los períodos de máxima amplitud a los 0,30 segundos y entre 0,90 y 1,5 segundos. Las máximas velocidades de desplazamientos obtenidos fueron de 22,13 - 7,78 y 14,61 cm/s y 3,86 - 1,50 y 3,79 cm para suelo blando, suelo firme y roca, respectivamente. Las ecuaciones de atenuación calculadas (Peak Ground Acceleration, PGA), evidencian una desviación estandar promedio de 0,35. Esto indica que las ecuaciones necesitan ser mejoradas, lo cual se logrará únicamente al obtener más registros de aceleración durante los próximos años. La ecuación de atenuación para la ciudad de Cartago, modificando el método "one-step" (Dahle, 1991), sería de la siguiente forma:

$$\ln(\text{PGA}) = c_1 + c_2M + c_3\ln R + c_4R + R/90 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

en donde M es la magnitud local, R es la distancia hipocentral y c_1 , c_2 , c_3 y c_4 son las constantes calculadas para suelo blando, suelo firme y roca. Para sismos con magnitud local (M_L) mayor a 5,5 los valores de las constantes c_1 , c_2 y c_3 en roca son -7,1328, 1,4300 y -0,48208, en suelo firme son -2,6950, 0,7790 y -0,4008 y para suelo blando son -3,23423, 0,99789 y -0,5359 para suelo blando, respectivamente. El valor de la constante c_4 es de -0,00207 para todas las ecuaciones.

AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS, SECTOR CENTRAL DEL CANTON DE PURISCAL Y PROBLEMÁTICA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

Giovanni Peraldo Huertas

Tesis de Licenciatura, 1996; XII+210 págs., 44 figs., 34 cuadros, 57 fotos, 3 mapas

Las condiciones geológicas y climáticas adversas generan el deslizamiento de Santiago bajo la ciudad homónima, cabecera del cantón de Puriscal. La interacción del deslizamiento con ese núcleo urbano se traduce en una problemática social de difícil solución. La infraestructura de esta ciudad debe refaccionarse constantemente, lo que conlleva a una situación económica negativa para los vecinos y la Municipalidad.

Por lo anterior, el presente trabajo pretende interpretar geológica y geotécnicamente el deslizamiento, con base en los datos aportados por las perforaciones que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) ha efectuado en Santiago. Además, se realizó una interpretación de la documentación histórica que demuestra que las reconstrucciones han estado presentes desde los albores de la población de Santiago, pues desde fines del siglo pasado, el deslizamiento ha motivado reparaciones constantes e importantes a la infraestructura.

También se confeccionó una cartografía de las formas de remoción para el cantón de Puriscal, con énfasis en su sector central, para aplicar luego el método de determinación de la amenaza de deslizamientos de Mora y Vahrson (1991) y destacar las áreas más propensas a los deslizamientos superficiales. Se elaboraron dos mapas con este método: el primero conserva la clasificación de los parámetros determinados en

el método mencionado y el segundo mapa ajusta la clasificación de los parámetros a las condiciones del área de estudio.

Como una de las recomendaciones más importantes, se considera oportuno desestimular el crecimiento urbano de la ciudad desplazando las funciones administrativas y eclesiásticas hacia áreas más estables para proporcionar así un crecimiento urbano planificado y adaptado a las condiciones geológicas y geográficas locales. Para esto, se propone el sector de Mercedes Norte, ubicado hacia el oeste de la ciudad de Santiago centro. Se recomienda complementar este estudio por medio de una investigación geotécnica y geofísica para conocer a fondo el medio soportante de ese lugar y posteriormente proponer un plan integrado de planificación urbana que involucre el quehacer y la cultura del área. En cuanto a la recomendación para mejorar el método de Mora y Vahrson (1991) se propone agregarle dos parámetros de susceptibilidad como son el nivel freático (NF) y el espesor de suelos. En caso de no contar con datos suficientes de estos dos parámetros se propone asignar una nueva calificación basada en información histórica de deslizamientos o evidencias de campo, con el objeto de aumentar los valores puntuales de amenaza de deslizamientos (AD) y de esa manera mejorar la resolución del mapa.

ANALISIS GEOLOGICO Y GEOMORFOLOGICO APLICADO AL PLAN REGULADOR DE PARTE DEL CANTON DE GUACIMO, COSTA RICA

Luis Guillermo Salazar Mondragón

Tesis de Licenciatura, 1996; XVI + 202 págs., 35 figs., 11 mapas,
14 cuadros, 16 fotos

La región de Guácimo, en el sector Atlántico de Costa Rica, ha sido estudiada a todo nivel por un grupo multidisciplinario, con el único fin de implementar el “Plan Regulador del Cantón de Guácimo”.

El área de estudio abarca la parte superior de las cuencas comprendidas entre los ríos Jiménez al oeste y Destierro al este. Fisiográficamente está constituida por laderas del norte del Volcán Turrialba, el pie de monte volcánico y la llanura aluvial del Atlántico de Costa Rica. Geológicamente está conformada por rocas volcánicas al sur, depósitos de debris, piroclastos, abanicos aluviales y lavas en el piedemonte y sedimentos aluviales al norte. De acuerdo a los rasgos morfológicos y detalles geológicos se presume la existencia de fallas de tipo inverso al pie del Volcán ligadas a esfuerzos volcánicos y mecanismos gravitatorios. En la zona plana se presentan alineamientos de rumbo NW-SE que se ligan a la prolongación del Graben de Nicaragua o a la generación de fallas inversas de bajo ángulo.

Se propone una nueva formación denominada “Formación Dos Novillos”, está constituida por tres miembros, el Miembro Inferior conformado por coladas de lava muy erosionadas, el Miembro Medio formado por coladas de lava más recientes y el Miembro Superior formado

por coladas de lava de erupción central. Su edad se supone Pleistoceno (sin comprobar) y su espesor se estima preliminarmente en 50 m aunque podría alcanzar a cientos de metros.

Esta zona es rica en recursos minerales no metálicos (aluviones y lavas) las que pueden ser explotadas de forma racional por los pobladores de la zona, sin embargo su mayor riqueza radica en la existencia de un acuífero fisurado al SW del área. A pesar de su existencia gran parte de la población del Cantón de Guácimo consume agua de los pozos artesanales, cuya calidad no está comprobada, la mayoría de ellos se localiza a corta distancia de letrinas.

Se ha llevado una evaluación preliminar de las amenazas naturales presentándose mapas temáticos de Amenaza Volcánica (flujos de lava, caída de piroclastos, lahares y flujos de debris). Amenaza por deslizamiento y licuefacción, la gran precipitación y la topografía hacen necesario la evaluación de la Amenaza por Inundación. En cuanto a la Amenaza Sísmica ha sido elaborado un mapa de alineamientos al cual se le adjuntan los sismos registrados en la zona, la ausencia de sismicidad, escasos afloramientos, lo difícil del terreno, el desarrollo del suelo y la vegetación, no han permitido su comprobación en el campo.