Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia
www.scg.org.co

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4443 de 2006

Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 074 de 2001

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Curaduría Urbana No 5
LOCALIDAD:	1 Usaquén
BARRIO:	Santa Ana Occidental
PROYECTO:	**Edificio Avenida 9 con Calle 114**
UPZ:	16 Santa Bárbara
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Alfonso Uribe y Cía Ltda.
FECHA DE EMISION:	Agosto 16 de 2006

2. ANTECEDENTES

De acuerdo con el Decreto 074 del 30 de enero de 2001, por el cual se complementa y modifica el Código de Construcción de Bogotá, D.C., se identifican los límites de Microzonificación Sísmica de Bogotá, D.C. y se adoptan los espectros de diseño, se establece que las construcciones y edificaciones de cualquier índole que se levanten en Bogotá, D. C. o que sean ampliadas, adecuadas o modificadas en forma tal que conlleven intervención estructural, deberán diseñarse y construirse dependiendo de la zona en la cual se encuentren según la Microzonificación Sísmica, acogiendo al efecto los espectros de diseño y sus coeficientes espectrales adoptados para cada zona..

Por otra parte, el artículo 5 del Decreto antes mencionado establece que podrán utilizarse espectros sísmicos de diseño diferentes a los definidos en dicho decreto, siempre y cuando se definan unos efectos locales particulares para el lugar donde se encuentra localizada la

edificación, utilizando estudios de amplificación de las ondas sísmicas que se realicen de acuerdo con lo prescrito en los ordinales (e) a (i) de la sección A.2.9.3 del Decreto 33 de 1998, o estudios especiales referentes a efectos topográficos, cuando sea del caso. Adicionalmente, el parágrafo único del artículo 7 del Decreto 074 de 2001, establece que la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias realizará la revisión de los Estudios Particulares de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas y emitirá concepto sobre el cumplimiento de los términos de referencia establecidos para la ejecución de dichos estudios.

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, D.C. – FOPAE - y la Sociedad Colombiana de Geotecnia – SCG – han acordado la realización de una asesoría técnica por parte de la SCG al FOPAE en la Revisión de Estudios y Metodologías de Evaluación de Riesgo Sísmico y por Fenómenos de Remoción en Masa.

El presente concepto técnico corresponde a la **segunda revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones, para el edificio Avenida 9 con calle 114 de esta ciudad, que en el informe Análisis de Microzonificación local para el proyecto, se incluye la Caracterización Sísmica para efectos del Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO AVENIDA 9 CON CALLE 114

El estudio entregado a esta entidad indica que el proyecto arquitectónico contempla la construcción de un edificio de cuatro sótanos, semisótano, nivel de lobby, nivel de salones, nivel de spa para un total de veinte pisos, el cual se adelantará en el lote localizado al norte de la calle 114 y al oriente de la avenida 9, barrio Santa Ana Occidental de la localidad de Usaquén, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1).

El estudio de suelos y análisis de cimentaciones para el edificio avenida 9 con calle 114, fue realizado por la firma Alfonso Uribe y Cía. Ltda. Estudios de Suelos, y en el anexo B se presenta en el informe Análisis de Microzonificación local que incluye el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas.

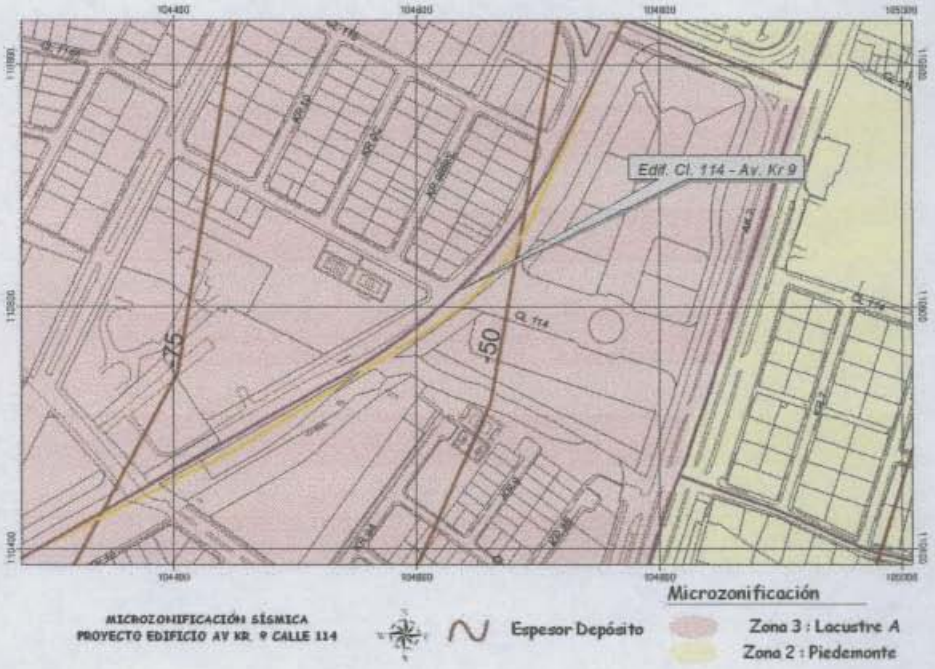


Figura 1 Ubicación General del Proyecto Edificio Avenida 9 con Calle 114

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA FEBRERO 7 DE 2006 (No. CT-4302)

La revisión del informe AUS-3674 ¨ Estudio de Suelos y análisis de cimentaciones Edificio Avenida 9 con calle 114", se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con los requerimientos del decreto, de manera que se pueda verificar de manera razonable la validez del espectro de diseño recomendado, cuando dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el decreto 074.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia
www.scg.org.co

El concepto técnico relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se transcribe, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado que se listan a continuación.

4.1 Asignación de la zona del proyecto con respecto a la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

En la sección 1.1 del informe se define la localización del proyecto de acuerdo con el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 3 Lacustre A. Esta ubicación esta de acuerdo con el Decreto 074 de 2001.

El estudio cumple con este requerimiento

4.2 Para estos estudios, todos los datos de campo deben provenir de mínimo una perforación de 50 m en suelos blandos y se debe realizar un número suficiente de ensayos para caracterizar el perfil. Para complementar la información del perfil del subsuelo, cuando la profundidad de sedimentos sea mayor a 50 m, se puede consultar: estudios geofísicos, estudios geotécnicos, ensayos de campo y laboratorio y los estudios de zonificación incluidos en el proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

El consultor realizó seis perforaciones con profundidades que fluctuaron entre 25 y 55 metros hasta llegar a la roca.

El estudio cumple con este requerimiento

4.3 Realizar ensayos de velocidad de onda de corte, Vs, por medio de métodos de campo como down hole, cross hole y otros equivalentes.

Se hizo un ensayo de Down Hole hasta una profundidad de 55 metros, realizado por la firma Ulloa –Diez, definiéndose siete estratos. El autor define un rango de velocidades máximo y mínimo, pero no aclara cual fue el criterio para definir este rango. Posteriormente para la profundidad comprendida entre 55 y 70 metros, asume que la velocidad de ondas de corte se incrementa con la profundidad. Se solicita de igual manera aclarar el criterio utilizado para esta hipótesis y finalmente cual fue la información tomada para la extrapolación (Si bien es cierto que el consultor hace referencia a una serie de estudios adelantados por el mismo, creemos que la información útil, es la

correspondiente a los estudios cercanos a zona de interés, para lo cual le solicitamos especificarlos).

Cumplimiento parcial de este requerimiento

4.4 Realizar ensayos dinámicos para determinar módulos de corte, G, y relaciones de amortiguamiento, D, sobre muestras inalteradas que cubran todo el intervalo de deformaciones (Velocidad de onda de corte en laboratorio, columna resonante, corte simple cíclico, triaxial cíclico, etc.).

El consultor realizó tres ensayos triaxiales de esfuerzo controlado a profundidades de 15 metros, 3 metros (verificar esta profundidad) y 25.5 metros. Es necesario aclarar si efectivamente la profundidad de la muestra S4-2SH2 es de 3 metros, ya que los datos de esta prueba se perderían debido a que este material será excavado.

Por otro lado, con relación a los resultados de los ensayos triaxiales la Sociedad tiene las siguientes observaciones:

- En primer lugar aclarar la manera como se está realizando la prueba. Tal como se observa en los resultados entregados por la Universidad Javeriana, da la impresión que la muestra para cada esfuerzo controlado, es sometida a varios ciclos de carga y posteriormente, se incrementa el valor del esfuerzo desviador.

- Como consecuencia de este tipo de pruebas, los resultados presentan trayectorias de esfuerzos y curvas de histéresis anómalas, difíciles de interpretar y además muy complicadas para la obtención de los parámetros dinámicos. (El hecho de aplicar una gran cantidad de ciclos para cada esfuerzo desviador es erróneo).

- En conclusión la Sociedad recomienda mejorar la realización de este tipo de pruebas. Lo anteriores resultados se manifiestan en la obtención de las curvas de degradación y amortiguamiento, en los que la dispersión de los puntos es de tal magnitud, que cualquier curva se puede pasar por esta nube de puntos.

- Lo anterior como es de suponer, tendrá grandes efectos en los resultados, ya que estos dependen en gran medida de la curva de degradación y del amortiguamiento del suelo (insumos básicos en el modelo lineal equivalente).

- Una manera de mejorar los resultados de estos ensayos multitriaxiales, es aplicando solamente un ciclo para cada esfuerzo desviador. Este tipo de prueba se está realizando actualmente con mucho éxito (INGEOMINAS, 2006) y evita la dispersión de resultados mencionada previamente.

- Se solicita al consultor, aclarar la manera como se obtiene las curvas de degradación y amortiguamiento a partir de los ensayos triaxiales. Como se comentó previamente, estos resultados de laboratorio no son claros.

Finalmente, el consultor, presenta las curvas utilizadas para los análisis unidimensionales, pero no se ve una relación entre las pruebas de laboratorio y las utilizadas en los análisis. Adicionalmente, se solicita aclarar el criterio para definir seis materiales, cuando en la descripción estratigráfica aparecen 17 capas hasta los 57 metros de profundidad. Esto es importante aclararlo ya que hay serias inconsistencias en la definición de los materiales: por un lado el perfil estratigráfico define 17 capas hasta los 57 metros de profundidad (18 si asumimos que existe un solo material entre los 57 y 75 metros), por otro lado el ensayo down-hole, muestra la presencia de siete capas hasta los 52 metros de profundidad y finalmente el autor asume seis ?.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

4.5 Utilizar todos los acelerogramas del proyecto de microzonificación sísmica de Bogotá, en la obtención del espectro de respuesta en superficie.

El estudio cumple con este requerimiento.

4.6 Realizar mínimo un análisis unidimensional (SHAKE, EERA, etc), para todas las zonas de la microzonificación, siempre y cuando la pendiente del terreno sea inferior a 10 grados.

El estudio utiliza el programa de diferencias finitas EERA. Se solicita aclarar el criterio utilizado para definir solamente seis estratos, y revisar los análisis

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

4.7 Para todas las zonas, el espectro de diseño obtenido no puede ser menor que el espectro mínimo establecido para cada zona en la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

Debido a que en el perfil estratigráfico se detectaron unos estratos de arena (entre 8.5 y 9.8 metros y entre 23 y 26 metros), en varias de las perforaciones, se hace necesario evaluar el potencial de licuación (métodos semi-empíricos o numéricos). Finalmente, la revisión del espectro de respuesta propuesto por los asesores, esta supeditada a la aclaración de las dudas planteadas en las secciones anteriores

Cumplimiento parcial de este requerimiento

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia
www.scg.org.co

5. REVISIÓN DEL ESTUDIO ACTUALIZADO DE FECHA AGOSTO DE 2006

5.1 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

El estudio cumple con este requerimiento

5.2 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

El estudio cumple con este requerimiento

5.3 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

Se recomienda al consultor que en futuras oportunidades se incluya una explicación sobre el criterio utilizado en la obtención de la variación de la velocidad de ondas de corte con la profundidad, para el caso en donde la roca se encuentre a profundidades superiores al nivel donde llega el ensayo de Down Hole. En todo caso, la responsabilidad de las propiedades dinámicas y de los resultados asumidos corresponde al consultor.

El estudio cumple con este requerimiento

5.4 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

A pesar de que se aclararon algunos puntos de las observaciones realizadas. Según los resultados reportados, se presenta una gran dispersión en las curvas de degradación del módulo y variación del amortiguamiento con la deformación de corte. Se recomienda para futuras oportunidades que en estos ensayos se aplique solamente un ciclo para cada esfuerzo desviador y así de esta forma se evite la dispersión de resultados. En todo caso, la responsabilidad de las propiedades dinámicas y de los resultados obtenidos corresponde al consultor.

El estudio cumple con este requerimiento

5.5 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.5

El estudio cumple con este requerimiento

5.6 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.6

El estudio cumple con este requerimiento

5.7 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.7

Los consultores evalúan el potencial de licuación del depósito arenoso, pero aclaran que este será removido. En la figura 2 se ilustra el espectro propuesto en el estudio el cual está acorde con la norma vigente.

El estudio cumple con este requerimiento

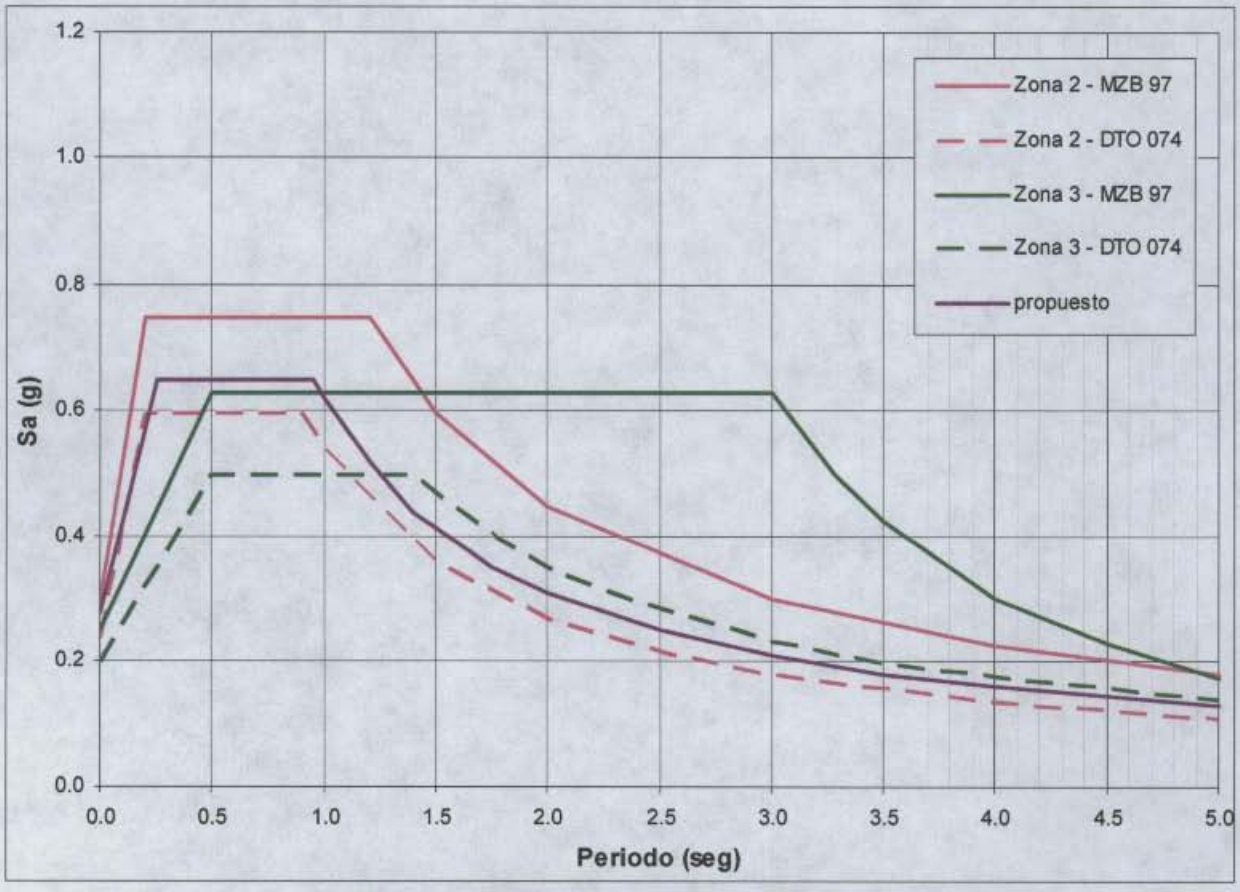


Figura 2. Espectro de respuesta propuesto

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente revisión, se concluye que el estudio de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas del proyecto en referencia está completo a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001.

Revisó y Aprobó: **JULIO ESTEBAN COLMENARES M.** Vicepresidente, Representante Legal Suplente Sociedad Colombiana de Geotecnia	
Revisó: **ING. JUAN CARLOS PADILLA R.** Grupo de Estudios Técnicos y Conceptos DPAE	VoBo: **ING. PABLO GARZON CASARES** Jefe (E) Estudios Técnicos y Conceptos Area de Investigación y Desarrollo DPAE
Aprobó: **ING. GUILLERMO AVILA ALVAREZ** Coordinador de Investigación y Desarrollo DPAE	