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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4303 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:	Espinosa y Restrepo
LOCALIDAD:	Chapinero
BARRIO:	Chico Norte
PROYECTO:	**CENTRO EMPRESARIAL Y HOTEL CARRERA 11 CON CALLE 94**
UPZ:	97 Chico Lago
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Espinosa & Restrepo
FECHA DE EMISION:	Febrero 6 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 celebrado un convenio que tiene por objeto realizar 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 **primera revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones, el cual incluye el Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, para el Centro Empresarial y Hotel localizado en la carrera 11ª con calle 94, barrio Chico Norte de esta ciudad, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO CENTRO EMPRESARIAL Y HOTEL

El estudio entregado a esta entidad indica que en el lote localizado en la carrera 11ª con calle 94, barrio Chico Norte de la localidad de Chapinero, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1), se contempla la construcción de una torre de 10 pisos y 3 sótanos. Las cargas de los edificios de apartamentos se trasladan a nivel de fundación mediante columnas separadas por luces que varían entre 7.25 y 8 metros, y cargas a nivel de cimentación, estimadas por áreas aferentes hasta de 683 toneladas para cargas puntuales.

El estudio de suelos y análisis de cimentaciones para los edificios del Proyecto Centro Empresarial y Hotel localizado en la carrera 11ª con calle 94,fue realizado por la firma Espinosa y Restrepo Ingeniería de Suelos, que incluye el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas y en el Anexo 2 los correspondientes ensayos de laboratorio, el cual fue elaborado por la misma firma.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

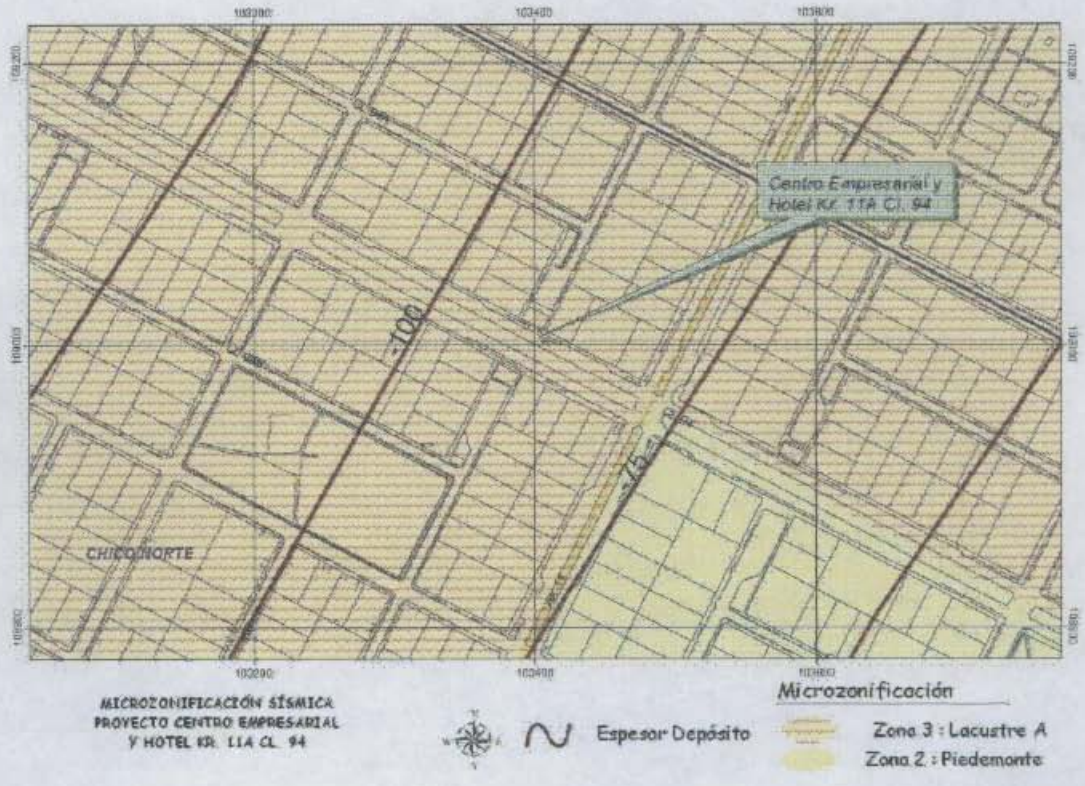


Figura 1 Ubicación del Proyecto Centro Empresarial y Hotel localizado en la carrera 11ª con calle 94

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe EYRS-6658 ¨ Análisis de Microzonificación para el centro empresarial y Hotel a construir en la carrera 11ª con calle 94 de Bogotá D.C.", se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

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.

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

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

En la sección 1.0 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. y por encontrarse a menos de 250 metros de la zona 2 Piedemonte, por lo que se debe calcular un espectro promedio. Según el mapa de sedimentos de la ciudad, la profundidad a la que se encuentra el basamento rocoso oscila entre 75 y 100 metros. Se recomienda al consultor realizar los cálculos para la zona 3 lacustre A y tomar como profundidad de la roca 86 metros (promedio).

Cumplimiento parcial de 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.

En el estudio se menciona la realización de cinco perforaciones una a 50 metros de profundidad, otra a 40.5 metros, una de 35 metros y las dos restantes de 15.0 metros de profundidad. En el estudio no se presenta el perfil de análisis dinámico completo y detallado hasta la roca, se asume que la profundidad total del depósito es de 75 m, cuando en realidad el espesor del depósito en esta zona fluctúa entre 75 y 100 metros, por lo que la Sociedad recomienda tomar una profundidad promedio de 86 metros. Aunque los autores realizan cinco perforaciones no se presenta una figura con la ubicación en planta de las perforaciones realizadas, ni una sección estratigráfica donde se ilustren claramente los diferentes tipos de materiales, ya que estas secciones serán utilizadas en los análisis mediante elementos finitos. De igual manera los autores

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

toman como perforación de referencia la realizada en la calle 100 con autopista norte, la cual es aceptada por la Sociedad para definir las capas más profundas.

Cumplimiento parcial de 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, el cual fue realizado por la firma Ulloa-Diaz. En el informe se menciona que en el anexo se presenta el informe de Ulloa, en el cual solo se encontró la gráfica correspondiente. Se solicita adicionar dicho informe. Adicionalmente, aclarar el motivo por el cual según la prueba down-hole se detectan solamente tres estratos, mientras que en el registro de campo 15 estratos. Se solicita aclarar esta inconsistencia. Esto es preocupante, ya que se ha notado reiterativamente la poca concordancia entre los resultados de Vs y la estratigrafía existente..

No se indican que propiedades se utilizaron para los suelos de 75 a 86 m de profundidad. Tampoco se menciona como se extrapolaron los valores de Vs en profundidad.

Estas observaciones hacen que el modelo de subsuelo asumido no corresponda al real, desde los puntos de vista de propagación de ondas, respuesta sísmica y espectros de respuesta

El estudio NO CUMPLE con 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 autor se limita a realizar solamente un ensayo triaxial cíclico. Se le recuerda al consultor, que para los primeros cincuenta metros se exigen al menos tres triaxiales cíclicos que garanticen un conocimiento adecuado de las propiedades dinámicas del subsuelo. El hecho de tomar la perforación de la calle 100, se debe mirar como complementario a los ensayos existentes y no como una manera de evitar la realización de pruebas de laboratorio.

Teniendo en cuenta lo anterior, se solicita realizar las dos pruebas triaxiales necesarias para definir las propiedades dinámicas del subsuelo. Adicionalmente, adicionar los resultados de las pruebas de laboratorio ejecutadas y tomadas del ensayo de la calle 100 con autopista. Para la Sociedad, los consultores deberán investigar más sobre los valores de Vs adoptados para profundidades superiores a los 75 metros.

Finalmente, los autores presentan una serie de curvas de degradación del módulo de corte, cuyo origen se desconocen, aunque bien podrían ser correlaciones empíricas, o bien de otros estudios. Además el consultor realizó una prueba triaxial y de columna resonante, pero estos resultados no parecen tenerse en cuenta en los análisis.
Con relación a las curvas de amortiguamiento (figura 19), el autor menciona que esta curva se obtuvo a partir del triaxial realizado a 10.20 metros de profundidad, sin embargo se solicita revisar estas curvas, por los siguientes motivos:

- *Parece faltar información de los ensayos.*
- *Además se observa que las curvas obtenidas a partir de los ensayos triaxiales, son bastante diferentes a las propuestas mediante las correlaciones, o las generadas directamente por el programa QUAKE.*
- *Se solicita aclarar para los diferentes estratos, a que se refiere el consultor cuando dice:*
    - *Coeficiente de amortiguamiento : 0.016 capa 1*
    - *Coeficiente de amortiguamiento: 0.014 capa 2*
    - *Coeficiente de amortiguamiento 0.099 capa 3 (?)*
    - *desafortunadamente, los anteriores valores no coinciden con los presentados por las figuras 13,15, 17, etc.*

Finalmente, la Sociedad está interesada en saber la manera como se obtuvieron las curvas, ya que las curvas de amortiguamiento tienden a un valor asintótico a medida que se incrementa la deformación, el cual no es el caso para las curvas presentadas por el consultor. Por tal motivo se solicita explicar y dar el respectivo soporte para la obtención de estas curvas.

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 pues se utilizaron los tres (3) registros de aceleración definidos por el Decreto 074 de 2001.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 elementos finitos QUAKE, para los análisis dinámicos bidimensionales, por lo tanto se solicita aclarar los siguientes puntos:
- Que condiciones de contorno utilizan en la frontera ?
- Antes de realizar una malla de elementos finitos, es necesario construir un perfil estratigráfico, en el que se señalen claramente la ubicación de las perforaciones así como los diferentes materiales que conforman el subsuelo. De igual manera en planta, se debe ilustrar la sección de análisis. Se solicita al consultor adicionar esta información, la cual puede ser construida a partir de los sondeos ejecutados.
- Se requiere construir una nueva malla, teniendo en cuenta que el espesor es de 86 metros.

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.

La revisión del espectro de respuesta propuesto por los asesores, esta supeditada a la aclaración de las dudas planteadas en las secciones anteriores. De igual manera, se le recomienda al consultor anexar el espectro propuesto a manera de tabla con el fin de verificarlo.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

5. 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 incompleto a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001. Para poder conocer con certeza la validez de los espectros de respuesta obtenidos y el recomendado en el estudio evaluado, primero deben aclararse y corregirse los puntos antes mencionados, ya que existen algunas dudas sobre la confiabilidad de dichos resultados.

Una vez realizadas las correcciones y aclaraciones solicitadas, se recomienda enviar el estudio nuevamente a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, con el fin de emitir concepto de cumplimiento, de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

Revisó y Aprobó: **ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN** Presidente y Representante Legal Sociedad Colombiana de Geotecnia	
Revisó: **ING. JUAN CARLOS PADILLA R.** Grupo de Estudios Técnicos y Conceptos DPAE	VoBo: **ING. DIANA AREVALO SANCHEZ** Jefe Estudios Técnicos y Conceptos Area de Investigación y Desarrollo DPAE