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- 4358 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 Ingenieros Consultores
LOCALIDAD:	3 Santafé
BARRIO:	Sagrado Corazón
PROYECTO:	**Calle 39 No 7 - 21**
UPZ:	91 Sagrado Corazón
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Espinosa y Restrepo Ingenieros Consultores
FECHA DE EMISION:	Marzo 30 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 la 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 **tercera revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones, para los edificios del Proyecto Calle 39 No 7-21, barrio Sagrado Corazón de esta ciudad, que en el informe Análisis de Microzonificación local para el proyecto a Construirse en la calle 39 con carrera séptima, 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 CALLE 39 No. 7-21

El estudio entregado a esta entidad no indica que tipo de construcción se adelantará en el lote localizado en la Calle 39 No. 7-21, barrio Sagrado Corazón de la localidad de Santafé, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1), correspondiente a las siguientes coordenadas planas aproximadas:

Norte: 103288
Este: 101275

El estudio de suelos y análisis de cimentaciones para los edificios del Proyecto Calle 39 con carrera 7, fue realizado por la Espinosa y Restrepo Ingeniería de Suelos, y en otro estudio elaborado por la misma firma se presenta el informe de Análisis de Microzonificación local para el proyecto a Construirse en la calle 39 con carrera séptima, que incluye el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas.

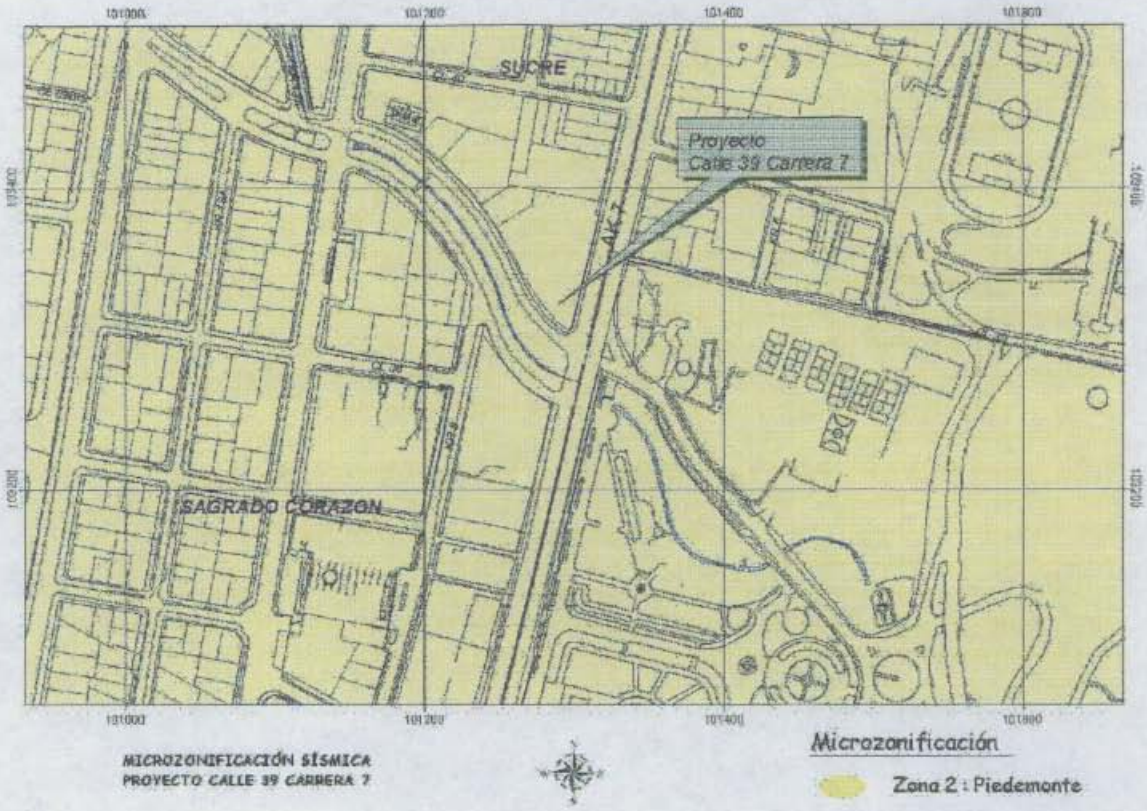

Figura 1 Ubicación General del Proyecto Calle 39 con Carrera 7

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA OCTUBRE 26 DE 2005

La primera revisión del informe EYR-S 6420 ¨ Estudio de Suelos para "Análisis de Microzonificación local para el proyecto a Construirse en la calle 39 con carrera séptima", se hizo 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 transcribe 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 2 Piedemonte. 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.

Los consultores realizaron cinco perforaciones con profundidades que fluctuaron entre 10 y 20 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 solamente 12 metros. Las velocidades de corte a esta profundidad no corresponden al de la roca, se solicita aclarar porque el ensayo no se realizó hasta los 17 metros, profundidad a la cual se

encuentra la roca, como se desprende de la figura SPT vs profundidad (se solicita numerar las figuras).

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.).

- Desafortunadamente los consultores no realizan ningún tipo de ensayo dinámico sobre el material aflorante en la zona. La dificultad en el muestreo no es argumento válido para no realizar este tipo de pruebas. Entre los 2 y 4.5 metros aparece un material granular, que si bien es difícil de recuperar, se puede realizar ensayos sobre muestras reconstituidas a una presión de consolidación equivalente a la presión de confinamiento, y a una densidad relativa obtenida a partir del número de golpes del SPT. Para los suelos finos se debió tomar muestras relativamente inalteradas para la elaboración del triaxial cíclico. Esto es al menos más confiable que el uso indiscriminado de correlaciones.
- *Se solicita al consultor realizar los respectivos ensayos triaxiales*

EL ESTUDIO NO CUMPLE CON 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 elementos finitos QUAKE, con una malla bidimensional, en la que no se explica como se obtuvo el perfil, y asumiendo solamente dos capas, lo cual no concuerda con lo reportado en los registros de perforación. De dichos registros se vislumbran al menos cinco capas.

Se solicita explicar la obtención de dicho perfil, y tener en cuenta que las capas son del orden de cinco. Adicionalmente, aclarar la obtención del perfil estratigráfico

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, se hace necesario evaluar el potencial de licuación, para lo cual se recomienda utilizar el método simplificado de Seed (1986), el cual ha tenido mejoras importantes, como las introducidas por Youd (1997). 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

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA ENERO 31 DE 2006

5.1 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión anterior

5.2 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

El estudio cumple con este requerimiento

5.3 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

La respuesta del consultor es muy simplista, ya que al ser variable la profundidad de la roca, lo lógico es realizar el ensayo down-hole, en la perforación donde la roca se encuentre más profunda. De otra manera, lo más sencillo es realizar la prueba en una perforación superficial. En la descripción del subsuelo se presenta que entre 11 metros y

16.7 metros aparece una arcilla arenosa blanca grisácea, que no corresponde precisamente a la arcillolita.

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

5.4 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

- En la primera revisión se les aclaró que es necesaria la realización de pruebas de laboratorio. Desafortunadamente los consultores ha hecho caso omiso a esta recomendación. La dificultad en el muestreo no es argumento válido para no realizar este tipo de pruebas. Entre los 2 y 4.5 metros aparece un material granular, que si bien es difícil de recuperar, se puede realizar ensayos sobre muestras reconstituidas a una presión de consolidación equivalente a la presión de confinamiento, y a una densidad relativa obtenida a partir del número de golpes del SPT. Para los suelos finos se debió tomar muestras relativamente inalteradas para la elaboración del triaxial cíclico. Esto es al menos más confiable que el uso indiscriminado de correlaciones cuya validez no ha probado el consultor. Se solicita realizar una nueva perforación con el fin de obtener las muestras requeridas para los análisis dinámicos. Por otro lado se recuerda que las curva de degradación y amortiguamiento en arenas dependen de la presión de consolidación, lo cual no es tenido en cuenta por el consultor, ya que no presenta para que presión de consolidación es la curva asumida.

- *Se solicita al consultor realizar los respectivos ensayos triaxiales*

  Cumplimiento parcial de 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

En la anterior revisión se mencionó que el estudio utiliza el programa de elementos finitos QUAKE, con una malla bidimensional, en la que no se explica como se obtuvo el perfil, y asumiendo solamente dos capas, lo cual no concuerda con lo reportado en los registros de perforación. En dichos registros y en la figura 7, se ilustra la presencia de cinco capas las cuales no son tenidas en cuenta en el análisis (Si el consultor desea desestimarlas

capas superiores, deberá por lo tanto, simular la excavación). Se solicita por tanto, construir una malla de elementos finitos acordes a las condiciones del subsuelo. Adicionalmente, el tamaño de los elementos finitos (elemento triángulo), es muy grande por lo cual el rebote de ondas será inevitable. Pretender utilizar en 40 metros de espesor tres filas de elementos, con tamaño superior a los 10 metros, no es posible ni recomendable. Los análisis pueden dar cualquier cosa. Se recomienda afinar la malla. Por otro lado, el consultor no realiza los respectivos análisis de licuación, los cuales fueron solicitados en la primera revisión.

6. REVISIÓN DEL ESTUDIO ACTUALIZADO DE FECHA MARZO DE 2006

6.1 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.1

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión anterior

6.2 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.2

El estudio cumple con este requerimiento

6.3 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.3

El consultor realizó un nuevo ensayo Down-hole en la perforación 7, la cual se llevó hasta 20 metros. El ensayo fue realizado por la firma Ulloa & Diez.

El estudio cumple con este requerimiento

6.4 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.4

El estudio realizó dos pruebas de columna resonante y triaxiales dinámicos. Para futuros estudios se recomienda adicionar la trayectoria de esfuerzos así como incremento en presión de poros, sobre todo para suelos granulares.

El estudio cumple con este requerimiento.

6.5 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.5

El estudio cumple con este requerimiento

6.6 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.6

El consultor afina la malla con el fin de evitar los rebotes de ondas entre los mismos elementos. Para futuros estudios se recomienda uniformizar los contornos laterales (que sea rectos). Por otro lado, el consultor presenta el análisis de licuación por el método de Seed. A este respecto es importante destacar que el método ha sufrido importantes cambios. Para futuros estudios se recomienda utilizar la metodología propuesta por Youd en el workshop de 1997 (el cual se encuentra publicado en la revista de la ASCE)

El estudio cumple con este requerimiento

6.7 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.7

El espectro de respuesta propuesto por el consultor se encuentra por debajo del mínimo de la zona 2 piedemonte. Se solicita justificar el cambio de zona propuesta por el consultor.

El estudio no cumple con este requerimiento.

7. 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.

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

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

Aprobó:

ING. GUILLERMO AVILA ALVAREZ
Coordinador de Investigación y Desarrollo
DPAE