CONCEPTO TÉCNICO No CT - 4878
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Adriana López Moncayo - Curaduría Urbana No 3 Jorge Alberto Rodríguez – JEOPROBE Ltda.
PROYECTO:	**URBANIZACIÓN VILLA ALSACIA**
LOCALIDAD:	8 Kennedy
UPZ:	113 Bavaria
BARRIO:	Villa Alsacia
DIRECCIÓN:	Calle 12B con carrera 71D
CHIP:	AAA0175BDSY
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION:	Julio 30 de 2007

2 ANTECEDENTES

En el Decreto 193 del 08 de junio de 2006, por el cual se complementa y modifica el Código de Construcción de Bogotá, D.C., se adoptan los espectros de diseño y las determinantes del estudio de Microzonificación Sísmica. Adicionalmente, se establece que las construcciones y edificaciones nuevas de cualquier índole que se levanten en Bogotá Distrito Capital, deberán diseñarse y construirse dependiendo de la zona en la cual se encuentren según la zonificación sísmica adoptada a través de los artículos del mencionado decreto, adoptando el espectro de diseño y los coeficientes espectrales indicados 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 193 de 2006, 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 presente concepto técnico corresponde a la **segunda** revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del "Asesoría geotécnica y sismológica para la evaluación de la amenaza sísmica del proyecto urbanización Villa Alsacia" que se remite como estudio sísmico local y de los oficios aclaratorios ER7549 de Junio 21 de 2007 y ER9417 de Julio 26 de 2007.

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con lo exigido en el 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 193.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto contempla "la construcción de ocho (8) torres, cada una con 12 pisos, apoyadas a nivel, con una zona central de parqueadero vehicular a nivel y en sótano. El proyecto contará con un salón comunal de dos pisos en el costado nor-occidental".

"Las torres tendrán una estructura en sistema prefabricado con muros portantes separados entre sí por luces máximas de 5.0 m. La estructura para sótano y primer piso de parqueo será de tipo convencional con columnas separadas entre sí por luces máximas de 6.0 m". Las cargas aproximadas en proyección, para el edificio son de 10.4 T/m^2, salón comunal 1.6 T/m^2 y parqueadero 1 T/m^2.

En la Figura 1 del presente concepto se ilustra la localización del lote del proyecto que corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadas:

105300 N 94250 E

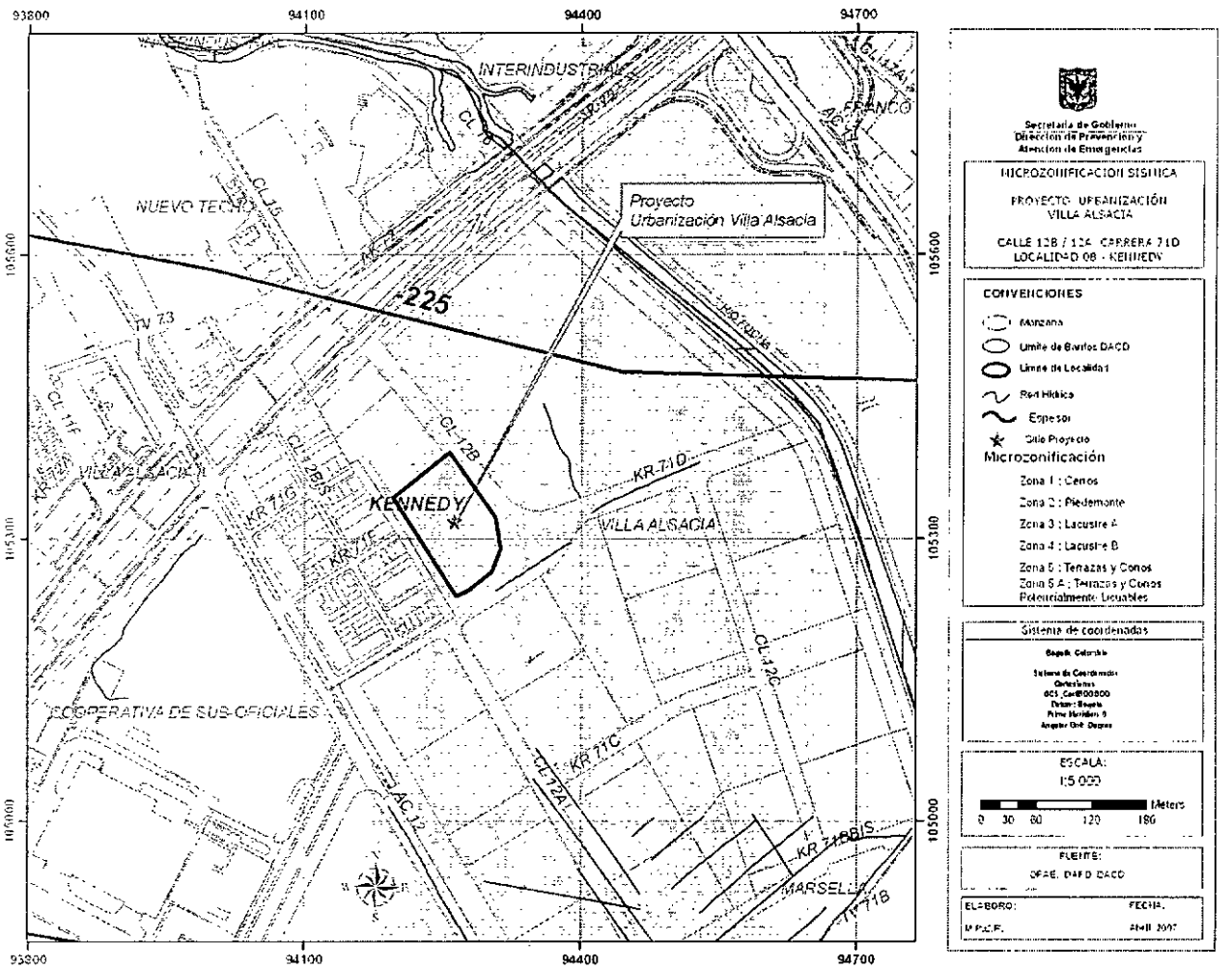

Figura 1. Localización del proyecto Villa Alsacia

4 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (MAYO DE 2007)

El concepto técnico 4795 de mayo de 2007 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación:

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

Según el numeral 1.1, el terreno se encuentra localizado en la Zona 5A -Terrazas y conos potencialmente licuables- de la microzonificación, pero muy cerca de la zona 3, en la franja de transición entre ambas zonas.

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.**

Según el numeral 1.3.2., se desarrollaron 15 sondeos que alcanzaron entre 6.2 y 50 m de profundidad. En el numeral 3.2, se describe el perfil estratigráfico de la siguiente manera:

- Rellenos en arcillas y escombros: 0.50 a 1.60m de espesor.
- Arcilla consistencia alta: 0.30 a 1.40m de espesor.
- Arena fina: 0 a 3.20m de espesor.
- Limo arenoso: 0 a 1.80m de espesor
- Limo arcilloso con vetas de óxido: 2.20 a 4.60m de espesor
- Limo café con lentes de arena: hasta 32m de espesor.
- Arena fina café con lentes de limo: desde 38.7m hasta la profundidad máxima de exploración de 50m.

Es conveniente que el consultor presente su descripción del perfil estratigráfico, relacionándola con las profundidades en que se detectó cada capa y no con los espesores correspondientes.

De acuerdo con el estudio de suelos se detectó agua libre a profundidades comprendidas entre 3.0 y 6.2 m de profundidad. En el estudio de suelos se incluyen los registros de perforación correspondientes a los sondeos realizados.

En el numeral 3.2, el consultor indica que de acuerdo con el mapa de espesor de sedimento del Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, el basamento rocoso se debe encontrar a 215 m de profundidad. Debido a esto, y para completar el perfil estratigráfico empleo información del estudio de riesgo sísmico para la cuenca del Salitre (HMV, 2003), y de otros estudios que se relacionan en el numeral 1.3.1.

Es necesario que haya coherencia en las profundidades en que se identifican las capas en las descripciones del perfil estratigráfico -y en particular la de la arena gris fina de densidad alta-, que se describen tanto en el estudio de suelos –que se limita a los primeros 3.0m de profundidad- y en la asesoría geotécnica y sismológica. El perfil descrito en el estudio de suelos es el siguiente:

0.0 -0.1/1.9 m Relleno heterogéneo

0.1/1.9 – 0.2/1.0 m: Capa de arcilla negra, dura, de consistencia alta

0.2/1.0 – 1.3/2.6 m: Arcilla café a gris, de consistencia alta

1.3/2.6 – 1.8/3.0 m: Arena gris fina, de densidad alta

1.8/3.0 m: Limos arcillosos de color gris a café, de consistencia alta

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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.

De acuerdo con el numeral 3.2., la firma AM Ingenieros fue contratada para la ejecución de un ensayo de Down Hole, en el sondeo No. 10 que alcanza 50m de profundidad. Al final del documento se encuentra el registro del ensayo efectuado en el que se relacionan las siguientes velocidades de onda de corte.

- 0.0 – 3.0 m Vs = 108 m/s
- 3.0 – 7.0 m Vs = 131 m/s
- 7.0 – 17.0 m Vs = 154 m/s
- 17.0 – 38.0 m Vs = 166 m/s
- 38.0 – 43.0 m Vs = 208 m/s

- 43.0 – 50.0 m Vs = 308 m/s

De la Figura 3.5, que muestra la variación de los valores medios de velocidad de onda de corte entre superficie y la profundidad estimada del basamento rocoso, se puede hacer la siguiente distinción efectuada por el consultor:

- 0.0 – 40.0 m: Vs = 125 - 160m/s
- 40.0 – 215.0 m: Vs = 300 - 450m/s

Es conveniente para futuros estudios que el consultor mejore la legibilidad de los soportes y en el caso particular del ensayo Down Hole revise la perforación en que se registra que fue realizada la prueba.

El estudio 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.).

En el numeral 3.2., se indica que se efectuaron 3 ensayos de velocidad de onda (bender element) y 3 triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado. Las muestras seleccionadas para la ejecución de los ensayos fueron tomadas a 20, 31 y 35m de profundidad.

Es necesario que el consultor anexe los registros de ejecución de los ensayos de laboratorio.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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.

En el numeral 1.3.5, se indica que se utilizaron 12 de los 15 registros de aceleración establecidos por la DPAE como de uso alternativo a los empleados en la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

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 consultor realizó simulaciones numéricas con la aplicación EERA. La información de entrada de la aplicación se presenta en las Tablas 3.1 y 3.2 –que contienen la discretización en profundidad, y la asignación de propiedades para cada capa y subcapa-, y en la Figura 3.8 –se presentan las curvas dinámicas-.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

4.7 Evaluación del potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse.

Es necesario que el consultor efectúe una evaluación del potencial de licuación sobre la capa de arena limosa detectada en el S-11, teniendo en cuenta que:

- El sitio del proyecto se encuentra en la Zona 5A –Terrazas y conos potencialmente Licuables- de la Microzonificación Sísmica de Bogotá
- La resistencia medida con cono holandés, varía entre 60 y 25 Kg/cm2 y un contenido de finos del 30 %
- Pueden presentarse oscilaciones en el nivel freático detectado durante la exploración del subsuelo.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

4.8 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.

En la figura 3.31 y el capítulo 4, el consultor presenta el espectro de diseño, que se reproduce en la Figura 2 de este documento. El espectro recomendado tiene un valor de Am de 0.20 g, a partir del cual crece linealmente hasta Sa = 0.5 g en T = 0.15 s, y se mantiene constante hasta T =0.4 s, en donde desciende a Sa = 0.45 g que se extiende entre T = 0.5 s y T=1.4 s. A partir de este punto desciende, ajustándose al espectro promedio obtenido del mínimo de Zona 3 y del mínimo de Zona 5.

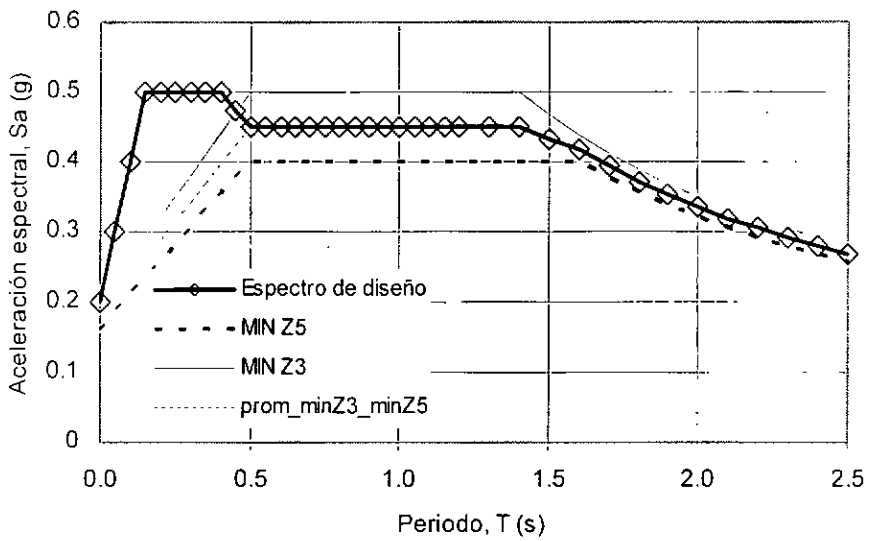

Figura 2. Espectro de diseño del proyecto Villa Alsacia

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La segunda revisión del estudio "Asesoría geotécnica y sismológica para la evaluación de la amenaza sísmica del proyecto urbanización Villa Alsacia" que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER7549 de Junio 21 de 2007, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

5.2 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 oficio aclaratorio ER7549 de Junio 21 de 2007 el consultor presenta el perfil estratigráfico del proyecto coherente con el estudio de suelos como se describe a continuación:

0.0 -0.1/1.9 m: Relleno heterogéneo.
0.1/1.9 – 0.2/1.0 m: Capa de arcilla negra de consistencia alta.
0.2/1.0 – 1.3/2.6 m: Arcilla café a gris de consistencia alta.
1.3/2.6 – 1.8/3.0 m: Arena gris fina de densidad alta.
1.8/3.0 – 38.7 m: Limos arcillosos gris a café de consistencia media a alta con lentes de arena.
38.7 – 48.8 m: Arena fina café con lentes de limo.
48.8 – 50.0 m: Limo arcilloso café de consistencia alta.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

5.4 **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.).**

Con el oficio aclaratorio ER7549 de Junio 21 de 2007 el consultor presenta los resultados de laboratorio de tres ensayos de Bender Element y tres Triaxiales Cíclicos de esfuerzo controlado de las muestras a 20, 31 y 35 m de profundidad.

Sin embargo, es necesario que el consultor explique de donde obtiene los valores del módulo máximo para normalizar las curvas de degradación, dado que en la muestra a 31 m de profundidad, los resultados de Bender Element miden un valor de 21278 kPa y en la figura 3.6 el módulo máximo es de aproximadamente 35000 kPa, a diferencia de las otras muestras que coinciden los valores medidos con los de las gráficas normalizadas. Así mismo, es necesario que el consultor explique detalladamente la

manera como obtuvo las curvas de degradación de los materiales tipo 1, 2, 3, y 4 del modelo de respuesta que se presenta en la Tabla 3.1 y la Figura 3.8, debido a que no es claro en el informe como se emplearon las curvas ajustadas a partir de los resultados de laboratorio dinámicos que se presentan en la Figura 3.6 en el modelo de respuesta.

Lo anterior el consultor lo aclara en el oficio ER9417 de Julio 26 de 2007, donde explica que el módulo máximo de la muestra a 31 m se obtuvo a partir de una correlación con el módulo medido en campo, dado que la medición hecha en laboratorio presentó ruido y el ajuste de este modo es consistente con los datos reportados por la literatura para este tipo de materiales; en cuanto a los materiales de análisis el consultor aclara que el material 1 corresponde a arcillas sobreconsolidadas de acuerdo con Kokoshu et al (1982), el material 2 es el promedio de los resultados de laboratorio y el material 3 se obtuvo a partir de los datos reportados por Kokoshu (1980) e Ishibashi y Zhang (1993) teniendo en cuenta el confinamiento promedio de la formación Subachoque.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5.5 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 desde la primera revisión.

5.6 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 CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

5.7 Evaluación del potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse.

En el oficio aclaratorio ER7549 de Junio 21 de 2007 el consultor presenta las evaluaciones de potencial de licuación con base en los datos de SPT y CTP, de lo cual concluye que "De acuerdo con los resultados se observa que hay sitios con factor de seguridad menor a 1, pero igualmente el problema no es generalizado en todas las arenas del sitio, solo se presenta puntualmente lo que realmente no representa un riesgo para el proyecto".

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5.8 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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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, cumple con los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 193 de 2006.

Se debe aclarar que, el alcance del concepto técnico es la verificación de los aspectos contemplados en el Decreto 193 de 2006 con fundamento en el informe suministrado y no implica hacer un juicio de valor sobre la validez de los sondeos, ensayos, parámetros adoptados, el empleo de software, los análisis de respuesta, los resultados de los análisis y el espectro de diseño recomendado, por lo que la responsabilidad de los mismos recae en el consultor como lo refrenda con su firma en el informe del estudio, limitándose la revisión a verificar el cumplimiento del Decreto.

Elaboró **FERNANDO JAVIER DÍAZ P.**
Ingeniero Civil, MSc (c) Geotecnia
M.P. 25202-093681 CND

Revisó **DIANA PATRICIA ARÉVALO S.**
Coordinadora Grupo Estudios Técnicos

Aprobó **GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ**
Subdirector Investigación y Desarrollo

Vo.Bo. **DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS**
Directora