CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5012
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Ing. José Joaquín Álvarez - Curaduría Urbana No 4
PROYECTO:	**ALTOS DE SAN ANTONIO**
LOCALIDAD:	11 Suba
UPZ:	23 Casa Blanca Suba
BARRIO:	Gilmar
DIRECCIÓN:	Carrera 74 No. 160-25
CHIP:	AAA0122KEMR
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION:	Octubre 22 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, 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 anteriores, acogiendo al efecto el espectro 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 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 **primera revisión** realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del informe *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Altos de San Antonio"* elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 74 No.160-25. El cual fue radicado el 28 de Septiembre de 2007 mediante oficio ER-13054, por el Ing. José Joaquín Álvarez de la Curaduría No.4, y complementado con el oficio ER-13540 radicado el 08 de Octubre por parte de Jeoprobe Ltda., remitido como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el estudio de suelos, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de 10 torres de 7 pisos de altura con niveles de sótano y semi-sótano. Las torres se construirán en sistema estructural convencional de pórticos de concreto, con luces entre columnas hasta de 6 m.

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

116650 N 100900 E

El informe *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Altos de San Antonio"* fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodriguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma Espinosa y Restrepo Cia Ltda, del ensayo Down Hole ejecutado por la firma AM Ingenieros Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

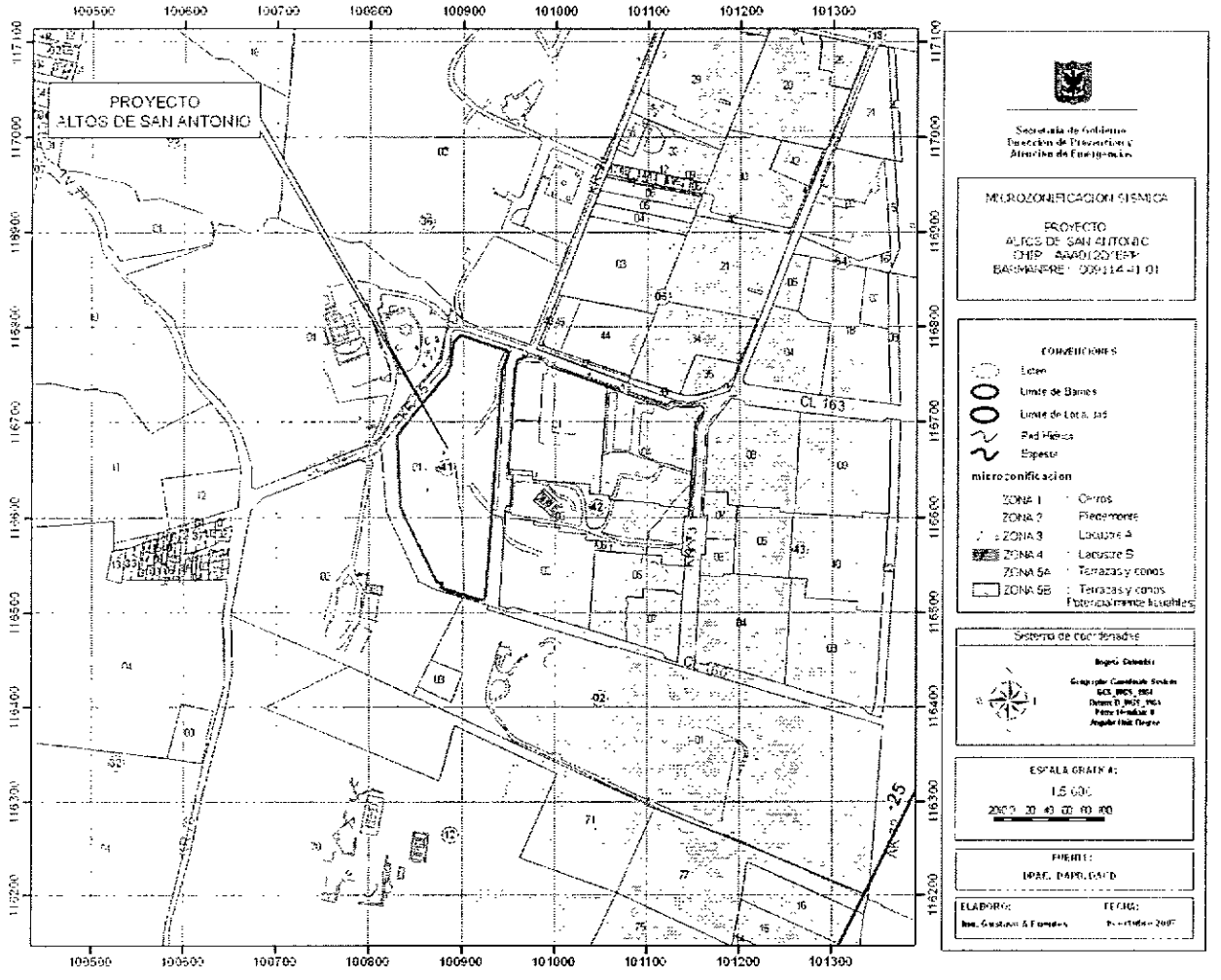

Figura 1. Localización del Proyecto Altos de San Antonio.

4 REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe presentado para el proyecto Altos de San Antonio en Bogotá D.C., se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 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 193.

El concepto técnico relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se presenta, 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 el numeral 1.1 y 3.2, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la franja de transición entre la Zona 2 y la Zona 3 (Lacustre A) según el decreto 193 de 2006, lo cual es consistente con la localización presentada en la Figura 1 del presente concepto.

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.

De acuerdo con los Numerales 1.3.2 y 3.2, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma Espinosa y Restrepo y Cia Ltda. realizó once (11) sondeos que alcanzaron profundidades entre 4 y 30 m; donde se obtuvieron muestras remoldeadas e inalteradas que se utilizaron para su clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. El resultado de estas perforaciones fue complementado con ensayos de penetración estándar. En el sondeo S-1 se realizo el ensayo Down Hole y se obtuvo una muestra inalterada para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de perforación de los sondeos 1 a 10 junto con el plano de la localización se presentan anexos al informe.

Según el numeral 3.1 del estudio de suelos, la investigación de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados permitieron una caracterización de la estratigrafía en el sitio de proyecto hasta la profundidad explorada como se describe a continuación:

- De 0 a 0.5/1.5 m: Capa vegetal y/o relleno compuesto de limo carmelito a negro de consistencia dura a muy dura.
- 0.5/1.5 a 2.5/12.5 m: Arcilla limosa y/o limo arcilloso carmelito oscuro a gris con intercalaciones de arena limosa, presencia de turbas y gravas de arenisca, de consistencia variable entre muy dura a muy blanda.
- 2.5/12.5 a 8/20 m: Coluvión formado por gravas de arenisca arcillosa carmelita a habana con una densidad entre compacta y muy compacta.
- 8/20 a 16.5/30 m: Arcillolita y/o limonita carmelita oscura con vetas habas y rojizas de consistencia dura a muy dura.

En este lugar a partir de la exploración del subsuelo se identifica la roca a una profundidad que varía entre 15 y 30 m.

Sin embargo el consultor debe aclarar los siguientes aspectos:

- Es necesario anexar el registro y localización del sondeo 11.

- Es necesario aclarar en que sondeo ejecutó el ensayo Down Hole, ya que el sondeo S-1 solo alcanza los 20 m de profundidad y el registro del ensayo Down Hole muestra que se alcanzó una profundidad de 25 m, por lo cual se debe anexar el registro y la localización de la perforación donde se realizó la prueba.

- Se solicita aclarar el sondeo del cual fue tomada la muestra inalterada para ejecutar los ensayos dinámicos, ya que en el registro de la perforación S-1 no se observa la recuperación de muestras inalteradas.

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.

Según el numeral 3.2 en el sitio del proyecto se realizó un ensayo Down Hole, a una profundidad de 25 m, y en los anexos se presenta el registro de dicho ensayo realizado por la firma AM Ingenieros. En la siguiente tabla se resumen los valores del perfil de velocidad de onda, determinado a partir de los resultados de la prueba Down-Hole. Así mismo, se incluyen los valores de la relación de Poisson, obtenidos de los datos de Vs y Vp de campo.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-4	115	0.45
4-6	155	0.40
6-7	232	0.19
7-12	226	0.21
12-14	193	0.32
14-19	213	0.39
19-25	362	0.38

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.).

Se realizaron ensayos dinámicos a una muestra obtenida con tubo Shelby a 9.5 m de profundidad. Para esta profundidad se ejecutaron pruebas de Bender Elements y triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado. Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan anexos al informe. Se observa concordancia entre los datos obtenidos en el laboratorio y los presentados en las Figuras 3.7 y 3.8 del informe.

El estudio 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.

En el estudio se utilizaron un total de 14 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE, acogiéndose a lo establecido en el numeral 3 del artículo 7 del decreto 193 de 2006.

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.

En el estudio se realizan análisis unidimensionales mediante la utilización del programa EERA (Bardet et al, 2000), que considera la propagación unidimensional de ondas de corte horizontal con un método lineal equivalente para tener en cuenta las variaciones del amortiguamiento y el módulo de corte con la deformación en los suelos del perfil. Los datos de los análisis se presentan en las Tablas 3.1 y 3.2, mientras que las características de los materiales se indican gráficamente en la Figura 3.9.

Dentro del modelo unidimensional planteado por el consultor, se efectúa un análisis de sensibilidad de la respuesta sísmica local mediante la variación del perfil de velocidades de onda con valores mínimos y máximos típicos. Por otro lado, dentro de los análisis se consideran dos (2) tipos de materiales y 3 estratos de suelo, desde superficie hasta 25 m de profundidad donde el consultor consideró se localiza en contacto con el basamento rocoso.

Debido a que la pendiente del terreno es superior a 10 grados, en el estudio se realizan análisis bidimensionales mediante el programa de elementos finitos PLAXIS Professional V7.2, considerando el suelo como un material elástico y utilizando un esquema de amortiguamiento numérico de tipo Rayleigh, con parámetros alfa y beta que dependen de la frecuencia del sistema y de la relación de amortiguamiento.

Sin embargo es necesario que el consultor aclare:

- En la figura 3.13 a que material corresponde cada capa del modelo y los nodos en los que se determinaron las historias de aceleraciones.

- Explicar las diferentes suposiciones consideradas en el análisis bidimensional, indicar los valores de los parámetros alfa y beta considerados en éste y aclarar porque se utilizaron valores de velocidad de onda de corte en la modelación bidimensional, diferentes a los valores obtenidos mediante el ensayo Down Hole.

Adicional a lo anterior, el cumplimiento de este numeral esta condicionado a las aclaraciones del punto 4.2 y se sugiere utilizar las señales que actualmente se encuentran aprobadas por parte de DPAE en la página:
www.sire.gov.co/portal/page/portal/sire/gestionRiesgo/Sismo/registroSismo.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

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

Debido a que el sitio del estudio se encuentra en la zona de transición entre la Zona 2 y la Zonas 3 -Lacustre A- y a que en la exploración del subsuelo no se identificaron superficialmente capas de arenas sueltas, limpias y saturadas, no es necesaria la evaluación del potencial de licuación.

El estudio CUMPLE 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.

Este numeral se revisará una vez se aclaren por parte del consultor todas las observaciones anteriores.

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 193 de 2006. Para poder conocer con certeza la validez de los espectros de respuesta obtenidos y del recomendado en el estudio evaluado, primero deben aclararse y complementarse los puntos antes mencionados.

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 193 de 2006

Elaboró

CARLOS JAVIER PEDRAZA A.
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia
M.P. 15202098211BYC

Revisó

FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA
Coordinación Estudios Técnicos

Aprobó

GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ
Subdirector Investigación y Desarrollo

Vo.Bo.

DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS
DIRECTORA