CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5179
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:	**NORTH POINT TORRE III**
LOCALIDAD:	1 Usaquén
UPZ:	11 San Cristóbal Norte
BARRIO:	Bosque de Pinos III
DIRECCIÓN:	Carrera 7 No. 156-56
CHIP:	AAA0184UODE
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION:	Marzo 6 de 2008

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

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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 informe *"Estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas proyecto North Point Torre III Zafiro S.A."* elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 7 No. 156-56, se remitió como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

La solicitud de revisión del estudio fue radicada mediante el oficio 2008ER693 por la Curaduría Urbana No 4 el día 23 de enero de 2008 y la respuesta de observaciones se radicó el día 21 de febrero de 2008 mediante el oficio 2008ER1855 por parte de la firma JEoprobe Ltda.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de un edificio de 28 pisos de altura y con una plataforma de parqueaderos en la zona posterior de 6 pisos de altura.

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

115000 N 106100 E

El informe *"Estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas proyecto North Point Torre III Zafiro S.A."* fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma AUS y Cía. Ltda., el ensayo Down Hole ejecutado por la firma Ulloa y Diez Ltda. y los resultados del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

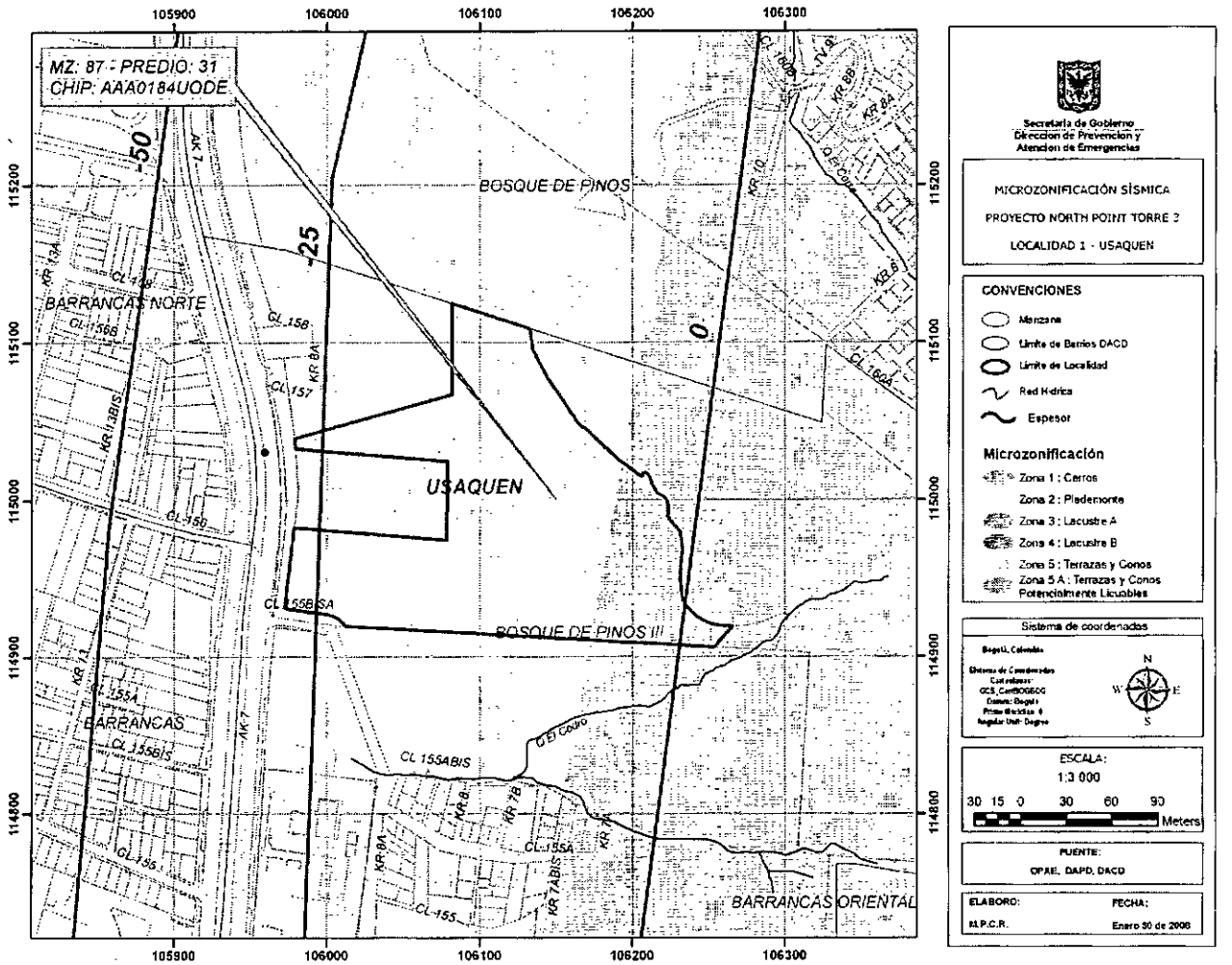

Figura 1. Localización del Proyecto North Point Torre III.

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (ENERO DE 2008)

La revisión del informe presentado para el proyecto North Point Torre III 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

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

diseño recomendado, cuando dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el Decreto 193.

El concepto técnico 5154 de Febrero 13 de 2008 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.

En el numeral 3.2, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la Zona 2 (Piedemonte) muy cerca de la Zona 1 (Cerros), 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 AUS y Cía. Ltda. realizó cuatro (4) perforaciones que alcanzaron profundidades entre 15 y 16 m penetrando hasta 5 m dentro de roca. De estas perforaciones se obtuvieron muestras remoldeadas que se utilizaron para su clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. Adicionalmente, en el sondeo P-1 de 16 m de profundidad se ejecutó el ensayo Down Hole por parte de la firma Ulloa & Diez Ltda. Debido a la composición arenosa de los suelos del lugar, fue imposible recuperar muestras inalteradas para determinar las propiedades dinámicas de los materiales. Los registros de las perforaciones junto con el plano de la localización se presentan anexos al informe.

Según el numeral 3.2, 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 0.6 m: Rellenos arcillosos.
- De 0.6 a 1.2/6.7 m: Arcillas arenosas cafés de consistencia dura.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

- De 1.2/6.7 hasta la profundidad de exploración (16m): Areniscas cafés con intercalaciones de arcillolitas.

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.

Según los numerales 1.3.2 y 3.2, en el sondeo S-1 se realizó un ensayo de Down-Hole a una profundidad de 15 m ejecutado por la firma de Ulloa & Diez Ltda. En la figura 3.1 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio y en los proyectos de la Calle 39 con Carrera 7, de la Calle 45 con Carrera 7 y en la Carrera 7A No.145-37. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-15	278	0.39

Sin embargo, es necesario que el consultor aclare porqué el perfil estratigráfico del sondeo P-1 indica que hay material rocoso a 6.7 m y la prueba Down Hole no presenta este cambio.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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, el consultor indica que la mayoría de los materiales encontrados en la exploración del subsuelo corresponden a rellenos en superficie, seguidos por arcillas arenosas de consistencia dura y areniscas. En estos materiales no fue posible obtener muestras inalteradas en tubo Shelby para el desarrollo de ensayos dinámicos que permitan determinar la variación del módulo y el amortiguamiento con la deformación. Adicionalmente, en este numeral se señala que las curvas de variación del módulo de corte y amortiguamiento para cada material, se elaboraron a partir de datos reportados en la literatura por Vucetic y Dobry (1991).

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD
Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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 y el acelerograma del sismo de México empleado en el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, 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 la Tabla 3.1, mientras que las características de los materiales se indican gráficamente en la Figura 3.6.

Dentro del modelo unidimensional planteado por el consultor en los análisis se consideran dos (2) tipos de materiales y 15 estratos de suelo, desde superficie hasta 15 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:

- Indique los valores de los parámetros alfa y beta considerados en los análisis.
- Aclare la profundidad del basamento rocoso, dado que en los perfiles se indica que está entre 6 y 7 m y en la prueba Down Hole no se observa el contraste de velocidades
- Aclare a que nodo corresponden las historias de aceleraciones obtenidas de la modelación. Teniendo en cuenta que el nodo para calcular la historia de aceleraciones debe estar ubicado a nivel de superficie del terreno o en la placa de contra piso del

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

edificio, el cual si es comparable con los espectros dados en el Decreto 193 de 2006 de acuerdo el parágrafo 1 del artículo 4.

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 2 (Piedemonte) 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 el consultor cumpla con las aclaraciones del punto 4.3 y 4.6 del presente concepto.

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del proyecto North Point Torre III a construirse en la Carrera 7 No. 156-56 que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER1855 de febrero 21 de 2008, 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.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

En el oficio aclaratorio ER1855 de febrero 21 de 2008, el consultor indica que posiblemente la prueba de Down Hole no detectó el contraste con la roca por estar "fracturara o meteorizada".

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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.).

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

En el oficio aclaratorio ER1855 de febrero 21 de 2008, el consultor indica que:

- Los valores de los parámetros alfa y beta considerados en los análisis.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

- La profundidad de la roca de acuerdo con los sondeos es de 7 m, sin embargo se modelo la roca a los 15 m de profundidad con el fin de tener en cuenta el registro del ensayo Down Hole y obtener los espectros de aceleración de una forma conservadora.

- El nodo donde se registraron las historias de aceleraciones obtenidas de la modelación, el cual se encuentra a nivel de la fundación de la plataforma (0.8 m de profundidad).

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

Con base en los resultados de la modelación el consultor recomienda utilizar como espectro de diseño el mínimo de la Zona 1, el cual se ilustra en la Figura 3.19 y en la Tabla 4.1 del informe.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

6 CONCLUSIONES

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 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 PARRA**
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia
M.P. 25202093681 CND

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

Vo.Bo. **GUILLERMO ESCOBAR CASTRO**
DIRECTOR

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co