ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. GOBIERNO SEGURIDAD Y CONVIVENCIA Fondo de Prevención y Atención a Emergencias	CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	01
		Código Documental:	

1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

1.1	CONCEPTO TÉCNICO No. CT:	5417
1.2	ÁREA:	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
1.3	COORDINACIÓN:	CONCEPTOS TÉCNICOS
1.4	REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE:	2008ER12965, 2008ER14857
1.5	RESPUESTA OFICIAL No. RO:	33163

2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1	SOLICITANTE:	JOSÉ JOAQUÍN ÁLVAREZ CURADURÍA URBANA NO.4
2.2	PROYECTO:	EDIFICIO CARRERA 13 No. 26A-81
2.3	LOCALIDAD:	3 SAN DIEGO
2.4	UPZ:	91 SAGRADO CORAZÓN
2.5	BARRIO O SECTOR CATASTRAL:	SAN DIEGO
2.6	DIRECCIÓN:	CARRERA 13 No. 26A-81
2.7	CHIP:	AAA0087OZSK
2.8	FECHA DE EMISIÓN:	5 DE DICIEMBRE DE 2008
2.9	EJECUTOR DEL ESTUDIO:	JEOPROBE Ltda.

3 INTRODUCCIÓN

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

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

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 informe "Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Edificio Porvenir Calle 27 con Carrera 13, Bogotá" elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 13 No. 26A-81 de Bogotá. El cual fue radicado el 14 de Octubre de 2008 mediante oficio 2008ER12965, por el Ing. José Joaquín Álvarez de la Curaduría Urbana No.4 y del oficio aclaratorio de observaciones de la primera revisión 2008ER14857 de Noviembre 20 de 2008.

4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "EDIFICIO CARRERA 13 # 26A-81"

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de una torre de 17 pisos de altura y 4 sótanos, un área aledaña de 11 pisos de altura y una plataforma periférica con terraza en el segundo piso y cuatro sótanos.

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

102150 N 100790 E

El informe "Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Edificio Porvenir Calle 27 con Carrera 13, Bogotá" fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma LFO y Cía. y de un ensayo Down Hole realizado por la firma Ulloa y Diez Ltda.

5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- CONCEPTO TÉCNICO NO. CT-5381 (FECHA: 12/11/2008)

El concepto técnico 5381 de Noviembre 12 de 2008 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación:

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

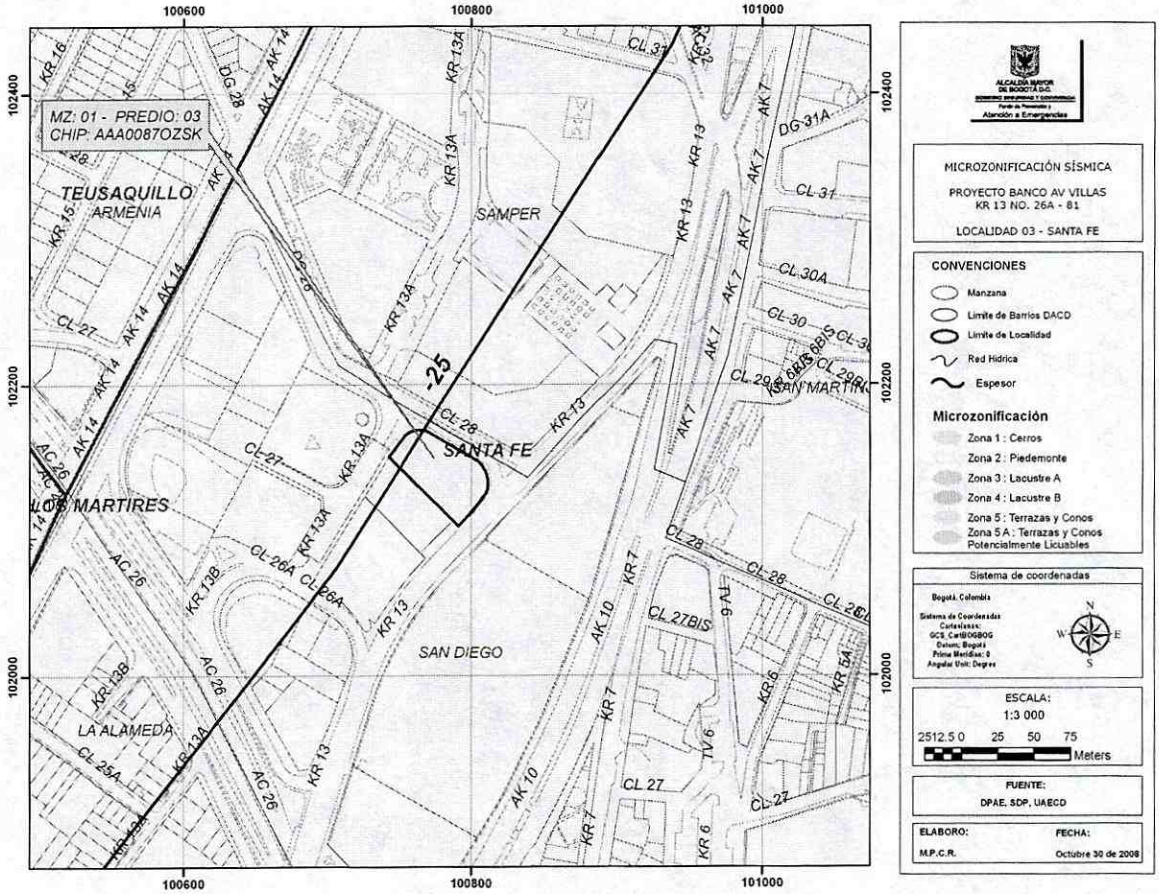

Figura 1. Localización del Proyecto Carrera 13 No. 26A-81.

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

En el numeral 3.2 del informe, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la Zona 2 – Piedemonte 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.

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

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

estudios de zonificación incluidos en el proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

De acuerdo con el Numeral 1.3.2 del informe, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma LFO Cía. Ltda. realizó dos (2) sondeos que alcanzaron profundidades entre 40 y 50 m; donde se obtuvieron muestras remoldeadas que se utilizaron para su clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. El resultado de estas perforaciones fue complementado con SPT. No obstante en el estudio de suelos anexo, se presenta la localización y el perfil de 8 sondeos que alcanzaron profundidades variables entre 33 y 52 m, de los que fue posible obtener muestras inalteradas.

Según el numeral 3.2 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 3 m: Relleno heterogéneo.
- De 3 a 30 m: Conglomerados en matriz arcillo limosa.
- De 30 a 35 m: Arenas con lentes de gravas.
- De 35 a 45 m: Arcillas con lentes de gravas.
- De 45 m hasta la profundidad de explotación (50 m): Gravas con arena.

A partir del estudio de suelos anexo se obtiene el siguiente perfil:

- De 0 a 1.4/3 m: Relleno heterogéneo de origen antrópico.
- De 1.4/3 a 33 m: Intercalaciones erráticas de arcillas, limos gravas y arenas.
- De 33 a hasta la profundidad de explotación (52 m): Gravas gruesas con intercalaciones de arcilla y arcillas arenosas de consistencia dura.

Con base en Mapa de Espesor de Sedimentos del Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá el consultor estima la localización del basamento rocoso en 50 m.

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.

Según los numerales 1.3.2 y 3.2 del informe, en el sondeo S-1 se realizó un ensayo de Down-Hole a una profundidad de 47 m ejecutado por la firma de Ulloa & Diez Ltda. En la figura 3.5 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio comparados con un ensayo Cross Hole realizado para el proyecto Fonade. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-3	230	0.40
3-4	212	0.41
4-6	145	0.41
6-12	211	0.40
12-27	263	0.39
27-31	330	0.43
31-47	421	0.36

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.).

Según el numeral 3.2 del informe no fue posible obtener muestras inalteradas para ejecutar ensayos dinámicos debido a la naturaleza de los materiales encontrados. No obstante, con base en los registros de perforación anexos en el estudio de suelos, se observa que se obtuvieron 14 muestras inalteradas a diferentes profundidades en el sitio de estudio.

Se solicita al consultor:

Aclarar por qué no se utilizaron las muestras inalteradas obtenidas durante la exploración del subsuelo, para realizar los ensayos dinámicos que permitan determinar los módulos de corte y las relaciones de amortiguamiento.

El estudio NO 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.

Según el numeral 2.4 del informe se utilizaron un total de 8 acelerogramas, que a juicio del consultor representan la amenaza sísmica del sitio estudiado. Dentro de estos acelerogramas, tres corresponden a los utilizados 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.

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

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 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 3.2 a 3.7 del informe, mientras que las curvas dinámicas empleadas se presentan en la figura 3.6 del informe.

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 y considerando sí el material que aporta la rigidez al conglomerado es grava o arcilla. En estos análisis se consideran cuatro (4) diferentes tipos de materiales y 17 estratos de suelo, desde superficie hasta 50 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso.

Debido a las condiciones topográficas del sitio se hace una modelación bidimensional utilizando 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.

Se solicita al consultor:

Explicar el criterio empleado para asignar las curvas dinámicas utilizadas para modelar el comportamiento de los suelos en los análisis unidimensionales y definir los valores de amortiguamiento tipo Rayleigh asignados en los modelos bidimensionales.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

5.7 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.

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.

Este numeral se revisará una vez sean aclaradas las observaciones de los numerales 5.4 y 5.6.

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 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO - RAD FOPAE: 2008ER14857.

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del estudio "Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Edificio Porvenir Calle 27 con Carrera 13, Bogotá" que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio de observaciones de la primera revisión 2008ER14857 de Noviembre 20 de 2008, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

6.2 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.

6.3 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.

6.4 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 oficio aclaratorio 2008ER14857 de Noviembre 20 de 2008, el consultor aclara que en el momento de hacer el estudio de respuesta local se contaba con los sondeos 1 y 2, de los cuales por la naturaleza granular de los suelos encontrados no fue posible obtener muestras inalteradas. Posteriormente se ejecutaron sondeos adicionales para el estudio de suelo de los que si se obtuvieron muestras inalteradas. Sin embargo el consultor indica que los materiales finos muestreados no son representativos del perfil analizado por lo que no considera necesario ejecutar ensayos.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

6.5 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.

6.6 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 2008ER14857 de Noviembre 20 de 2008, el consultor indica los criterios empleados para asignar las curvas dinámicas en el modelo unidimensional. Adicionalmente y debido a no contar con datos de laboratorio para obtener las curvas dinámicas para el material 1 que corresponde a una arcilla con un IP de 20, el consultor tomó los valores obtenidos con las expresiones de Ishibashi y Zhang 1993 y los datos reportados por Vucetic y Dobry 1991 combinados con los resultados de un triaxial cíclico realizado a una muestra obtenida a 10 m de profundidad para un proyecto localizado en la Calle 122 con Carrera 9.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

6.8 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 mostrado en la Figura 3.22 del informe, el cual se presenta en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una Sa 0.3 g asciende hasta 0.675 g en 0.17 continuando con este valor hasta 0.85 segundos, donde desciende y toma los valores de espectro mínimo de Zona 2 – Piedemonte.

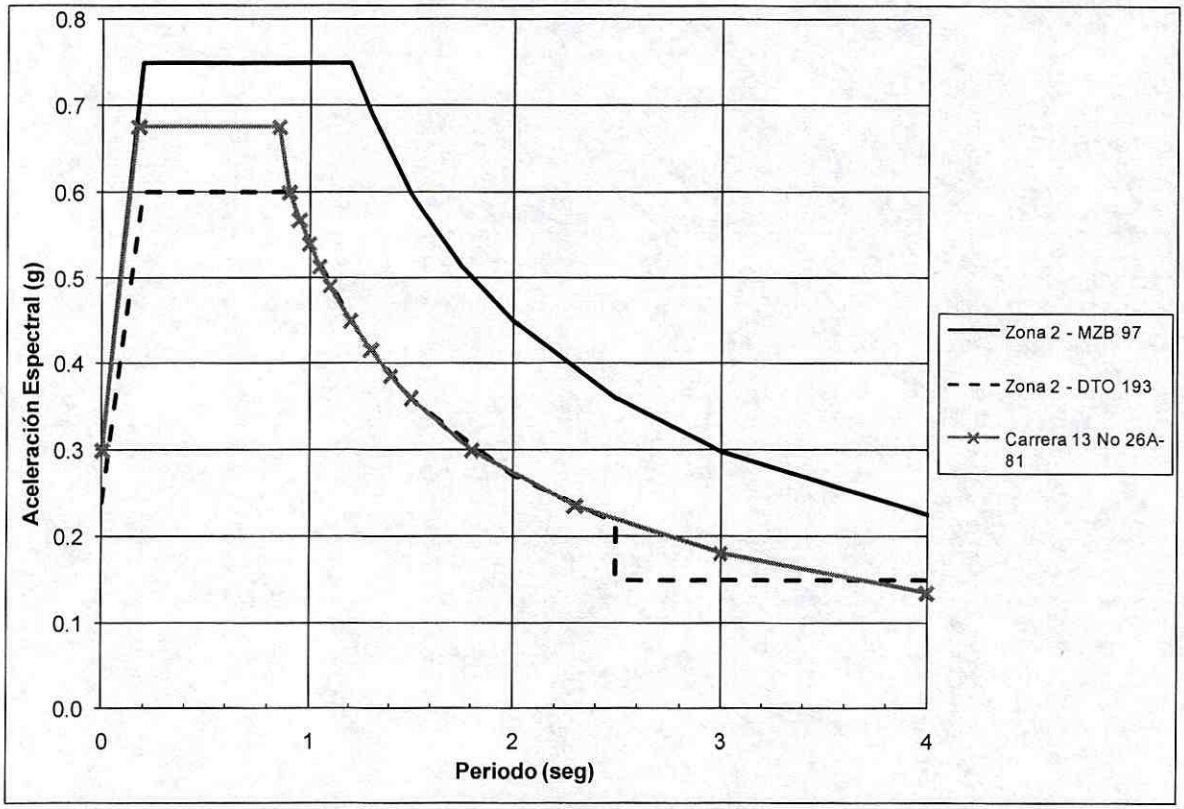

Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Carrera 13 No. 26A-81.

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

7 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: **Nombre: CARLOS JAVIER PEDRAZA ALFONSO** Profesión: Ingeniero Civil, MSc Geotecnia. Matrícula Profesional: M.P. 15202098211BYC.	**Revisó:** **Nombre: FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA** Coordinación de Conceptos Técnicos
Aprobó: **Nombre: GUILLERMO ESCOBAR CASTRO** Dirección DPAE – Representante Legal FOPAE	

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