

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

## 1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

1.1	CONCEPTO TÉCNICO No. CT:	5865
1.2	ÁREA:	TÉCNICA Y DE GESTIÓN
1.3	COORDINACIÓN:	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
1.4	REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE:	2010ER8273, 2010ER8637, 2010ER9479
1.5	RESPUESTA OFICIAL No. RO:	42919

## 2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1	SOLICITANTE:	NESTOR E. CRUZ BANOY CURADURÍA URBANA No.3
2.2	PROYECTO:	PARQUE CENTRAL DE OCCIDENTE
2.3	LOCALIDAD:	10 ENGATIVA
2.4	UPZ:	74 ENGATIVA
2.5	BARRIO O SECTOR CATASTRAL:	EL DORADO
2.6	DIRECCIÓN:	CALLE 64 No. 128 - 90 IN 3
2.7	CHIP:	AAA0141AHJZ
2.8	ÁREA DEL PREDIO APROXIMADA	6952.3 M2
2.9	FECHA DE EMISIÓN:	14 DE JULIO DE 2010
2.10	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.

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

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 informe "Informe de Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Parque Central de Occidente" elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Calle 64 No. 128-90 IN 3 de Bogotá. Este estudio fue radicado el 11 de Junio de 2010 mediante oficio 2010ER8273, por la Dra. Adriana López Moncayo, Curadora Urbana No. 3, y el estudio de suelos completo que fue radicado el 18 de Junio de 2010 mediante oficio 2010ER8637 por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, JEoprobe Ltda. en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006. Posteriormente, el Arq. Néstor Cruz Banoy, Curador Urbano 3 (E) radicó el oficio aclaratorio de las observaciones de la primera revisión 2010ER9479 el 2 de julio de 2010.

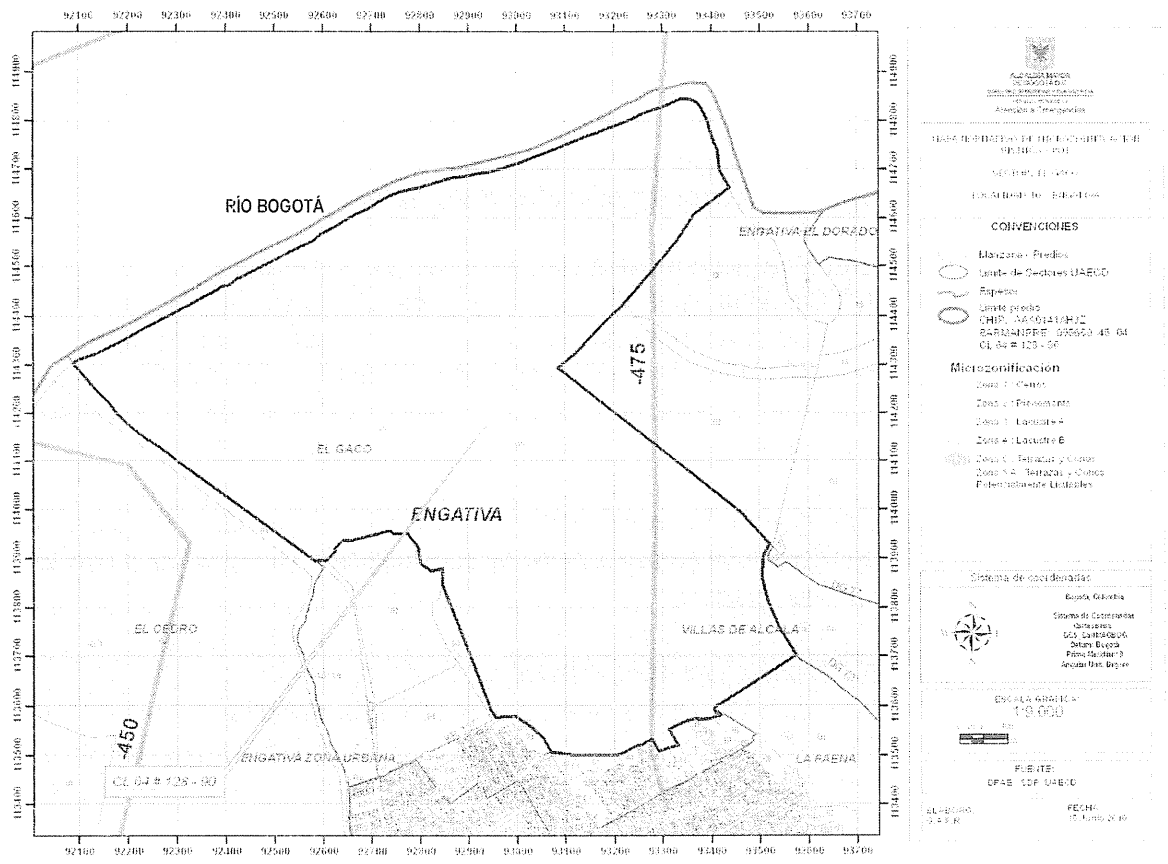
#### 4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "PARQUE CENTRAL DE OCCIDENTE"

De acuerdo con el consultor, el proyecto contempla la construcción de edificios con sótano y veintiún pisos de altura, con grandes plataformas entre torres que contarán con un sótano y un piso 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:

114200 N            92900 E

El informe "Informe de Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Parque Central de Occidente" fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma AUS Cia. Ltda., de un ensayo Down Hole realizado por la firma JEOPROBE Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.



**Figura 1. Localización del Proyecto Parque Central de Occidente**

**5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- RAD FOPAE: 2010ER8273, 2010ER8637**

El concepto técnico CT-5852 de Junio 22 de 2010 emitido por la DPAE relacionado con la primera revisión del estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación.

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

En los numerales 1.1 y 3.2 del informe, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la Zona 4 – Lacustre B 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.

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

**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.**

De acuerdo con el numeral 3 del informe, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma AUS Cia. Ltda. realizó catorce (14) perforaciones que alcanzaron profundidades entre 7 y 61.6 m; donde se obtuvieron muestras alteradas 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 y ensayos de veleta de corte de campo y los registros de los sondeos se presentan de manera anexa al informe en dos (2) planos.

Según el numeral 3.2 del informe, 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:

- De 0 a 2.9/4.6 m: Rellenos, escombros y basuras.
- De 2.9/4.6 a 6.3/8.4 m: Arcilla y limos arcillosos con consistencia media.
- De 6.3/8.4 a 8.7/14.8 m: Arena fina con lentes de limo con densidad media a compacta.
- De 8.7/14.8 hasta la profundidad de explotación (61.4 m): Arcillas con lentes de material orgánico de consistencia media.

Después de los 61.4 m y hasta los 500 m de profundidad, donde el consultor indica que se encuentra el contacto del depósito de suelo con la roca (basado en el mapa de espesores de sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá), el perfil geotécnico se complementó teniendo en cuenta la presencia de arcillas y limos plásticos, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo sísmico para la cuenca del Salitre y Fucha (HMV, 2003).

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 el numeral 3.2 y los anexos del informe, en el lugar del estudio se realizó un ensayo Down Hole en el sondeo 5 ejecutado por la firma JEOPROBE Ltda., el cual logró identificar el perfil de velocidad de onda de corte hasta una profundidad de 50 m. En la figura 3.6 del informe se presenta el perfil de velocidades interpretado. El perfil de Vs desde los 50 m a los 500 m de profundidad se adopta de acuerdo a las mediciones de la línea geofísica realizada en el Aeropuerto el Dorado. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. OFICINA DE PLANEACIÓN Y CONVIVENCIA ALTERNATIVA DE ATENCIÓN A EMERGENCIAS	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE          REVISIÓN DE ESTUDIOS DE          RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN          LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

Profundidad (m)	Vs (m/s)
0-6	151
6-10	314
10-25	155
25-50	187

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, se realizaron ensayos dinámicos a muestras obtenidas con tubo Shelby a las profundidades de 15.0, 25.5 y 56.0 m. Con estas muestras se ejecutaron pruebas de Bender Element y triaxial cíclico 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 3.8 y 3.9 del informe.

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.**

Según el numeral 2.4 del informe, se utilizaron un total de 14 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAAE 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.

- 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 3.1 y 3.2, mientras que las curvas dinámicas empleadas se presentan en la figura 3.10 del informe.

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

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 cinco (5) diferentes tipos de materiales y 34 estratos de suelo, desde superficie hasta 500 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso. En el numeral 3.2 del informe se describen los criterios empleados para la asignación de curvas dinámicas a cada uno de los materiales.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

Debido a que en los registros de perforaciones No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, y 14 del subsuelo realizados por la firma AUS y Cía. S.A. se identificaron capas de arenas saturadas, con número de golpes del ensayo SPT entre 16-40, por lo que es necesaria la evaluación del potencial de licuación.

Se solicita al consultor:

- Realizar un análisis de potencial de licuación para la zona de estudio.

El estudio NO 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.

Con base en los resultados de la modelación el consultor recomienda utilizar como espectro de diseño el mostrado en la Figura 3.23 del informe, el cual se presenta en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia en 0.165 g y asciende hasta 0.43 g en 0.3 segundos continuando con este valor hasta 0.55 segundos donde desciende hasta una aceleración de 0.33 g en 0.95 segundos donde se presenta una meseta hasta 2.2 segundos y finalmente se presenta un descenso hasta una aceleración de 0.07 g para un periodo de 5 segundos.

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

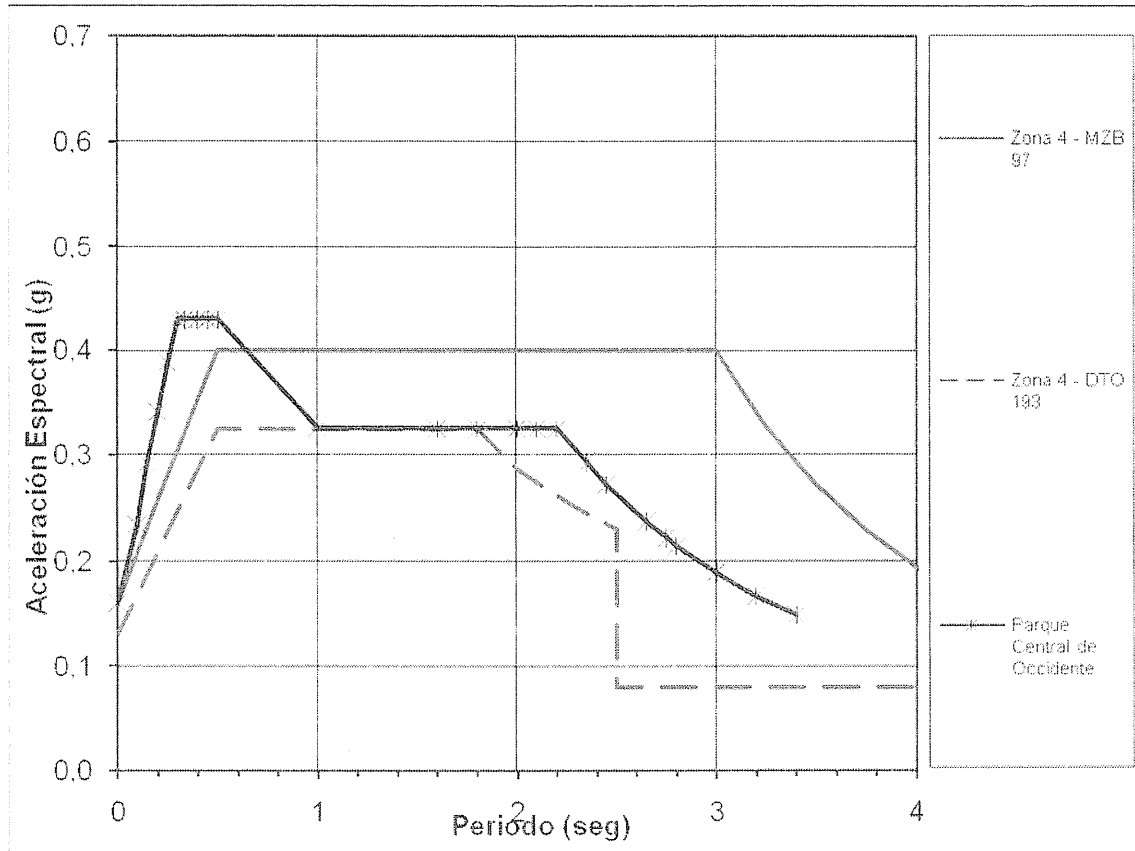


Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el Proyecto Parque Central de Occidente.

El cumplimiento de este numeral está condicionado a la revisión del numeral 5.7 del presente concepto.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

## 6 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO – RAD FOPAE: 2010ER9479

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del estudio "Informe de Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Parque Central de Occidente" que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio de las observaciones de la primera revisión, 2010ER9479 de 2 de Julio de 2010, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

El propósito de la revisión es corroborar 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.

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

**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,  $V_s$ , 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.).**

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

**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.**

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.



	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

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

De acuerdo con la información complementaria del oficio aclaratorio 2010ER9479 de 2 de Julio de 2010, el consultor realiza la evaluación del potencial de licuación para los sondeos No. 2, 6 y 9 para los cuales el factor de seguridad por licuación para las capas de arena analizadas es mayor a uno, lo que indica que son estratos no licuables.

Sin embargo, es importante aclarar que de acuerdo con lo enunciado en el oficio aclaratorio 2010ER9479, "(...) Se hace la anotación de que acuerdo con el Decreto 193 de 2006, la única Zona en donde es aplicable y necesaria la evaluación de licuación es en la Zona 5B donde se encuentran arenas limpias, finas y superficiales, con presencia de niveles freáticos altos lo cual contribuye en un detonante para que se presente alta susceptibilidad a la licuación (...)" el Decreto 193 de 2006 en el artículo No. 4 párrafo 8 indica lo siguiente "En la zona 5B. Terrazas y Conos potencialmente licuables debe evaluarse el potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse y el diseño debe considerar el resultado de esta evaluación. Para el efecto puede utilizarse el procedimiento dado en el Título H del Decreto Nacional 33 de 1998, en los otros decretos reglamentarios de la Ley 400 de 1997 y demás normas que la desarrollen o complementen. **Igual evaluación debe llevarse a cabo si en los perfiles del subsuelo se encuentran suelos susceptibles de licuación, a juicio del responsable del estudio geotécnico independientemente de la zona donde se ubiquen.**" por lo que es claro que la evaluación del potencial de licuación debe realizarse siempre y cuando se presenten condiciones potencialmente licuables, independiente de la zona de la microzonificación sísmica en que se encuentren.

Por otro lado, la licuación es un fenómeno que se presenta principalmente en capas de arena saturada en los primeros 20 m de profundidad de un depósito, debido a la tendencia de los suelos granulares a densificarse ante cargas y al exceso de la presión de poros generado por una carga rápida (sismo) en condiciones no drenadas lo cual reduce significativamente los esfuerzos efectivos de estrato y por tanto la capacidad portante del suelo. Lo anterior, de ninguna manera es evitado por la existencia de una capa de material fino en superficie y de hecho esto contribuye a que el exceso en la presión de poros en la capa de arena no se disipe fácilmente.

Si bien es cierto que el espesor de la capa superior al estrato licuable puede mitigar los efectos en superficie causados por la licuación (Towhata, 2008), daños significativos en cimentaciones profundas se puedan presentar por efecto de licuación subsuperficial, lo cual ha sido reportado ampliamente en literatura científica relativa al tema. Por lo que, el hecho de existir una capa superior al estrato de arena potencialmente licuable de material fino, no exime la posibilidad de que se presente licuación en capas de arena y por tanto la evaluación del potencial de licuación debe ser realizada.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

 <p>ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. GOBIERNO DE CALIDAD Y CONVIVENCIA Plan de Desarrollo Atención a Emergencias</p>	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	03
		Código Documental:	

**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.**

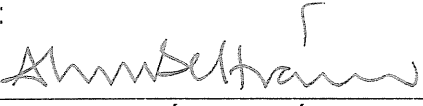


De acuerdo con la información complementaria del oficio aclaratorio 2010ER9479 de 2 de Julio de 2010, el consultor realiza la evaluación del potencial de licuación y de esta manera responde a los comentarios realizados en el numeral 5.7 del CT-5852 del 22 de Junio de 2010.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

**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.

<p>Elaboró:</p>  <p><b>ADRIANA LUCÍA BELTRÁN GALVIS</b> Ingeniera Civil, MCE-Geotecnia. M.P. 25202117150CND</p>	<p>Revisó:</p>  <p><b>FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA</b> Responsable de Grupo</p>
<p>Avaló:</p>  <p><b>GLADYS PUERTO CASTRO</b> Responsable de la Coordinación de Investigación y Desarrollo</p>	