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:	5440
1.2	ÁREA:	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
1.3	COORDINACIÓN:	CONCEPTOS TÉCNICOS
1.4	REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE:	2008ER14643, 2008ER16386
1.5	RESPUESTA OFICIAL No. RO:	33908

2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1	SOLICITANTE:	JOSÉ JOAQUÍN ÁLVAREZ CURADURÍA URBANA NO.4
2.2	PROYECTO:	EDIFICIOS PICASSO
2.3	LOCALIDAD:	11 SUBA
2.4	UPZ:	23 CASA BLANCA SUBA
2.5	BARRIO O SECTOR CATASTRAL:	GILMAR
2.6	DIRECCIÓN:	CALLE 160 ENTRE AV BOYACÁ Y CARRERA 63A
2.7	CHIP:	AAA0169DKWW
2.8	FECHA DE EMISIÓN:	5 DE ENERO DE 2009
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

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

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 "Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica de los Edificios del Proyecto Picasso" elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Calle 160 entre Av Boyacá y Carrera 63A de Bogotá. El cual fue radicado el 14 de Noviembre de 2008 mediante oficio 2008ER14643, por el Ing. José Joaquín Álvarez de la Curaduría Urbana No.4 y del oficio aclaratorio de observaciones de la primera revisión 2008ER16386 de diciembre 18 de 2008.

4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "EDIFICIOS PICASSO"

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de tres bloques de 2 torres cada uno. Las torres tendrán 17 pisos de altura y un sótano en toda el área, además contará con un salón comunal de dos 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:

116300 N 101200 E

El informe "Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica de los edificios del Proyecto Picasso" 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 ReMi (Refraction Microtremor) realizado por JEOPROBE Ltda.

5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- CONCEPTO TÉCNICO NO. CT-5413 (FECHA: 28/11/2008)

El concepto técnico 5413 de Noviembre 28 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

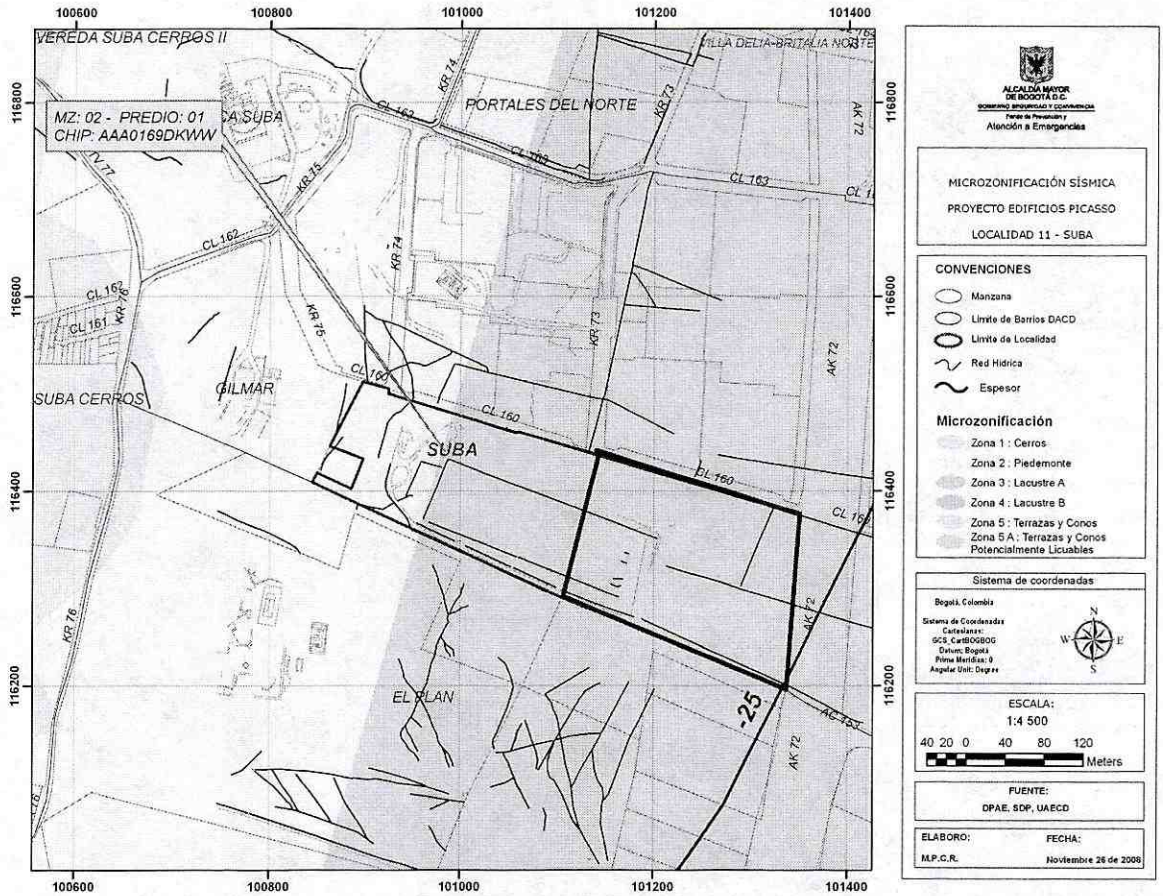


Figura 1. Localización del Proyecto Edificios Picasso.

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 franja de transición entre las Zonas 2 – Piedemonte y 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.

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,

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

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 1.3.2 del informe, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma LFO y Cía. Ltda. realizó diez (10) sondeos que alcanzaron profundidades entre 20 y 39 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 SPT. Según el numeral 3.2 del estudio, 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 0.3/0.9 m: Capa vegetal, rellenos de arcilla, tierra y escombros.
- De 0.3/0.9 a 2.1/4.3 m: Arcilla café de consistencia media a alta.
- De 2.1/4.3 a 12.2/20.7 m: Limo arcillosos café de consistencia blanda.
- De 12.2/20.7 hasta la profundidad de explotación (39 m): Roca meteorizada con intercalaciones de hasta 5 m de espesor de arcilla de consistencia dura.

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 ReMi (Refraction Microtemor) ejecutado por la firma JEOPROBE Ltda., el cual logró identificar el perfil de velocidad de onda de corte hasta una profundidad de 200 m. En la figura 3.6 del informe se presenta el perfil de velocidades interpretado a lo largo de la línea de medición. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-4	54	0.38
4-10	68	0.38
10-18	109	0.38
18-40	281	0.38
40-52	490	0.38
52-122	674	0.38
122-200	839	0.38

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

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

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. Sin embargo, en los registros de las perforaciones 1, 2, 5 y 8 aparecen muestras obtenidas con tubo shelby hasta profundidades de 24 m, que corresponden al estrato de limo arcilloso café de consistencia blanda del que se realizaron ensayos de compresión inconfinada y consolidación. Adicionalmente en los materiales empleados para los análisis se utiliza una curva que corresponde a un material fino, con un índice de plasticidad de 100, del que se pudieron tomar muestras inalteradas como se observa en los registros de perforación del estudio de suelos.

Por lo anterior y de acuerdo al artículo 7 del Decreto 193 de 2006, se solicita al consultor ejecutar los ensayos de laboratorio para determinar el comportamiento del módulo dinámico de cortante y la capacidad histerética de amortiguamiento, que cubran todo el intervalo de deformaciones dinámicas, de las muestras inalteradas representativas de los materiales del subsuelo que puedan ser muestreados.

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 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.

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 3.7 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. Por otro lado, dentro de los análisis se consideran cuatro (4) diferentes tipos de materiales y 10 estratos de suelo, desde superficie hasta 65 m de profundidad donde el consultor

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

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.

Se solicita al consultor explicar:

El criterio empleado para definir la profundidad a la que se encuentra el basamento rocoso, ya que en la exploración se alcanzó los 39 m de profundidad debido a la presencia de éste y en el modelo de análisis se utiliza una profundidad de 65 m.

El criterio empleado para asignar las velocidades de onda de corte en el modelo de análisis en los materiales encontrados entre los 0 y 10 m de profundidad; ya que los valores adoptados son superiores a los medidos en campo mediante el ensayo ReMi.

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 franja de transición entre las Zonas 2 – Piedemonte y 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.

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 atendidas las observaciones dadas en los numerales 5.4 y 5.6.

6 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO - RAD FOPAE: 2008ER16386.

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del estudio "Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica de los Edificios del Proyecto Picasso" que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio de observaciones de la primera revisión 2008ER16386 de Diciembre 18 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.

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

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 2008ER16386 de Diciembre 18 de 2008, el consultor anexa los resultados de ensayos dinámicos a muestras obtenidas con tubo Shelby a 6.5 y 18.5 m del sondeo 6, para cada profundidad se ejecutaron pruebas de Bender Elements y triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado.

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 2008ER16386 de Diciembre 18 de 2008, el consultor aclara que la profundidad del basamento rocoso es variable en el lote de estudio y se va profundizando hacia el oriente, por lo cual adoptó una profundidad de 65 m teniendo en cuenta la profundidad de la roca de un proyecto cercano. Por otro lado, el consultor explica que las velocidades obtenidas 0 y 11 m por la prueba geofísica no son representativas del tipo de material encontrado, por ello optó por modelar con valores típicos del material encontrado de acuerdo a otros proyectos y referencias bibliográficas.

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

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 3.34 del informe, el cual se presenta en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.39 g, luego asciende hasta 1.2 g en 0.3 segundos continuando con este valor hasta 0.4 segundos, donde desciende a 0.55 g a 0.7 segundos, para finalmente tomar los valores de espectro promedio de los mínimos de la Zona 2 – Piedemonte y Zona 3 – Lacustre A.

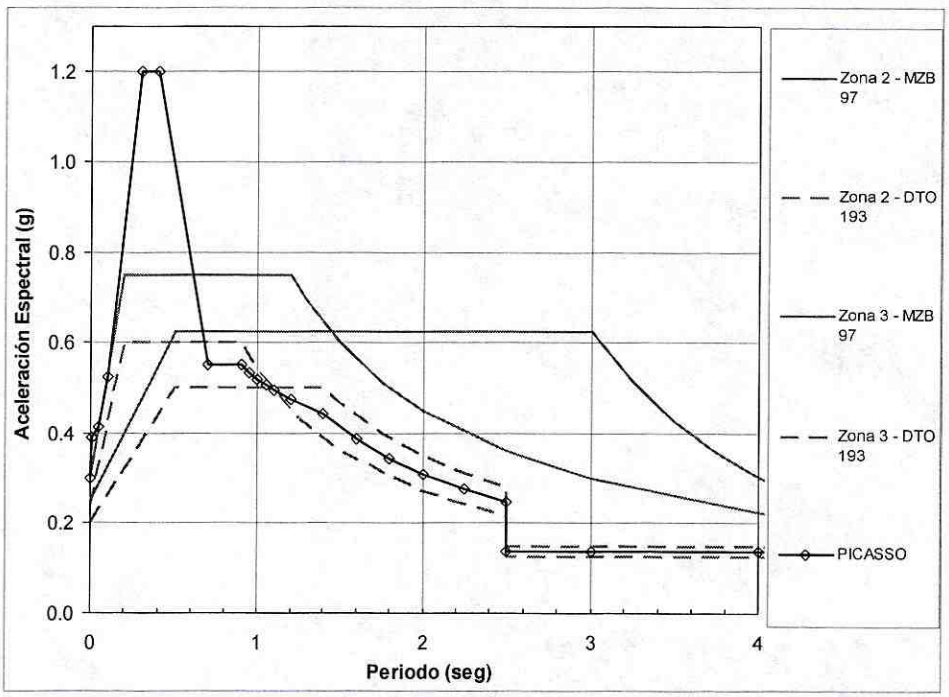


Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Edificios Picasso.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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: FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA.** Profesión: Ingeniero Civil, MSc Geotecnia. Matrícula Profesional: M.P. 25202093681 CND.	**Revisó:** **Nombre: OSCAR IVÁN CHAPARRO FAJARDO** Coordinación de Conceptos Técnicos
Aprobó: **Nombre: GERMÁN BARRETO ARCINIEGAS** Responsable Área de Investigación y Desarrollo	**Vo.Bo:** **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