## 1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

| | | |
|---|---|---|
| 1.1 | CONCEPTO TÉCNICO No. CT: | 5523 |
| 1.2 | ÁREA: | TÉCNICA Y DE GESTIÓN |
| 1.3 | COORDINACIÓN: | INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO |
| 1.4 | REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE: | 2009ER3259, 2009ER5056 |
| 1.5 | RESPUESTA OFICIAL No. RO: | 35980 |

## 2 INFORMACIÓN GENERAL

| | | |
|---|---|---|
| 2.1 | SOLICITANTE: | JUAN REINALDO SUARÉZ MEDINA CURADURÍA URBANA NO.1 |
| 2.2 | PROYECTO: | CHARRASCAL |
| 2.3 | LOCALIDAD: | 11 SUBA |
| 2.4 | UPZ: | 18 BRITALIA |
| 2.5 | BARRIO O SECTOR CATASTRAL: | SUBA CERROS II |
| 2.6 | DIRECCIÓN: | AVENIDA CARRERA 72 No.169B-49 |
| 2.7 | CHIP: | AAA0154JLDM |
| 2.8 | FECHA DE EMISIÓN: | 8 DE MAYO 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




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 "Informe de Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Charrascal" elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Avenida Carrera 72 No.169B-49 de Bogotá. El cual fue radicado el 17 de Marzo de 2009 mediante oficio 2009ER3259, por el Arq. Juan Reinaldo Suárez Medina de la Curaduría Urbana No.1 en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006. Posteriormente, el Ing. Jorge Alberto Rodríguez radicó el oficio aclaratorio de las observaciones de la primera revisión 2009ER5056 el Abril 22 de 2009.

## 4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "CHARRASCAL"

De acuerdo con el consultor, el proyecto contempla la construcción de seis edificios, cuatro de 16 pisos y dos de 12 pisos, con sótano y semisótano, en estructura convencional de concreto reforzado y un conjunto multifamiliar conformado por 10 casas de 2 pisos.

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

117850 N 100950 E

El informe "Informe de Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Charrascal" fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma AUS y Cía., de tres ensayos ReMi (Refraction Microtremor) realizado por JEOPROBE Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

## 5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- RAD FOPAE: 2009ER3259

El concepto técnico 5502 de Abril 13 de 2009 emitido por la DPAE relacionado con la primera revisión del 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

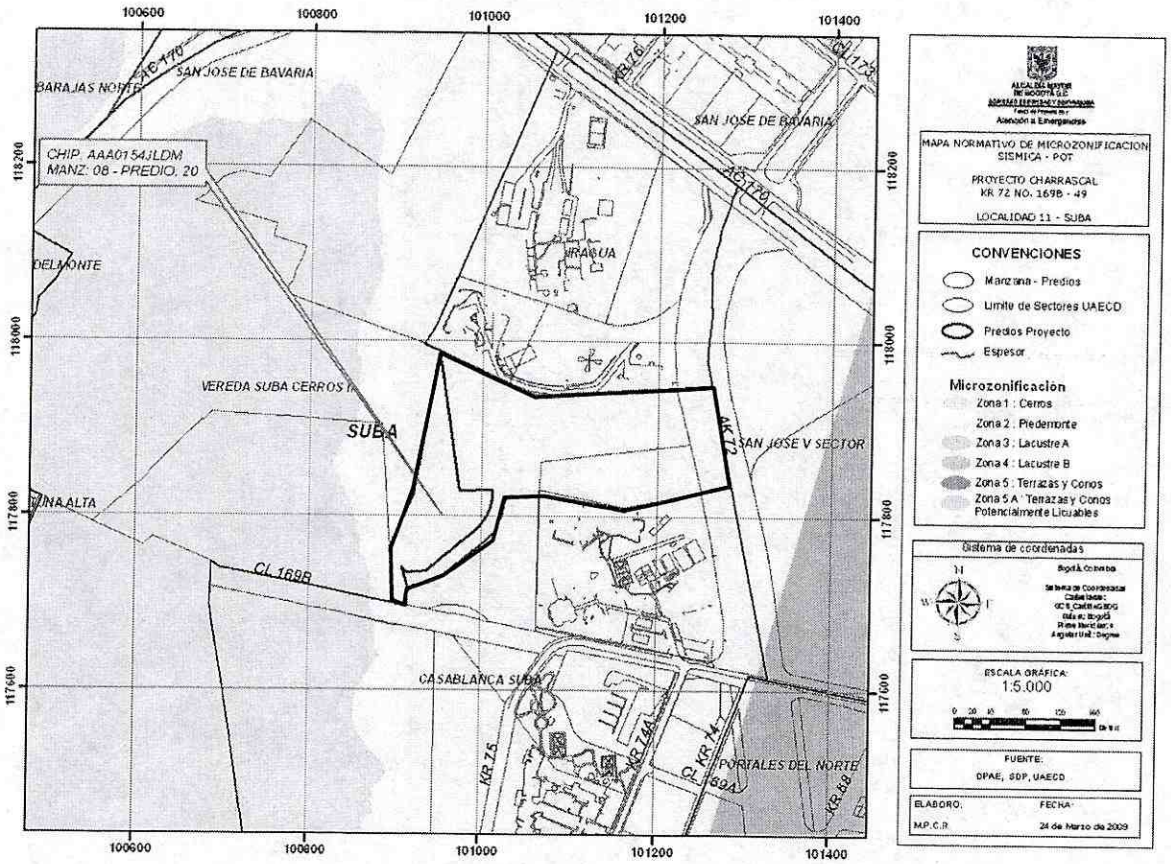



**Figura 1. Localización del Proyecto Charrascal.**

La revisión del informe presentado para el proyecto Charrascal 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 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.

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.

## 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 debido a la longitud se divide en tres zonas diferenciadas así: Superior que corresponde a la franja de transición de las zonas 1 –




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

Cerros y 2 – Piedemonte, Media que se localiza en la Zona 2 – Piedemonte e Inferior que corresponde a la franja de transición de 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, 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 AUS y Cía. Ltda. realizó once (11) sondeos que alcanzaron profundidades entre 7 y 39 m. De las perforaciones se obtuvieron muestras remoldeadas e inalteradas que se utilizaron para su clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. En la perforación 9 de 39 m se obtuvieron muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de las perforaciones junto con el plano de la localización se presentan anexos al informe.

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 para cada zona como se describe a continuación:

Zona superior:

- De 0 a 1.5/2 m: Arcilla de muy alta plasticidad y consistencia entre firme y muy firme.
- De 1.5/2 a hasta la profundidad máxima de explotación (6 m): Bloques de arenisca en matriz arcillo-arenosa muy compacta.

Zona media:

- De 0 a 3/4 m: Arcilla de muy alta plasticidad y consistencia entre firme y muy firme.
- De 3/4 a 4/7 m: Arcilla de muy alta plasticidad y consistencia entre muy blanda y media.
- De 4/7 a hasta la profundidad máxima de explotación (10 m): Bloques de arenisca en matriz arcillo-arenosa muy compacta.

Zona inferior:

- De 0 a 14/25 m: Arcilla de muy alta plasticidad y consistencia entre muy blanda y media.
- De 14/25 a 16/34 m: Arena arcillosa entre densa y muy densa.



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

- De 16/34 a hasta la profundidad máxima de explotación (39 m): Bloques de arenisca en matriz arcillo-arenosa muy compacta.

Con base en los resultados del ensayo geofísico y en las perforaciones realizadas en el sitio se determinó que la localización del basamento rocoso se encuentra entre 1.5 y 34 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 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 50 m. En la figura 3.5 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) |
|---|---|
| 0-3 | 213 |
| 3-7 | 430 |
| 7-10 | 547 |
| 10-15 | 758 |
| 15-24 | 909 |
| 24-50 | 1201 |

Se solicita al consultor anexar el registro del ensayo ReMi (Refraction Microtemor) debidamente firmado por un profesional responsable.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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 de triaxial cíclico de esfuerzo controlado y de Bender Elements a las muestras obtenidas con tubo Shelby a 8 y 20.5 m de profundidad. 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 memorias de cálculo del informe.

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

**5.5 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 empleados para modelar la zonas media e inferior 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 consideran dos (2) diferentes tipos de materiales y 7 estratos de suelo, desde superficie hasta 7 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso para la zona media y tres (3) diferentes tipos de materiales y 9 estratos de suelo, desde superficie hasta 35 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso para la zona inferior.

Debido a las condiciones topográficas del sitio se realizó una modelación bidimensional utilizando el programa de elementos finitos PLAXIS Professional V8, 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. En la figura 3.11 del informe se presenta el modelo empleado para los análisis, la distribución de materiales y el nodo en el que se calcularon las historias de aceleraciones. En la tabla 3.3 del informe se presentan las propiedades elásticas empleadas en los análisis.

El estudio CUMPLE 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 un sector comprendido por las zonas 1 – Cerros, 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.



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

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.**

Con base en la geología del sector y los resultados de la modelación, el consultor recomienda dividir el área del estudio en tres zonas con una respuesta de sitio similar. Los espectros de cada zona se presentan en las figuras 3.24, 3.25 y 3.26 de estudio y son presentados en la Figura 2 del presente concepto.

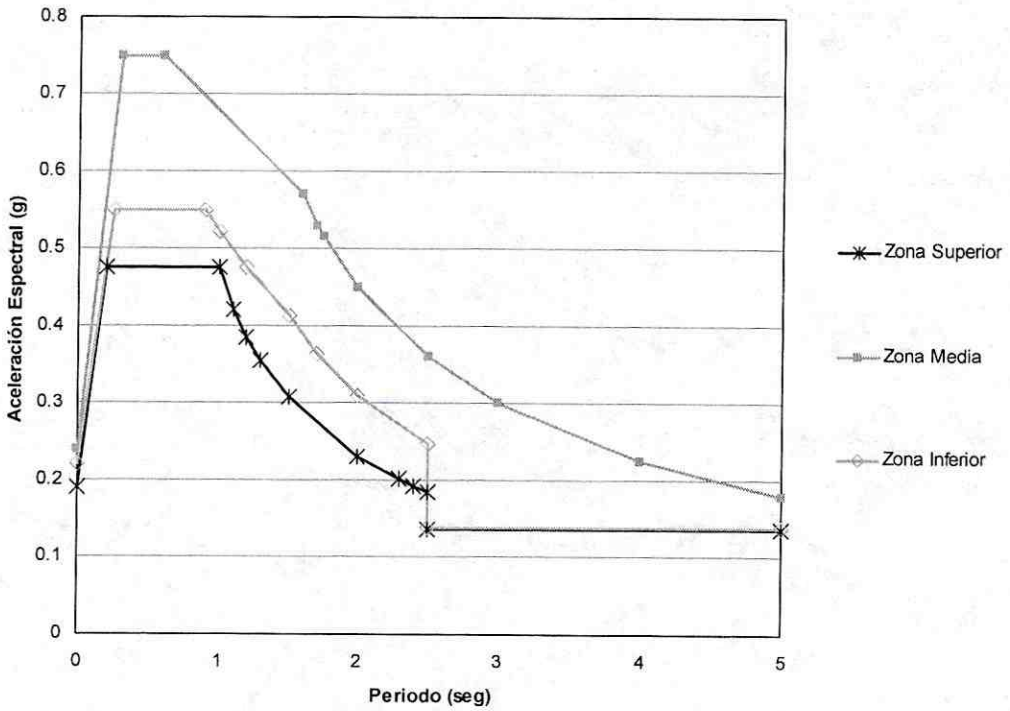



**Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Charrascal.**

Para la zona superior, localizada en el costado occidental del lote, se recomienda utilizar el espectro mínimo de zona 1 – Cerros hasta un periodo de 0.8 segundos extendiendo la meseta hasta 1 segundo. A partir de este valor el espectro toma el valor promedio de los espectros mínimos de las zonas 1 - Cerros y 2 – Piedemonte dados en el Decreto 193 de 2006.

Para la zona media el espectro propuesto inicia con una Sa de 0.22 g, luego asciende hasta 0.75 g en 0.3 segundos donde continua con este valor hasta los 0.6 segundos, descendiendo hasta 0.57 g para un periodo de 1.6 segundos. A partir de este punto se siguen los valores dados para el espectro de zona 2 – Piedemonte de la Microzonificación Símica de Bogotá.



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

Para la zona inferior, localizada en el costado oriental del lote, inicia con una Sa de 0.22 g, luego asciende hasta 0.55 g un periodo de 0.25 segundos, donde continua con este valor hasta 0.9 segundos, luego toma el valor promedio de los espectros mínimos de las zonas 2 – Piedemonte y 3 – Lacustre A dados en el Decreto 193 de 2006.

Sin embargo, el informe entregado no se encuentra debidamente firmado por el ingeniero responsable del mismo, por tanto se solicita anexar el informe debidamente firmado.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

## 6 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO - RAD FOPAE: 2009ER5056

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 Charrascal" que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio de las observaciones de la primera revisión 2009ER5056 el Abril 22 de 2009, 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.

Con el oficio aclaratorio 2009ER5056 de abril 22 de 2009 anexa el consultor el informe del ensayo de prospección geofísica ReMi (Refraction Microtemor), el cual está debidamente firmado por un profesional responsable.

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

**6.4 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.

**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 el oficio aclaratorio 2009ER5056 de abril 22 de 2009 anexa el consultor el capitulo 4 del "Informe de Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Carrascal", el cual está debidamente firmado por un profesional responsable y no presenta modificaciones algunas en su contenido con respecto al informe inicialmente enviado.

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

## 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: | Revisó: |
|---|---|
| **FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA**<br>Ingeniero Civil, MSc Geotecnia.<br>M.P. 25202093681 CND | **OSCAR IVÁN CHAPARRO FAJARDO**<br>Responsable de Grupo |

Avaló:

**GERMÁN BARRETO ARCINIEGAS**
Responsable de la Coordinación de Investigación y Desarrollo




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