1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

1.1	CONCEPTO TÉCNICO No. CT:	5304
1.2	ÁREA:	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
1.3	COORDINACIÓN:	CONCEPTOS TÉCNICOS
1.4	REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE:	2008ER3298, 2008ER5450 Y 2008ER8585
1.5	RESPUESTA OFICIAL No. RO:	31033

2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1	SOLICITANTE:	CAMILA CASTELL CÓRDOBA CURADURÍA URBANA NO.5
2.2	PROYECTO:	VUELTA AL CERRO
2.3	LOCALIDAD:	2 CHAPINERO
2.4	UPZ:	90 PARDO RUBIO
2.5	BARRIO O SECTOR CATASTRAL:	MARÍA CRISTINA
2.6	DIRECCIÓN:	CARRERA 1A No.63-50
2.7	CHIP:	AAA0193WYYN
2.8	FECHA DE EMISIÓN:	12 DE AGOSTO DE 2008
2.9	EJECUTOR DEL ESTUDIO:	ESPINOSA Y RESTREPO 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 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

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

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 **tercera revisión**, realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del informe *"Estudio de Microzonificación Local para el proyecto Vuelta al Cerro a construirse en la Carrera 1A No. 63-50 de Bogotá"* elaborado por el Ing. Carlos Restrepo, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 1A No. 63-50 de Bogotá. El cual fue radicado el 28 de Marzo de 2008 mediante oficio 2008ER3298, por la Ing. Camila Castell Córdoba de la Curaduría Urbana No.5 y de los oficios aclaratorios 2008ER5450 de Mayo 15 de 2008 y 2008ER8585 de Julio 17 de 2008 radicados por Espinosa y Restrepo S.A.

4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "VUELTA AL CERRO"

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de las siguientes estructuras: un edificio de treinta pisos más tres sótanos, un edificio de veintidós pisos más un semisótano y dos sótanos y una estructura menor de cuatro pisos diseñada para parqueaderos. Las estructuras se construirán con muros de carga.

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

105400 N 102550 E

El informe *"Estudio de Microzonificación Local para el proyecto Vuelta al Cerro a construirse en la Carrera 1A No. 63-50 de Bogotá"* fue elaborado por el Ing. Carlos Restrepo, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma Espinosa y Restrepo, un ensayo Down Hole realizado por la firma AM Ingenieros y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Universidad de los Andes.

5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- CONCEPTO TÉCNICO NO. CT-5213 (FECHA: 15/04/2008)

El concepto técnico 5213 de Abril 15 de 2008 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación.

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

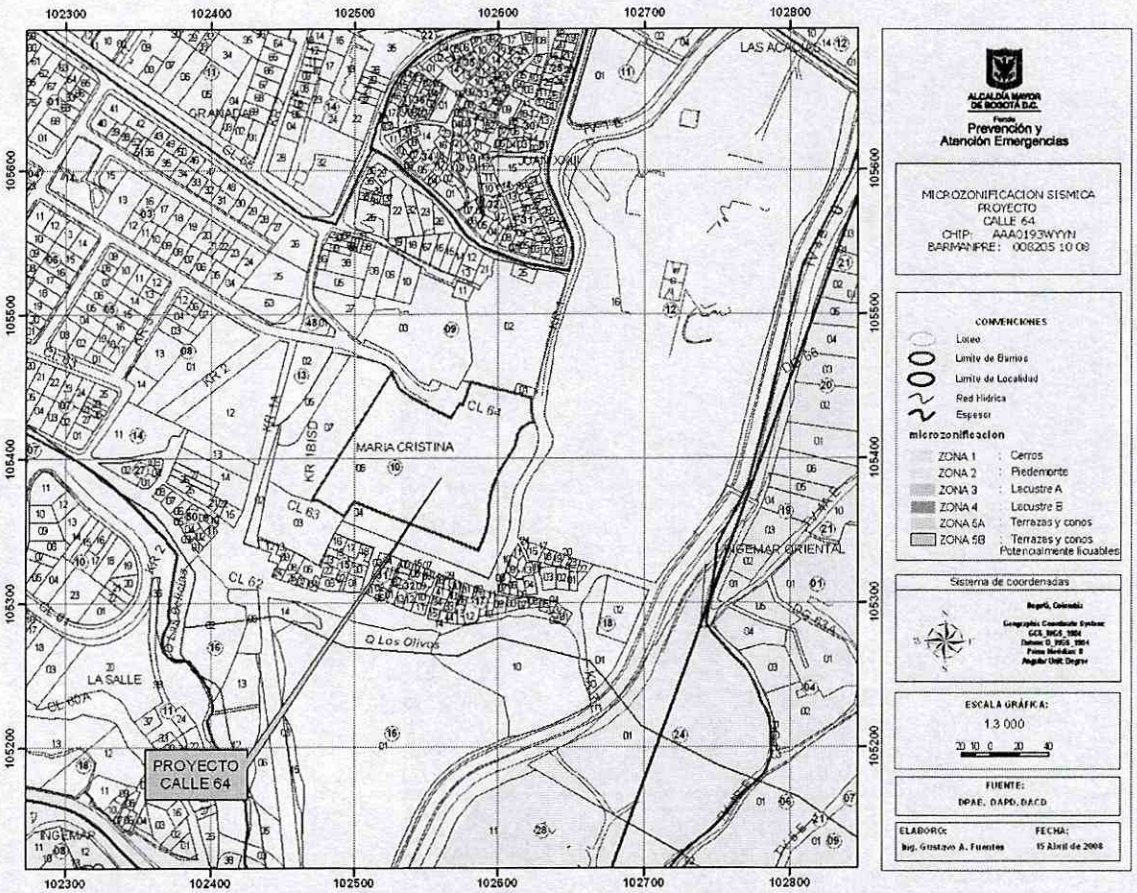


Figura 1. Localización del Proyecto Vuelta al Cerro.

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

En el numeral 1 del informe presentado por el consultor, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la franja de transición entre las zonas 1 (Cerros) y 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 estudios de zonificación incluidos en el proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

De acuerdo con el Numeral 2 y el Anexo 2 del informe, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el sitio del proyecto la firma Espinosa y Restrepo Ltda., realizó dos perforaciones que alcanzaron 20 y 24 metros, realizadas mediante un equipo de percusión y lavado, cuyos resultados se complementaron con ensayos de penetración estándar. 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 de 24 m se ejecutó la prueba de Down Hole, por parte de la firma de AM ingenieros, y 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 2.1 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 0.5/0.7 m: Relleno heterogéneo compuesto por escombros de arcilla.
- De 0.5/0.7 a 3.7/10.2 m: Arcilla limosa gris rojiza a arcillolita morada de consistencia muy dura.
- De 3.7/10.2 a 13.7/14.5 m: Gravas de arenisca embebidas en una matriz arcillosa muy compacta.
- De 13.7/14.5 a 19.5/24 m: Arcillolita roja o morada con lentes grises de consistencia muy 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 2.3, en el sondeo de 24 m se ejecutó un ensayo de Down-Hole realizado por la firma AM Ingenieros. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados del ensayo ejecutado en el sitio del proyecto.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-10	258	0.42
10-14	312	0.38
14-20	408	0.33

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.).

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

Debido a la presencia de arcillolitas y areniscas en las perforaciones realizadas, no se pudieron realizar ensayos de triaxial cíclico, solo se pudo realizar un ensayo de velocidad de onda cuyos resultados se presentan anexos al 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.

En el estudio se utilizaron un total de 16 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE, 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 bidimensionales mediante la utilización del programa Quake (Geo-slope Internacional, 2000), basado en el método de los elementos finitos que considera la propagación de ondas de corte horizontales 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. La malla utilizada para los análisis se presenta en la Figura 9, donde se indica el sitio del proyecto y nodo donde se registra la respuesta; mientras que las curvas asignadas a los diferentes estratos se presentan en las Figuras 10 a 19 junto con los criterios empleados para determinar el comportamiento dinámico.

Dentro del modelo bidimensional planteado por el consultor, se efectúa la discretización del medio teniendo en cuenta el criterio de la longitud de onda, planteando un modelo con un ancho de tres veces a profundidad a fin de evitar los efectos de borde.

Sin embargo, se solicita al consultor justificar por qué se emplearon curvas de degradación y amortiguamiento con base en formulaciones desarrolladas para suelos, a pesar de que en el sitio del proyecto se encontraron predominantemente materiales rocosos como areniscas y arcillolitas.

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 1 (Cerros) y 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.

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 los resultados de la exploración del subsuelo y de la modelación el consultor se reclasifica a Zona 1 (Cerros), proponiendo el espectro mostrado en la figura 42 y en la tabla 6 del informe, el cual se reproduce en la Figura 2 del presente concepto. El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.24 g aumentando linealmente hasta 0.6 g a los 0.2 segundos, luego continua con este valor hasta los 0.6 segundos donde desciende a una Sa de 0.475 g, la cual se mantiene constante hasta los 0.8 segundos, finalmente desciende de manera proporcional al inverso del periodo.

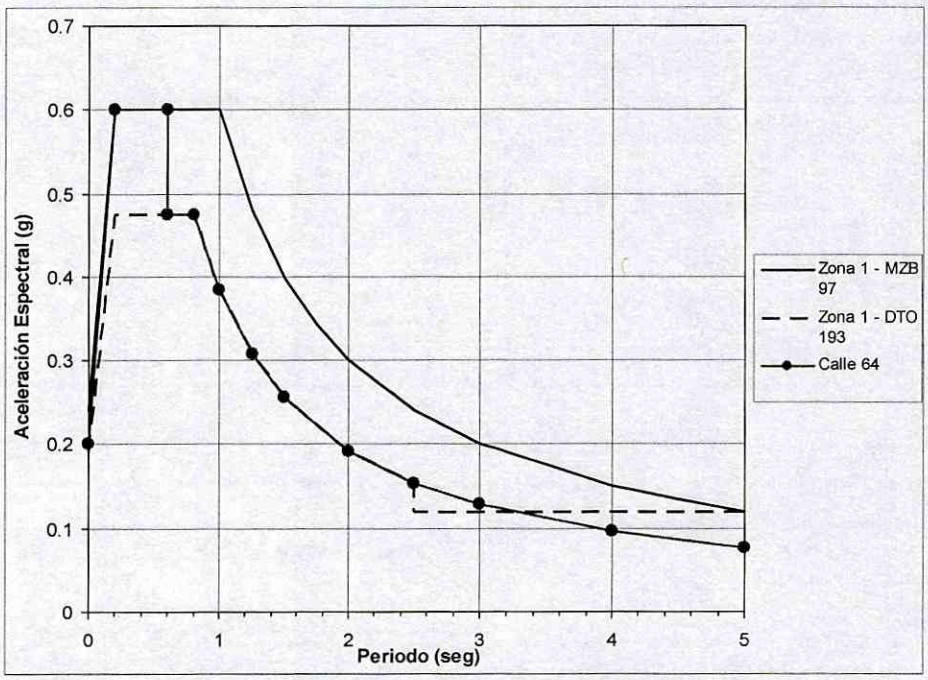


Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto que no cumple.

Sin embargo, se solicita al consultor ajustar el espectro propuesto para los periodos superiores a 3.2 segundos ya que es inferior a los valores mínimos dados en el Decreto 193 de 2006, además se observa que el espectro propuesto no representa los resultados de las modelaciones para los periodos comprendidos entre 0.2 y 0.6 segundos, donde los espectros de respuesta obtenidos para las fuentes local e intermedia superan ampliamente el valor recomendado.

Por otro lado, el cumplimiento de este numeral está condicionado, además de la observación anterior, a la aclaración del punto 4.6 del presente concepto.

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 NO CUMPLE con este requerimiento.

6 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO CONCEPTO TÉCNICO NO. CT-5260 (FECHA: 17/06/2008)

El concepto técnico 5260 de Junio 17 de 2008 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación.

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.).

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.

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

En el oficio aclaratorio 2008ER5450 de Mayo 15 de 2008 el consultor explica, que debido a las bajas velocidades de onda de corte obtenidas para los estratos de arcillolita mediante el ensayo Down Hole (408 m/s), se optó por tomar curvas de degradación del módulo y de amortiguamiento de suelos para modelar el comportamiento dinámico de los estratos de arcillolita. Por lo anterior y de acuerdo al numeral 5.2 se observa que el espesor del depósito es mayor a 19.5 m, siendo el modelo geológico geotécnico representativo de la Zona 2 - Piedemonte.

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.

En el oficio aclaratorio 2008ER5450 de Mayo 15 de 2008 el consultor aclara que se presentan dos espectros de diseño, que dependen del periodo fundamental de la estructura a construir. Para estructuras con periodos fundamentales menores a 0.6 segundos emplea el espectro de zona 1 y para periodos mayores a 0.6 recomienda el mínimo de la zona 1.

Sin embargo, se reitera que el espectro propuesto no representa adecuadamente el resultado de las modelaciones y que la reclasificación propuesta a Zona 1 se debe reconsiderar teniendo en cuenta que la profundidad a la que se encuentra la roca que es superior a 19.5 m, tal como se explica en la respuesta a la observación 4.6 del oficio aclaratorio 2008ER5450. Lo anterior, junto con los resultados de las modelaciones indican que el sitio corresponde a la Zona 2 - Piedemonte de acuerdo con el artículo 2 y numeral 7 del artículo 4 del Decreto 193.

Se aclara que el espectro de diseño solicitado corresponde a la respuesta de sitio a nivel de superficie, para un cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico y que es independiente del periodo fundamental de estructura a construir, por lo cual no es adecuado presentar dos espectros de respuesta para un mismo sitio de estudio.

El estudio NO CUMPLE con este requerimiento.

7 TERCERA REVISIÓN DEL ESTUDIO - RAD FOPAE: 2008ER8585

La tercera revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del estudio *"Estudio de Microzonificación Local para el proyecto Vuelta al Cerro a construirse en la Carrera 1A No. 63-50 de Bogotá"* que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio 2008ER8585 de Julio

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

17 de 2008, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

7.2 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.

7.3 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.

7.4 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.

7.5 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.

7.6 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 2008ER8585 de Julio 17 de 2008, el consultor justifica la utilización de curvas de degradación del módulo y de amortiguamiento obtenidas a partir de formulaciones hechas para suelos, con base en los resultados de ensayos a materiales similares encontrados en el proyecto Plaza 39. Además se aclara que el contacto con el basamento rocoso se encuentra entre los 13.7 a 14.5 m de profundidad.

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.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

7.8 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 las Figuras 40, 41 y 42 del informe, el cual se presenta en la Figura 3 del presente concepto. El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.24 g, asciende linealmente hasta 0.6 g en 0.2 segundos, donde continua con este valor hasta 0.6 segundos, desde donde desciende para tomar los valores de espectro mínimo de la Zona 1 dados en el Decreto 193 de 2006.

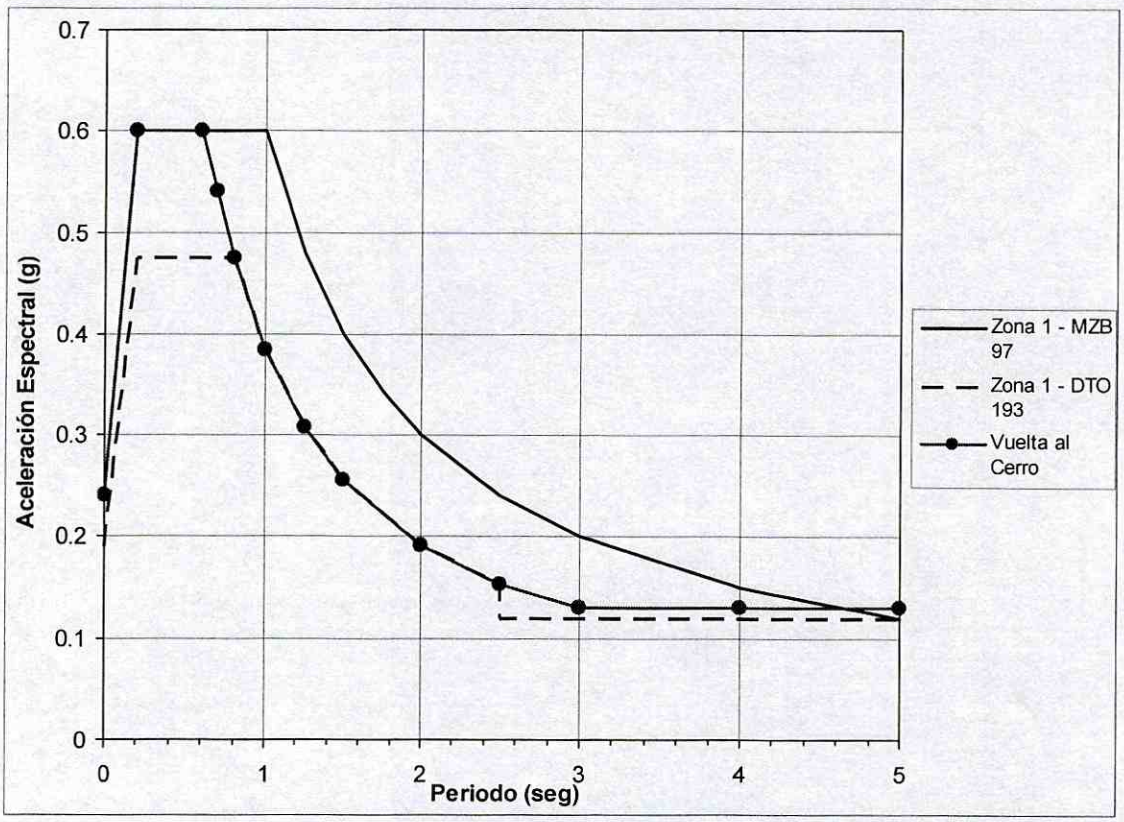


Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Vuelta al Cerro.

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

8 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: GERMÁN BARRETO ARCINIEGAS** Subdirección de Investigación y Desarrollo	**Vo.Bo:** **Nombre: GUILLERMO ESCOBAR CASTRO** Dirección

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