



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5025
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local
de Amplificación de Ondas Sísmicas
Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE: Ing. José Joaquín Álvarez - Curaduría Urbana No 4
PROYECTO: **ALTOS DE SAN ANTONIO**
LOCALIDAD: 11 Suba
UPZ: 23 Casa Blanca Suba
BARRIO: Gilmar
DIRECCIÓN: Carrera 74 No. 160-25
CHIP: AAA0122KEMR
TIPO DE RIESGO: Sísmico
EJECUTOR: JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION: Noviembre 2 de 2007

2 ANTECEDENTES

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 efectos topográficos, cuando sea del caso. Adicionalmente, el parágrafo único del artículo 7 del Decreto 193 de 2006, establece que la



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 del Proyecto Altos de San Antonio*" elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 74 No.160-25. El cual fue radicado el 28 de Septiembre de 2007 mediante oficio ER-13054, por el Ing. José Joaquín Álvarez de la Curaduría No.4 como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006. Éste fue complementado mediante el oficio ER-13540 radicado el 08 de Octubre y la segunda revisión se realiza con base en el oficio de respuesta de observaciones radicado ER-14427 del 24 de Octubre por parte de la firma Jeoprobe Ltda.

El propósito de la revisión es verificar 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.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el estudio de suelos, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de 10 torres de 7 pisos de altura con niveles de sótano y semi-sótano. Las torres se construirán en sistema estructural convencional de pórticos de concreto, con luces entre columnas hasta de 6 m.

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

116650 N 100900 E

El informe "*Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Altos de San Antonio*" fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma Espinosa y Restrepo Cia Ltda, del ensayo Down Hole ejecutado por la firma AM Ingenieros Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

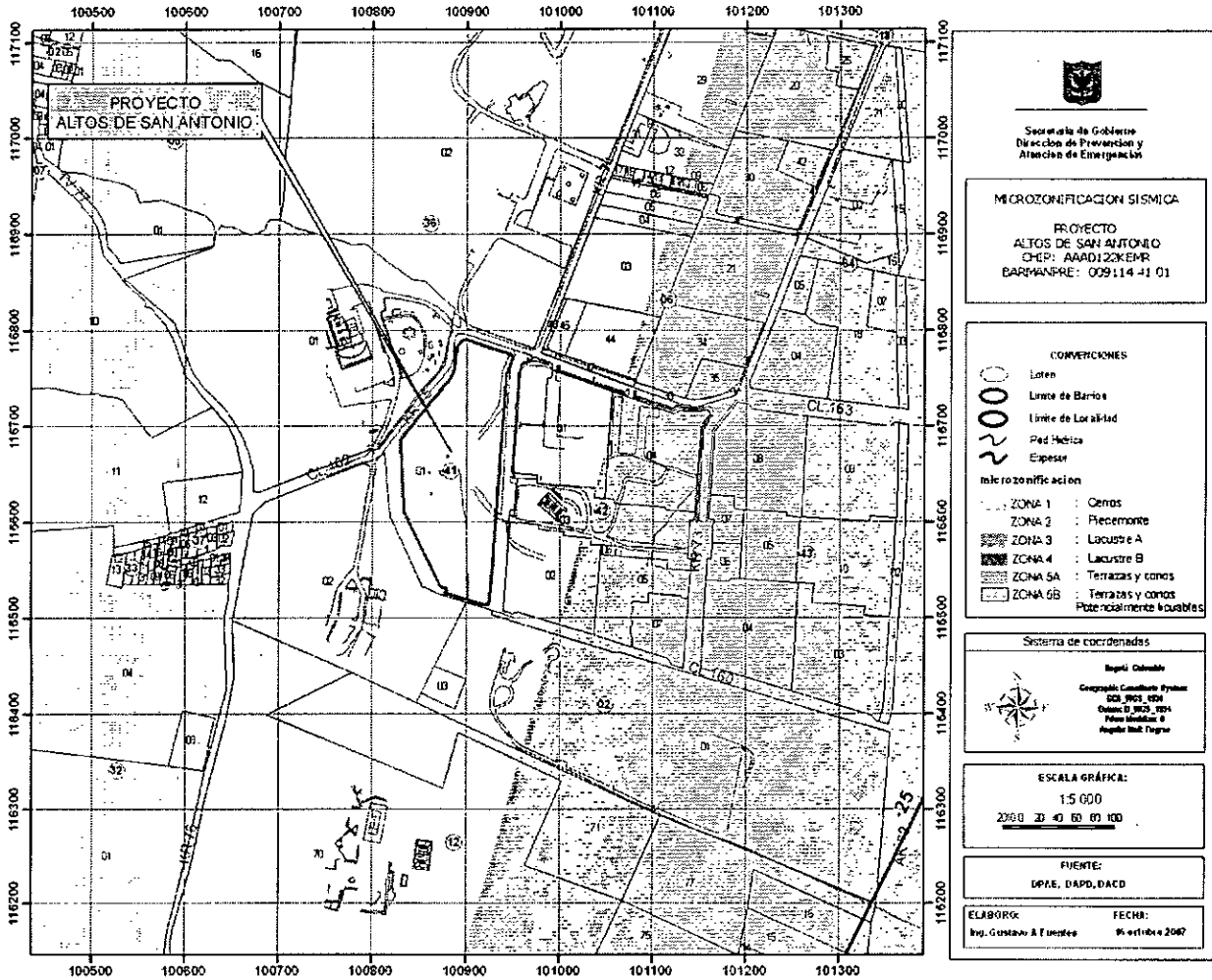


Figura 1. Localización del Proyecto Altos de San Antonio.

4 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (OCTUBRE DE 2007)

El concepto técnico 5012 de octubre de 2007 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación:

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





ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

En el numeral 1.1 y 3.2, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la franja de transición entre la Zona 2 y la Zona 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.

4.2 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 los Numerales 1.3.2 y 3.2, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma Espinosa y Restrepo y Cia Ltda. realizó once (11) sondeos que alcanzaron profundidades entre 4 y 30 m; donde se obtuvieron muestras remoldeadas 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. En el sondeo S-1 se realizó el ensayo Down Hole y se obtuvo una muestra inalterada para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de perforación de los sondeos 1 a 10 junto con el plano de la localización se presentan anexos al informe.

Según el numeral 3.1 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 0.5/1.5 m: Capa vegetal y/o relleno compuesto de limo carmelito a negro de consistencia dura a muy dura.
- 0.5/1.5 a 2.5/12.5 m: Arcilla limosa y/o limo arcilloso carmelito oscuro a gris con intercalaciones de arena limosa, presencia de turbas y gravas de arenisca, de consistencia variable entre muy dura a muy blanda.
- 2.5/12.5 a 8/20 m: Coluvión formado por gravas de arenisca arcillosa carmelita a habana con una densidad entre compacta y muy compacta.
- 8/20 a 16.5/30 m: Arcillolita y/o limonita carmelita oscura con vetas habas y rojizas de consistencia dura a muy dura.

En este lugar a partir de la exploración del subsuelo se identifica la roca a una profundidad que varía entre 15 y 30 m.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Sin embargo el consultor debe aclarar los siguientes aspectos:

- Es necesario anexar el registro y localización del sondeo 11.
- Es necesario aclarar en que sondeo ejecutó el ensayo Down Hole, ya que el sondeo S-1 solo alcanza los 20 m de profundidad y el registro del ensayo Down Hole muestra que se alcanzó una profundidad de 25 m, por lo cual se debe anexar el registro y la localización de la perforación donde se realizó la prueba.
- Se solicita aclarar el sondeo del cual fue tomada la muestra inalterada para ejecutar los ensayos dinámicos, ya que en el registro de la perforación S-1 no se observa la recuperación de muestras inalteradas.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

4.3 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 en el sitio del proyecto se realizó un ensayo Down Hole, a una profundidad de 25 m, y en los anexos se presenta el registro de dicho ensayo realizado por la firma AM Ingenieros. En la siguiente tabla se resumen los valores del perfil de velocidad de onda, determinado a partir de los resultados de la prueba Down-Hole. Así mismo, se incluyen los valores de la relación de Poisson, obtenidos de los datos de Vs y Vp de campo.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-4	115	0.45
4-6	155	0.40
6-7	232	0.19
7-12	226	0.21
12-14	193	0.32
14-19	213	0.39
19-25	362	0.38

El estudio CUMPLE con este requerimiento.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

4.4 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.).

Se realizaron ensayos dinámicos a una muestra obtenida con tubo Shelby a 9.5 m de profundidad. Para esta profundidad se ejecutaron pruebas de Bender Elements y triaxiales cíclicos 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 3.7 y 3.8 del informe.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

4.5 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 14 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.

4.6 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 características de los materiales se indican gráficamente en la Figura 3.9.

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 dos (2) tipos de materiales y 3 estratos de suelo, desde superficie hasta 25 m de profundidad donde el consultor consideró se localiza en contacto con el basamento rocoso.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Debido a que la pendiente del terreno es superior a 10 grados, en el estudio se realizan análisis bidimensionales mediante 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.

Sin embargo es necesario que el consultor aclare:

- En la figura 3.13 a que material corresponde cada capa del modelo y los nodos en los que se determinaron las historias de aceleraciones.
- Explicar las diferentes suposiciones consideradas en el análisis bidimensional, indicar los valores de los parámetros alfa y beta considerados en éste y aclarar porqué se utilizaron valores de velocidad de onda de corte en la modelación bidimensional, diferentes a los valores obtenidos mediante el ensayo Down Hole.

Adicional a lo anterior, el cumplimiento de este numeral esta condicionado a las aclaraciones del punto 4.2 y se sugiere utilizar las señales que actualmente se encuentran aprobadas por parte de DPAAE en la página:

www.sire.gov.co/portal/pagē/portal/sire/gestionRiesgo/Sismo/registroSismo.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

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

Debido a que el sitio del estudio se encuentra en la zona de transición entre la Zona 2 y la Zonas 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.

4.8 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 se aclaren por parte del consultor todas las observaciones anteriores.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

5. SEGUNDA REVISION DEL ESTUDIO

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del "Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Altos de San Antonio" que se remite como estudio sísmico local y del oficio complementario ER-13540 del 08 de Octubre y del oficio aclaratorio ER-14427 del 24 de Octubre de 2007, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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 oficio aclaratorio ER-14427 del 24 de Octubre de 2007, el consultor anexa el registro y localización del sondeos S-11 que alcanzo una profundidad de 25m, y aclara que en este sondeo fue donde se realizó la prueba de Down-Hole y se obtuvo la muestra inalterada a 9.5 m para realizar los ensayos dinámicos.

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

- 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.).**

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

- 5.5 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.

- 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 oficio aclaratorio ER-14427 del 24 de Octubre de 2007 el consultor presenta:

- La localización de cada uno de los materiales empleados en el modelo bidimensional y los nodos donde determinó la historia de aceleraciones.
- Los parámetros alfa y beta empleados en la modelación bidimensional.
- Explica que los valores de onda de corte empleados en la modelación bidimensional son los compatibles con la deformación obtenida en los modelos unidimensionales.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 reclasifica es sitio del proyecto a la zona 3 y recomienda utilizar como espectro de diseño el mostrado en la Figura 3.19 del informe y en la Figura 2 del presentes concepto. El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.2 g, el cual asciende linealmente hasta 0.5 g en 0.2 segundos, continuando con este valor hasta 1.4 segundos donde desciende y toma los valores de espectro mínimo de la Zona 3 dados en el decreto 193 de 2006.

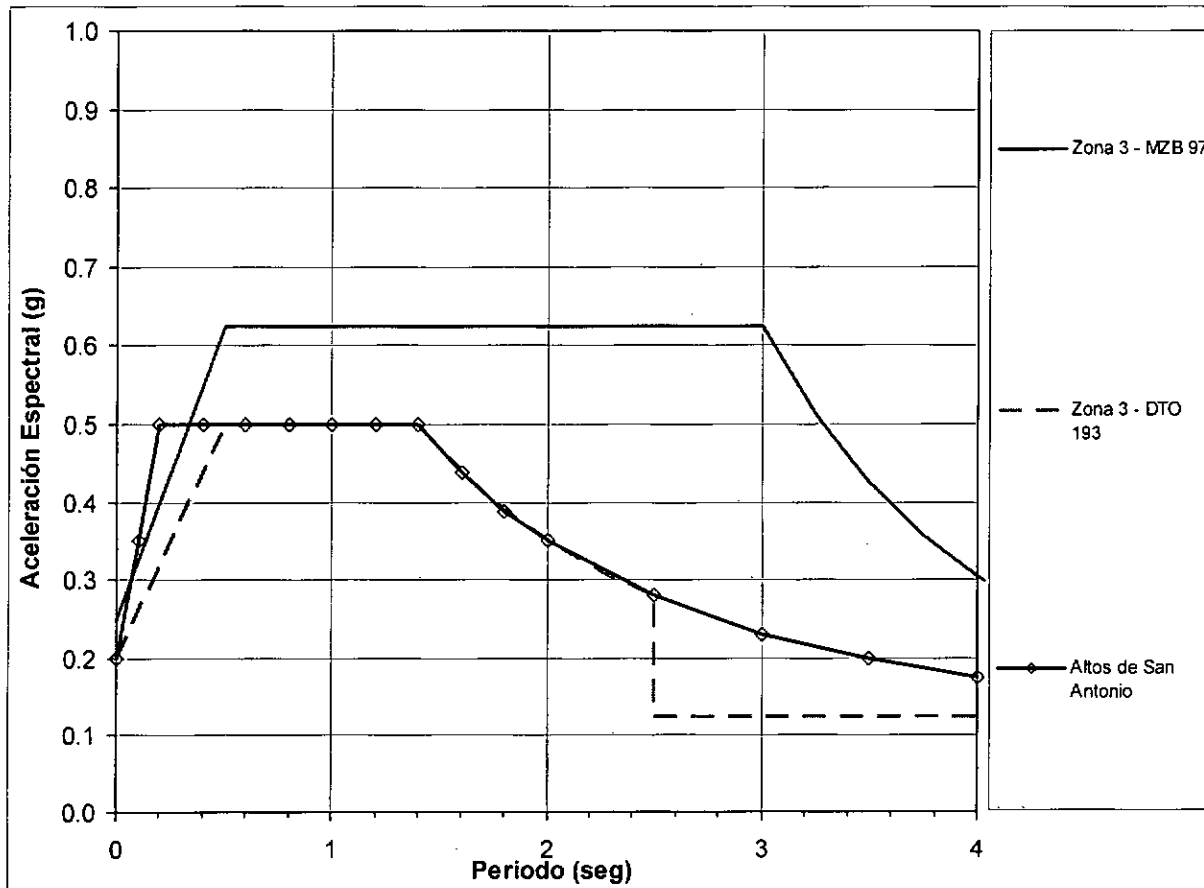


Figura 2. Espectro de diseño recomendado del proyecto Altos de San Antonio.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

6 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 mínimos 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

FERNANDO JAVIER DÍAZ P.
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia
M.P. 25202-093681 CND

Aprobó

GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ
Subdirector Investigación y Desarrollo

Vo.Bo.

DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS
DIRECTORA