



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Fondo
Prevención y
Atención Emergencias

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5178
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local
de Amplificación de Ondas Sísmicas
Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE: Ing. Camila Castell Córdoba – Curaduría Urbana No. 5
PROYECTO: YACALI
LOCALIDAD: 11 Suba
UPZ: 27 Suba
BARRIO: El Pino
DIRECCIÓN: Carrera 103B No. 151-50
CHIP: AAA0154NFBR
TIPO DE RIESGO: Sísmico
EJECUTOR: JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION: Marzo 6 de 2008

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



CT - 5178 Yacali_2rev - 1

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN 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 Yacali*" elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 103B No. 151-50, que se remitió como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006

La solicitud de revisión del estudio fue radicada mediante el oficio 2008ER232 por la Curaduría Urbana No 4 el día 11 de enero de 2008 y la respuesta de observaciones se radicó el día 21 de febrero de 2008 mediante el oficio 2008ER1856 por parte de la firma JEoprobe Ltda.

3- GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de torres de 16 pisos de altura, con sótano y parqueadero en el primer piso.

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

117000 N 98400 E

El informe "*Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Yacali*" fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma AUS y Cía. Ltda., el ensayo Down Hole ejecutado por la firma Ulloa y Diez Ltda. y los resultados del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

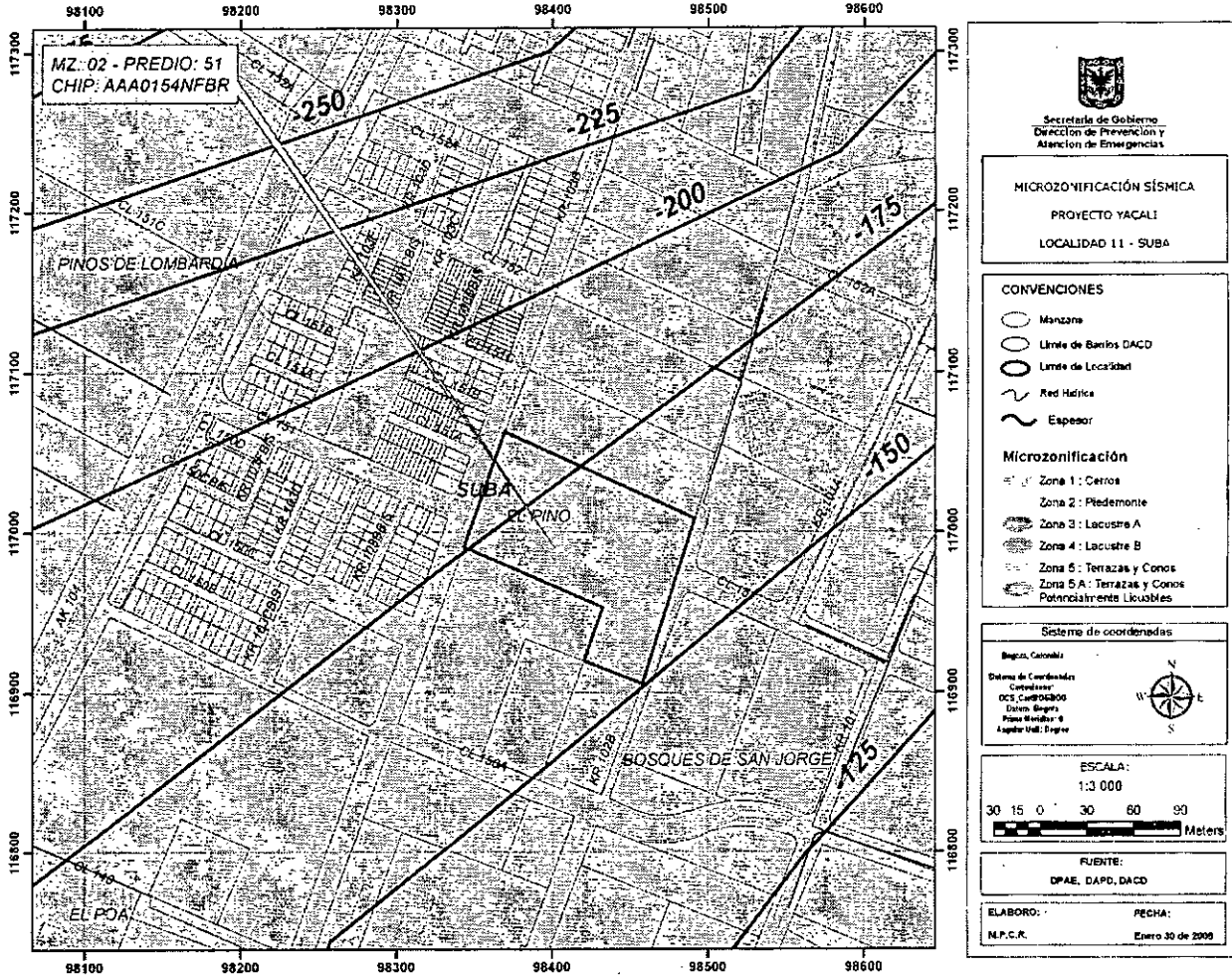


Figura 1. Localización del Proyecto Yacali.

4 REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe presentado para el proyecto Yacali 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 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.

El concepto técnico 5129 de Febrero 12 de 2008 emitido por la DPAAE 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.

En el numeral 1.1 y 3.2, 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.

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 AUS y Cía. Ltda. realizó diez (10) sondeos que alcanzaron profundidades entre 6 y 55 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 y de veleta de corte. Adicionalmente, en el sondeo P-6 de 55 m de profundidad, se ejecutó el ensayo Down Hole por parte de la firma Ulloa & Diez Ltda., de este sondeo se tomaron muestras en tubo Shelby sobre las que se hicieron los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades dinámicas. Los registros de las perforaciones junto con el plano de la localización se presentan anexos al informe.

Según el numeral 3.2 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 0.3/0.8 m: Rellenos de escombros y capa vegetal.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Fondo
Prevención y
Atención Emergencias

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

- De 0.3/0.8 a 1.5/1.6 m: Arcillas café de consistencia media.
- De 1.5/1.6 a 1.9/2.2 m: Arcilla gris de consistencia media a blanda.
- De 1.9/2.2 a 21.6 m: Arcilla gris oscura de consistencia blanda.
- De 21.6 a 22.5 m: Limo arcilloso orgánico de consistencia media.
- De 22.5 hasta la profundidad de explotación (55 m): Arcilla de color café de consistencia media.

Después de los 55 m y hasta los 320 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 la Formación Sabana hasta 100 m, la cual se encuentra subyacida por los depósitos arenosos de la Formación Subachoque, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo sísmico para la cuenca del Salitre (HMV, 2003)

Sin embargo, de acuerdo con el mapa de espesores de sedimento presentado en la figura 1 del presente concepto, se observa que el basamento rocoso se encuentra a 175 m +/- 50 m, por lo cual la profundidad aproximada es inferior a 225 m. Luego es necesario, que el consultor ajuste el perfil geotécnico al espesor del mapa de sedimentos de acuerdo con el artículo 7 numeral 5 del Decreto 193 de 2006.

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 los numerales 1.3.2 y 3.2, en el sondeo P-6 se realizó un ensayo de Down-Hole a una profundidad de 55 m ejecutado por la firma de Ulloa & Diez Ltda. En la figura 3.4 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio y de los proyectos Villas del Pinar, Uganda y Centro Comercial Tu Casa, comparados con la correlación propuesta por Rodríguez y Escallón en 2006. El perfil de Vs hasta 100 m donde se estima la presencia de la transición con la Formación Subachoque se definió extrapolando los resultados del ensayo Down Hole, desde los 100 m hasta 120 m se adopta una zona de transición entre las Formaciones Sabana y Subachoque y a partir de los 120 m de profundidad el perfil de velocidades se adopta aumentando la velocidad en proporción a un exponente de 0.5 de la profundidad, para tener en cuenta el efecto del confinamiento. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.



CT - 5178 Yacali_2rev - 5

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Profundidad (m)	Vs (m/s)	v
0-35	134	0.43
35-50	154	0.43

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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 las muestras obtenidas con tubo Shelby a 13, 31 y 52 m de profundidad, en el sondeo P-6. Para estas profundidades 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 3.6 y 3.7 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 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.

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



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Fondo
Prevención y
Atención Emergencias

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

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 3.8 y los criterios empleados para la asignación de curvas dinámicas se presentan en el numeral 3.2.

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 tres (4) tipos de materiales y 49 estratos de suelo, desde superficie hasta 320 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza el contacto con el basamento rocoso.

Sin embargo es necesario que el consultor:

- Ajuste el perfil análisis de acuerdo con la profundidad presentada en el mapa de espesores de sedimento del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

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 4 (Lacustre B) 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 el consultor cumpla con las aclaraciones de los puntos 4.2 y 4.6 del presente concepto.



CT - 5178 Yacali_2rev - 7



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Fondo
Prevención y
Atención Emergencias

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del proyecto Yacali a construirse en la Carrera 103B No 151-50 que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER1856 de Febrero 21 de 2008, 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.

En el oficio aclaratorio ER1856 de Febrero 21 de 2008, el consultor indica que se encuentra el contacto del depósito de suelo con la roca a 225 m de profundidad, basado en el mapa de espesores de sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5.3 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.

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



CT - 5178 Yacali_2rev - 8

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 ER1856 de Febrero 21 de 2008, el consultor ajusta el perfil de análisis y presenta los nuevos resultados de las modelaciones, con una profundidad de 225 m de acuerdo con la observación del numeral 4.6.

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.

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 y acatando la observación dada en el numeral 4.6, el consultor recomienda utilizar como espectro de diseño el mostrado en la Figura 11 del oficio aclaratorio ER1856 del 21 de Febrero de 2008, el cual es diferente al espectro inicialmente propuesto para los periodos comprendidos entre 0.01 y 1 segundos, tal como se presenta en la Figura 2 del presente concepto.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Fondo
Prevención y
Atención Emergencias

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

El espectro propuesto inicia con una S_a de 0.2 g, el cual asciende hasta 0.6 g entre 0.33 y 0.41 segundos, luego desciende a 0.5 g entre 0.46 y 0.65 segundos y baja a 0.38 g entre 0.78 y 0.97 segundos, finalmente desde 1 segundo toma los valores de espectro mínimo de la Zona 4 dados en el Decreto 193 de 2006.

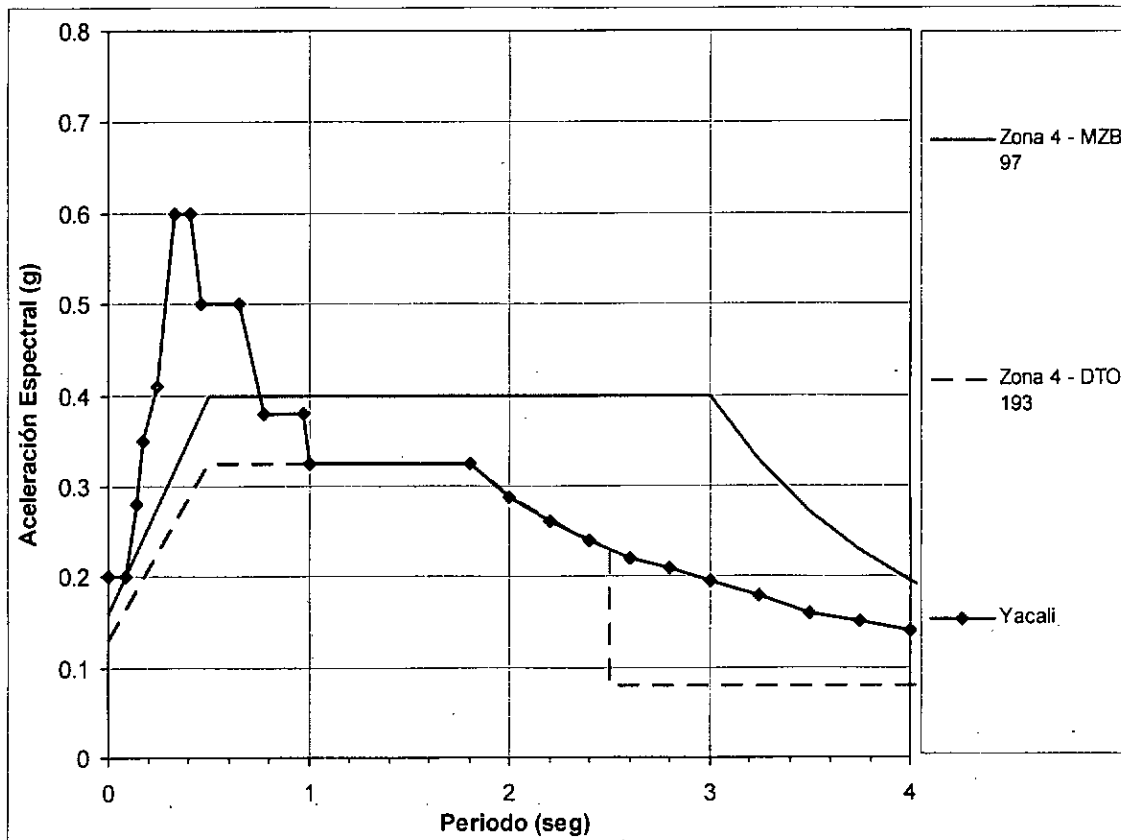


Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Yacali.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.



CT - 5178 Yacali_2rev - 10



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Fondo
Prevención y
Atención Emergencias

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN 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 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 PARRA**
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia
M.P. 25202093681 CND

Aprobó **GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ**
Subdirector Investigación y Desarrollo

Vo.Bo. **GUILLERMO ESCOBAR CASTRO**
DIRECTOR



BOGOTÁ
GOBIERNO DE LA CIUDAD

CT - 5178 Yacali_2rev - 11