1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

1.1	CONCEPTO TÉCNICO No. CT:	5549
1.2	ÁREA:	TÉCNICA Y DE GESTIÓN
1.3	COORDINACIÓN:	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
1.4	REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE:	2009ER4381, 2009ER6807
1.5	RESPUESTA OFICIAL No. RO:	36673

2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1	SOLICITANTE:	ADRIANA LÓPEZ MONCAYO CURADURÍA URBANA NO.3
2.2	PROYECTO:	TORRE SAN RAFAEL
2.3	LOCALIDAD:	11 SUBA
2.4	UPZ:	19 EL PRADO
2.5	BARRIO O SECTOR CATASTRAL:	PRADO VERANIEGO NORTE
2.6	DIRECCIÓN:	CALLE 134 CON CARRERA 53C
2.7	CHIP:	NO DISPONIBLE
2.8	FECHA DE EMISIÓN:	12 DE JUNIO DE 2009
2.9	EJECUTOR DEL ESTUDIO:	GEOTECNIA Y CIMENTACIONES

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 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 "Estudio de Respuesta Local Torre San Rafael" elaborado por el Ing. Juan Carlos Afanador, a construirse en el predio ubicado en la Calle 134 con Carrera 53C esquina sur occidental de Bogotá. El cual fue radicado el 7 de Abril de 2009 mediante oficio 2009ER4381, por la Arq. Adriana López Moncayo de la Curaduría Urbana No.3 en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006. Posteriormente, el Ing. Juan Carlos Afanador radicó el oficio aclaratorio de las observaciones de la primera revisión 2009ER6807 el Mayo 26 de 2009 y anexo una segunda versión del estudio fechado con el mes de mayo de 2009.

4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "TORRE SAN RAFAEL"

De acuerdo con el consultor el proyecto contempla la construcción de una torre de 17 pisos.

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

113770 N 101920 E

El informe "Estudio de Respuesta Local Torre San Rafael" fue elaborado por el Ing. Juan Carlos Afanador, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma Geotecnia y Cimentaciones, de un ensayo de Down Hole realizado por la firma JEOPROBE Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Universidad de los Andes.

5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- RAD FOPAE: 2009ER4381

El concepto técnico 5510 de Abril 24 de 2009 emitido por la DPAE relacionado con la primera revisión del estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación:

La revisión del informe presentado para el proyecto Torre San Rafael en Bogotá D.C., se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

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 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.

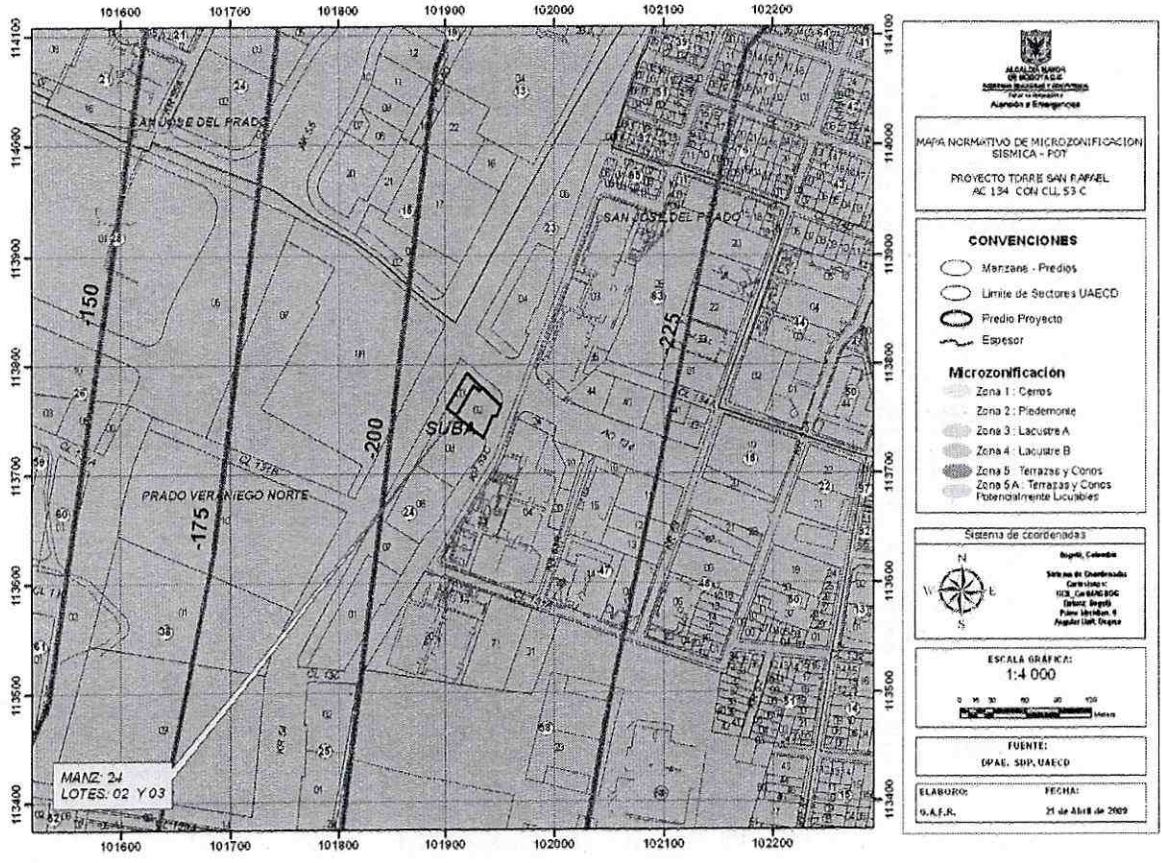


Figura 1. Localización del Proyecto Torre San Rafael.

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 el numeral 8 del informe se define la localización del proyecto de acuerdo con el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 3 – Lacustre A. Esta ubicación esta acorde con 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 4.2 del informe, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma Geotecnia y Cimentaciones realizaron seis (6) perforaciones que alcanzaron profundidades entre 10 y 50 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 S-4 de 50 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 4.6 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 5 m: Relleno heterogéneo compuesto por limos, arcillas y escombros de consistencia firme.
- De 5 a 6.5 m: Limo orgánico de color negro o café de consistencia firme.
- De 6.5 a 8.5 m: Arcilla gris habana con oxidaciones de consistencia firme.
- De 8.5 a 22.5 m: Limo arcilloso color gris y café de consistencia media a firme.
- De 22.5 a 29 m: Limo arcilloso café con material orgánico y turba de consistencia firme.
- De 29 – 50 m: Lo arcilloso gris con materia orgánica de consistencia firme.

Basado en el mapa de espesores de sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, el consultor indica que se encuentra el a 220 m el nivel de roca, lo cual es consistente como se ilustra en la Figura 1 del presente concepto técnico.

A partir de los 50 m de profundidad el consultor asume la estratigrafía con base en el sondeo N9A de 190 m de profundidad localizado en la Calle 126 con Carrera 29 el cual hace parte del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

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 4.5 y los anexos del informe, en la perforación S-4 se realizó un ensayo de Down Hole ejecutado por la firma JEOPROBE Ltda., el cual logró identificar el perfil de velocidad de onda 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

corte hasta una profundidad de 50 m. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

Profundidad (m)	Vs (m/s)
0-5	166
5-6.5	228
6.5-8.5	267
8.5-22.5	190
22.5-29	159
29-50	191

A partir de 50 m de profundidad se indica en el numeral 4.6 y en la memoria de cálculo que se adoptó un valor de 200 m/s de velocidad de onda de corte.

Sin embargo, es necesario que el consultor justifique claramente el valor de Vs adoptado tendiendo en cuenta el estado de esfuerzo y bibliografía reconocida.

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 4.4 del informe, en los materiales cohesivos se realizaron ensayos dinámicos a las muestras inalteradas a 19 y 39 m de profundidad de la perforación S-4, para estas profundidades se ejecutaron pruebas de Bender Element, Columna Resonante y Triaxial Cíclico de deformación controlada, cuyos resultados se presentan en los anexos del informe.

Sin embargo, es necesario que el consultor revise la interpretación de los ensayos dinámicos con los que se obtuvo la curva de degradación y amortiguamiento del material 4 y 6, dado que en los análisis no se tuvo en cuenta que los ensayos dinámicos de Bender Element, Columna Resonante y Triaxial Cíclico se realizan a diferentes frecuencias, trayectorias de carga y esfuerzos de confinamiento, por lo cual definir la curva de degradación y amortiguamiento uniendo estas tres pruebas, sin tener en cuenta los aspectos mencionados, no es adecuado para materiales cohesivos de comportamiento viscoso. Adicionalmente, no hay concordancia entre la memoria de cálculo de la muestra de 39 m de profundidad y la gráfica 6 del informe.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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

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 6 del informe, en los análisis de respuesta de sitio se utilizaron los acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE, acogiéndose a lo establecido en el numeral 3 del artículo 7. De este modo el consultor empleó las siguientes señales: fuente local, Umbria, Coyote Lake y Mammont, fuente intermedia, Kobe, Yerbabuena y Deer Canyon y fuente lejana, México CUIP, México CU01 y México CUMV.

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.

De acuerdo con el numeral 7.1 del informe, en el estudio se realizaron 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.

Dentro de los análisis se consideran ocho (8) tipos de materiales y 48 estratos de suelo, desde superficie hasta 220 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza el contacto con el basamento rocoso. Los datos del perfil de análisis se presentan anexos en las memorias de cálculo, mientras que las características de los materiales y los criterios empleados para la asignación de curvas dinámicas para todos los materiales se presentan en el numeral 5 del informe.

Sin embargo, el cumplimiento de este numeral esta sujeto a las aclaraciones y eventuales modificaciones que fueren del caso de los puntos 5.3 y 5.4 del presente concepto técnico.

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 Zona 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.

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

Este numeral se revisará una vez sean aclarados los puntos 5.3, 5.4 y 5.6 del presente concepto técnico.

6 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO - RAD FOPAE: 2009ER6807

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del informe "Estudio de respuesta local Torre San Rafael" que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio de las observaciones de la primera revisión 2009ER6807 de mayo 26 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.

En el oficio aclaratorio 2009ER6807 de mayo 26 de 2009 y en la versión de mayo del estudio de respuesta local el consultor referencia los estudios tenidos en cuenta para definir el perfil de velocidad de onda cortante a partir de los 50 metros de profundidad, a partir de la revisión bibliográfica se adoptan valores de 200 m/s de 50 a 100 m y de 250 m/s de 100 a 220 m.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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 2009ER6807 de mayo 26 de 2009 y en la versión de mayo del estudio de respuesta local el consultor presenta las curvas de degradación y amortiguamiento de los materiales 4 y 6 ajustadas con el modelo de Ishibashi y Zhang, 1993 con base en los resultados de los ensayos de

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

laboratorio. Se observa coherencia entre los datos de la memoria de cálculo y las gráficas contenidas en el informe.

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 2009ER6807 de mayo 26 de 2009 y en la versión de mayo del estudio de respuesta local el consultor presenta los nuevos análisis de respuesta acordes con los cambios dados en el numeral 6.3 y 6.4 del presente concepto técnico.

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 2009ER6807 de mayo 26 de 2009 y en el capitulo 9 – Espectro de Diseño - de la versión de mayo del estudio de respuesta local el consultor recomienda emplear para estructuras con periodos menores a 0.45s el espectro de la Zona 3 – Lacustre A de la microzonificación sísmica de Bogotá y para periodos mayores a 0.45s se recomienda emplear el espectro mínimo de Zona 3 – Lacustre A, dado en el Decreto 193 de 2006.

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

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: **FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA** Ingeniero Civil, MSc Geotecnia. M.P. 25202093681 CND	Revisó: **OSCAR IVÁN CHAPARRO FAJARDO** 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