## 1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

| | | |
|---|---|---|
| 1.1 | CONCEPTO TÉCNICO No. CT: | 6146 |
| 1.2 | SUBDIRECCIÓN: | TÉCNICA Y DE GESTIÓN |
| 1.3 | COORDINACIÓN: | INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO |
| 1.4 | REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE: | 2011ER455, 2011ER4900, 2011ER5122 |
| 1.5 | RESPUESTA OFICIAL No. RO: | 47102 |

## 2 INFORMACIÓN GENERAL

| | | |
|---|---|---|
| 2.1 | SOLICITANTE: | ARQ. ADRIANA LOPEZ MONCAYO CURADURÍA URBANA No.3 |
| 2.2 | PROYECTO: | SAN RAFAEL |
| 2.3 | LOCALIDAD: | 11 SUBA |
| 2.4 | UPZ: | 24 NIZA |
| 2.5 | BARRIO O SECTOR CATASTRAL: | SAN JOSE DEL PRADO |
| 2.6 | DIRECCIÓN: | CALLE 137 No. 55 - 58 |
| 2.7 | CHIP: | AAA0194WEUZ |
| 2.8 | AREA APROX. DEL LOTE | 23.621 m² |
| 2.9 | FECHA DE EMISIÓN: | 26 DE ABRIL DE 2010 |
| 2.10 | EJECUTOR DEL ESTUDIO: | ESPINOSA Y RESTREPO S.A. |

## 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.

Dado que mediante Decreto Distrital 413 de 2010, se suprimió, de la estructura organizacional de la Secretaría Distrital de Gobierno la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, se dispuso que todas las funciones establecidas en las leyes, decretos y demás normas vigentes son asignadas para su ejercicio al Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá D.C.

Por medio del Decreto 523 de 16 de Diciembre de 2010 "Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C." se derogan las disposiciones del Decreto 193 de 2006; sin embargo, se realiza el presente concepto técnico por solicitud de la curaduría urbana siguiendo los lineamientos dados por el Decreto 193 de 2006 ya que se entiende que el proyecto fue radicado en debida forma antes del 15 de Diciembre de 2010.

El presente concepto técnico corresponde a la **segunda revisión** realizada por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias, del informe "Lote ubicado en la calle 138 con cra 55A de Bogotá" elaborado por el Ing. Carlos Restrepo. Este estudio fue radicado el 17 de Enero de 2011 mediante oficio 2011ER455, por la Arq. Adriana López de la Curaduría Urbana No. 3 en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006. Posteriormente, el Ing. Carlos Restrepo radicó el oficio 2011ER4900 el 19 de abril de 2011 como respuesta a las observaciones dadas en la primera revisión, el 25 de abril de 2011 el Ing. Carlos Restrepo radicó el oficio aclaratorio FOPAE 2011ER5122 con información complementaria.

## 4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "SAN RAFAEL"

De acuerdo con lo consignado en el informe, el proyecto contempla la construcción de tres torres de 17 pisos, dos torres entre 23 y 25 pisos y una zona de plataforma con un piso, sótano y semisótano. Las torres se construirán en muros de carga con luces entre ejes de muros entre 4.0 y 5.0 m. Las cargas previstas estimadas por áreas aferentes para las torres de 17 pisos son del orden de 500 ton para cargas puntuales y 50 ton/ml para cargas distribuidas, para las torres de 23 a 25 pisos son de 700 ton y 70 ton/ml respectivamente.

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



BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -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

114300 N 101800 E

El informe "Lote ubicado en la calle 138 con cra 55A de Bogotá" elaborado por el Ing. Carlos Restrepo, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma Espinosa y Restrepo S.A., de un ensayo de Down Hole por la firma Ulloa y Diez Ltda. y ensayos de laboratorio realizados en la Pontificia Universidad Javeriana.

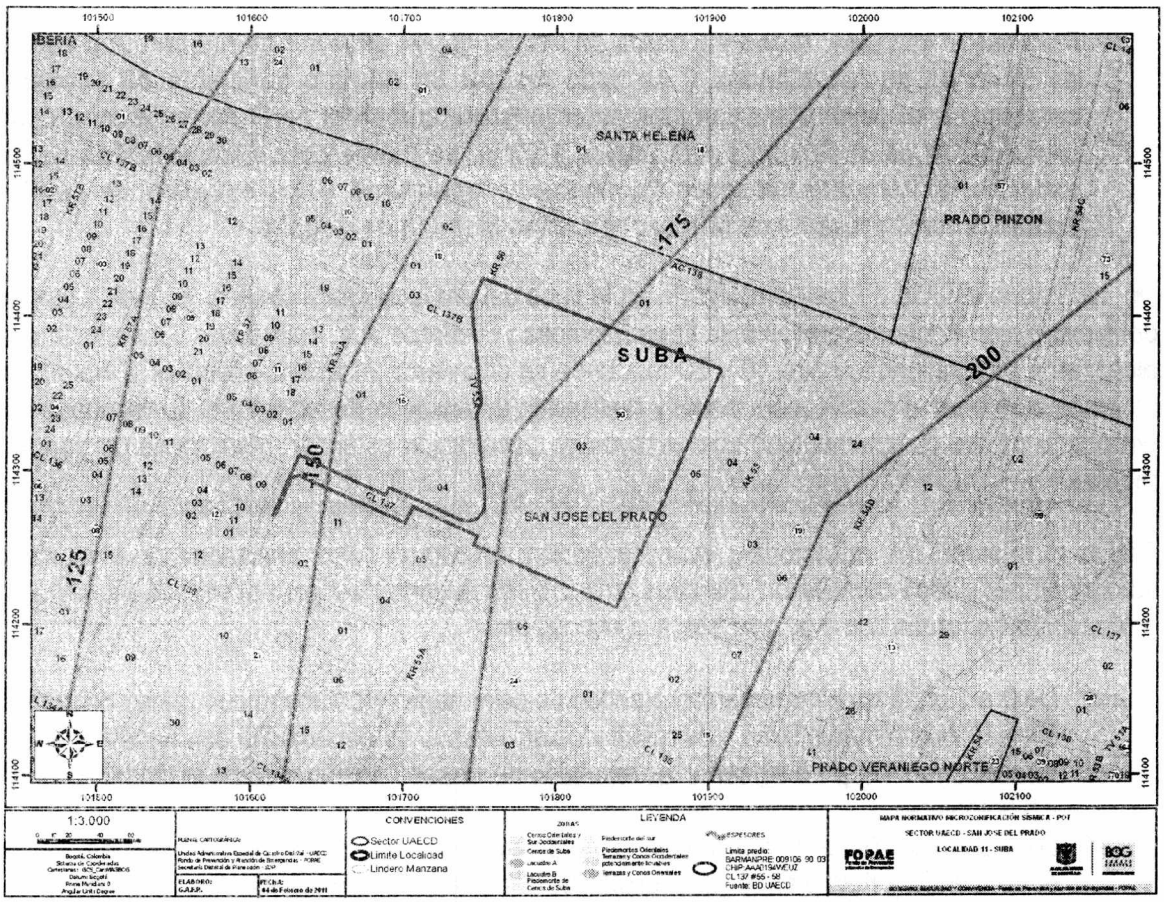


**Figura 1. Localización del Proyecto "SAN RAFAEL"**

## 5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- RAD FOPAE: 2011ER455

El concepto técnico CT-6073 del 8 de febrero de 2011 emitido por el FOPAE 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. 77A -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

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

De acuerdo al numeral 1.0 del informe, el proyecto se encuentra localizado en la Zona 3A – Lacustre A de la microzonificación sísmica de la ciudad, 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 al estudio de suelos realizado en la zona del proyecto, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma Espinosa y Restrepo S.A. realizó seis (6) perforaciones que alcanzaron profundidades entre 10 y 50 m; donde se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas que se emplearon para la clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. El resultado de estas perforaciones fue complementado con ensayos de penetración estándar, mediciones de penetrómetro manual.

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 a continuación:

- ✓ De 0 a 1.5/2.0 m: Limo orgánico arenoso de color negro y/o habano con raíces de consistencia entre blanda a medio firme. Los resultados del ensayo de penetración con penetrómetro arrojan valores entre 1.0 y 1.5 kg/cm² y los resultado del ensayo de penetración estándar están entre 3 y 8 golpes/pie.
- ✓ De 1.5/2.5 a 3.5/4.5 m: Arcilla limosa habana y/o carmelito con vetas de óxido de consistencia entre blanda y medio firme. Los resultados del ensayo de penetración con penetrómetro están entre 0.25 y 1.0 kg/cm² y los resultado del ensayo de penetración estándar arrojo un valor de 5 golpes/pie.
- ✓ De 3.5/4.5 a 35.0/40.0 m: Limo arcilloso carmelito, habano y/o gris con presencia de arena de consistencia blanda a muy blanda. Los resultados del ensayo de penetración con penetrómetro están entre 0.10 y 0.50 kg/cm² y el resultado del ensayo de penetración estándar están entre 1 y 4 golpes/pie.
- ✓ De 35.0/40.0 a 50 m: Limo arcilloso café y/o habano de consistencia entre medio firme y dura. Los resultados del ensayo de penetración con penetrómetro están entre 1.0 y 2.0 kg/cm² y el resultado del ensayo de penetración estándar arrojó un valor de 4 golpes/pie.

De acuerdo a la información contenida en el informe, el nivel de agua se presenta a 1.0 y 5.0 m de profundidad. El consultor indica que el espesor del depósito de suelos es de 220 m en el sitio del proyecto, por lo tanto el perfil geotécnico se complementó para profundidades entre los 50 m hasta los 130 m teniendo en cuenta la información obtenida en la perforación profunda (130 m de profundidad) realizada en la Calle 170 con Autopista Norte y de los 130 m en adelante el perfil se complemento con la perforación profunda (190 m de profundidad) realizada en la calle 126 con carrera 29, ejecutados en el marco del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá; sin embargo, según se observa en la figura 1 el espesor de los depósitos de suelo se encuentran entre los 150 a 200 m.

Se solicita al consultor:

- ✓ Ajustar el perfil geotécnico de acuerdo al espesor del depósito de suelos indicado en la figura 1. que se encuentra entre 150 a 200 m.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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 y la información consignada el anexo No. 4 del informe, en el lugar del estudio se realizó un ensayo de Down Hole ejecutado por la firma Ulloa y Diez Ltda con el fin de obtener el perfil de velocidades de onda de corte del perfil de suelos. El ensayo se realizó en la perforación No. 6 de 50 m de profundidad. A continuación, se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

| Profundidad | Vs (m/s) |
|---|---|
| 0.0 – 10.0 | 147 |
| 10.0 – 24.0 | 126 |
| 24.0 – 32.0 | 101 |
| 32.0 – 45.0 | 179 |
| 45.0 – 50.0 | 162 |

Se solicita al consultor

- ✓ Anexar el resultado del ensayo Down Hole debidamente firmado por el profesional responsable del mismo.

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**



BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -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

**deformaciones (Velocidad de onda de corte en laboratorio, columna resonante, corte simple cíclico, triaxial cíclico, etc.).**

Según el numeral 2.5 del informe y el registro de la perforación No. 6, se obtuvieron muestras inalteradas con tubo Shelby a diferentes profundidades; sin embargo tan solo las muestras obtenidas a las profundidades de 11.5 y 44.5 m fueron seleccionadas para la ejecución de ensayos dinámicos. Se realizaron pruebas de Bender element y ensayos Triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado. Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan de manera anexa en el informe.

A partir de los resultados obtenidos se establecieron las curvas dinámicas de los materiales empleados en el perfil del modelo empleado, las cuales se presentan en el numeral 3.1 del informe. Las curvas de los estratos 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 presentan comportamientos razonables de acuerdo con comportamiento dinámico de estos materiales ya que fueron obtenidas a partir de modelos de comportamiento dinámico dados en la bibliografía técnica internacional; sin embargo, en el caso de las curvas dinámicas propuestas para los estratos 3 y 4 obtenidas con base en los datos de laboratorio, la degradación del modulo es mucho mayor que lo que corresponde a este tipo de materiales debido a que la interpretación de los resultados es incorrecta porque las curvas dinámicas de estos materiales son graficadas con la deformación axial obtenida en los resultados de laboratorio de los ensayos triaxiales cíclicos, por lo que antes de graficar es necesario calcular la deformación cortante correspondiente y realizar las gráficas de comportamiento dinámico con la deformación cortante.

Se solicita al consultor

- ✓ Calcular correctamente las curvas dinámicas de los materiales de los estratos 3 y 4, con el fin de que presenten un comportamiento razonable dentro de los rangos normales reportados en la literatura científica nacional e internacional para este tipo de materiales.
- ✓ Anexar los resultados de laboratorio correspondientes a los ensayos dinámicos de las muestras relacionadas en la tabla No. 3 del informe.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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.**

Según el numeral 3.2 del informe, se utilizaron un total de 9 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE, empleados 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.**

De acuerdo con lo enunciado en el numeral 3.1 del informe, para la realización del análisis de respuesta dinámica se realizó un modelo bidimensional del sitio de estudio el cual fue ejecutado mediante el programa QUAKE, 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. El modelo bidimensional propuesto por el consultor se presenta en la Figura 9 del informe y en la tabla 4 se presentan los propiedades dinámicas e ingenieriles de los estratos adoptados para el modelo

Se solicita al consultor:

- ✓ Realizar nuevamente la modelación teniendo en cuenta lo expuesto en los numerales 5.2 y 5.4 del presente informe.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

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

De acuerdo con los registros de exploración presentados, ninguna de las seis (6) perforaciones realizadas reportan capas de arena limpia y suelta entre los primeros 20 m de profundidad, por lo que es no necesaria la evaluación del potencial de licuación en la zona.

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.**

Este numeral se revisará una vez sean aclaradas las observaciones de los puntos 5.2, 5.4 y 5.6 del presente concepto técnico.

El estudio NO CUMPLE con este requerimiento

## 6 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO- RAD FOPAE: 2011ER4900, 2011ER5122

La segunda revisión realizada por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias, del informe "Lote ubicado en la calle 138 con cra 55A de Bogotá" que se remite como estudio sísmico local y del oficio que atiende las observaciones de la primera revisión 2011ER4900 del 19 de abril y 2011ER5122 del 25 de abril, se efectúa siguiendo 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.

**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.**

De acuerdo con el oficio aclaratorio 2011ER4900 y el 2011ER5122 el consultor responde la observación e indica que el espesor del depósito de suelos es 200 metros en el sitio del proyecto y complementa el perfil geotécnico para profundidades entre los 50 m hasta los 130 m teniendo en cuenta la información obtenida en la perforación profunda (130 m de profundidad) realizada en la Calle 170 con Autopista Norte y de los 130 m en adelante el perfil se complemento con la perforación profunda (190 m de profundidad) realizada en la calle 126 con carrera 29, ejecutados en el marco del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

**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 consultor anexa junto con el oficio aclaratorio 2011ER4900 y el 2011ER5122 los resultados de un ensayo Down Hole realizado en el sondeo No. 6 de 50 m por la firma Ulloa y Diez Ltda. debidamente firmados por el responsable del mismo.

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.).**

De acuerdo con lo consignado en el oficio aclaratorio 2011ER4900 y el 2011ER5122, el consultor reinterpreto las curvas dinámicas obtenidas para los estratos 3 y 4 del modelo. Sin embargo, el

resultado obtenido no fue lo suficientemente satisfactorio, por lo que asume las curvas dinámicas obtenidas mediante modelos de comportamiento dinámico que tienen en cuenta el esfuerzo de confinamiento y el índice de plasticidad. Adicionalmente en el anexo 3 se incluyen los resultados de laboratorio correspondientes a los ensayos dinámicos de las muestras relacionadas en la tabla 3 del informe adjunto al oficio aclaratorio.

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.**

De acuerdo con lo enunciado en el numeral 3.2 del informe anexo al oficio aclaratorio 2011ER4900 y el 2011ER5122, para la realización del análisis de respuesta dinámica se realizó un modelo bidimensional del sitio de estudio el cual fue ejecutado mediante el programa QUAKE, 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. El modelo bidimensional propuesto por el consultor se presenta en la figura 8 del informe, en las figuras 10 a 29 del informe se encuentran las curvas dinámicas modificadas que fueron empleadas en la modelación.

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.**

Con base en los resultados de las modelaciones presentadas en el oficio aclaratorio 2011ER4900 y el 2011ER5122, el consultor recomienda emplear en el diseño del proyecto el espectro Zona 4-Lacustre B.

Sin embargo, es importante mencionar que estos espectros solo podrán ser empleados para los tres tipos de edificaciones mencionadas en el informe (torres de 17 pisos, torres de 25 pisos y plataforma) siempre y cuando el número de pisos de este proyecto se mantenga.

El estudio CUMPLE con este requerimiento

## 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: |
|---|---|
| **GERARDO RODRÍGUEZ ROMERO**<br>Ingeniero Civil.<br>M.P. 25202-153294 CND | **FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA**<br>Responsable de Grupo |

Aprobó:

**LINDON LOSADA PALACIOS**
Profesional Especializado Investigación y Desarrollo




BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -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