CONCEPTO TÉCNICO No CT - 4975
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Adriana López Moncayo - Curaduría Urbana No.3 Jorge Alberto Rodríguez – JEOPROBE Ltda.
PROYECTO:	**CENTRO EMPRESARIAL Y DEPORTIVO COLSUBSIDIO CALLE 53**
LOCALIDAD:	13 Teusaquillo
UPZ:	104 Parque Simón Bolívar - CAN
BARRIO:	Nicolás de Federman
DIRECCIÓN:	AK 30 No. 52A-77
CHIP:	AAA0054SWSY
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION:	Septiembre 19 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. Adicionalmente, 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 del mencionado decreto, adoptando el espectro de diseño y los coeficientes espectrales indicados 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 *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Centro Empresarial y Deportivo Colsubsidio Calle 53"* que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER12018 de Septiembre 10 de 2007.

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con lo exigido en el 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 consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de dos edificaciones principales, una de ellas a lo largo del paramento contra la Calle 53, en la cual estarán localizadas las grandes salas o auditorios del Centro de convenciones, en la primera planta; la piscina en el segundo piso y canchas múltiples en el tercer piso. También existirán canchas de microfútbol en el cuarto y quinto nivel. El segundo edificio paralelo a la conectante de la Calle 53 con Carrera 30, albergará las oficinas, salas de conferencias, baños y un restaurante en la primera planta; salones juveniles, canchas de squash, aulas, etc., en la segunda planta y bolos y gimnasio en las dos plantas superiores. Además el proyecto contará con dos sótanos cubriendo prácticamente la totalidad de los terrenos utilizados como parqueaderos.

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

105100 N 99700 E

El informe *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Centro Empresarial y Deportivo Colsubsidio Calle 53"* fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma LFO Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

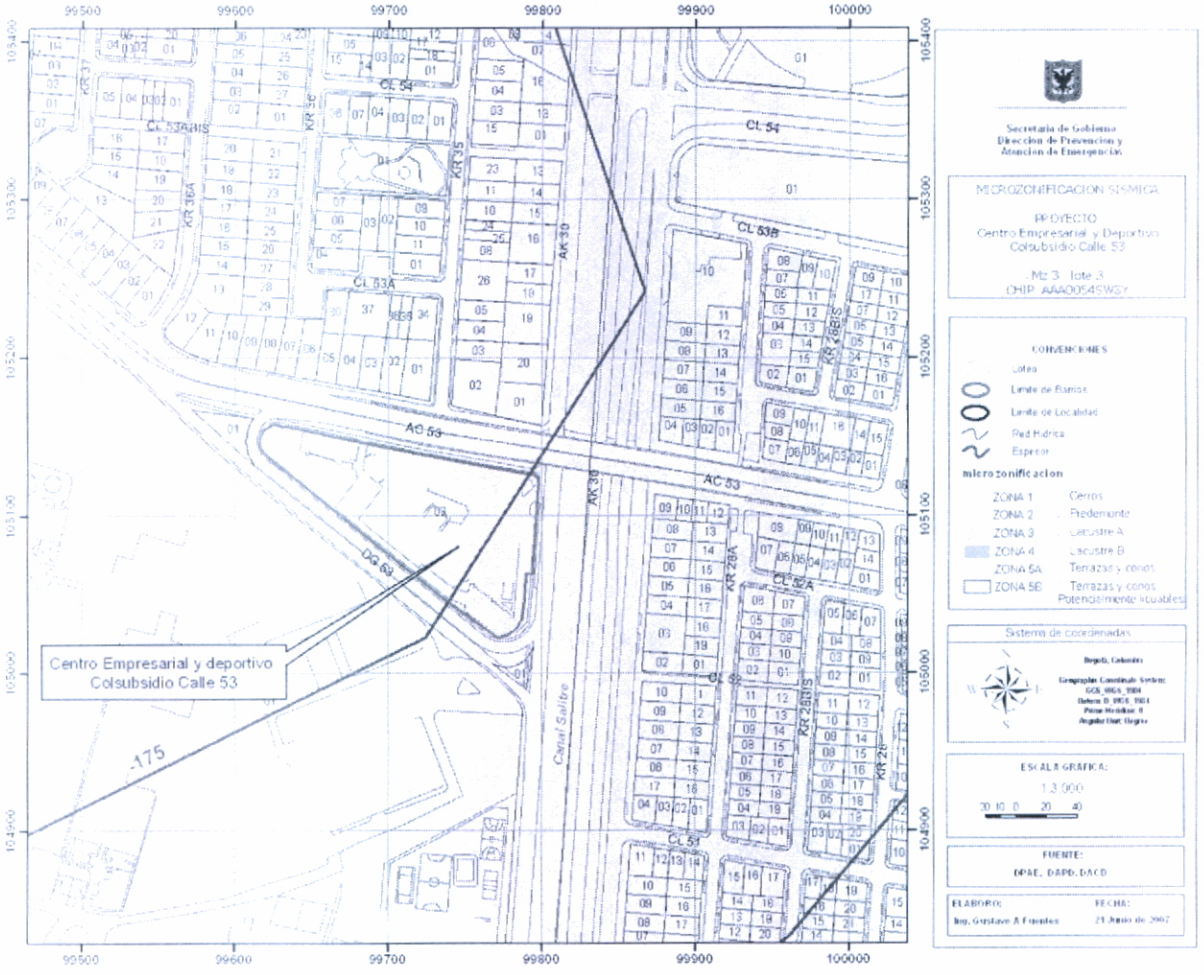


Figura 1. Localización del Proyecto Centro Empresarial y Deportivo Colsubsidio Calle 53

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (JULIO DE 2007)

El concepto técnico 4874 de julio 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.

En el numeral 1.1 y 3.2, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la Zona 3 (Lacustre A) según el decreto 193 de 2006, la 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 el Numeral 1.3.2 y 3.2, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto la firma LFO Ltda. realizó diez (10) perforaciones las cuales alcanzaron profundidades entre 10 y 40 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 resistencia con veleta de campo, de penetración estándar y de resistencia a la penetración con cono. Adicionalmente, se ejecutó la perforación 11 de 50 m de profundidad, en la cual se realizo la prueba de Down Hole y se obtuvieron muestras inalteradas 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.

Sin embargo, es necesario que el consultor anexe el registro de perforación y localización del sondeo 11 de 50 m de profundidad.

Según el numeral 3.2, 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 0.0 a 0.7/1.1 m: Recebos arcillosos y arenosos.
- De 0.7/1.1 a 2.2/4.0 m: Arcillas café con raíces de consistencia media que disminuye en profundidad.
- De 2.2/4.0 a 32 m: Limo arcilloso café de consistencia media.
- De 32 a 32.9/33.5 m: Arena fina café densa.
- De 32.9/33.5 a 40 m: Limo arcilloso café de consistencia media a firme.

Es necesario que el consultor presente la información de la estratigrafía que se encuentra entre los 40 m y los 50 m.

Después de 50 m y hasta los 175 m, donde el consultor basado en el mapa de espesores de sedimento que indica que esta entre 175 y 200 m, adoptó la profundidad aproximada del basamento rocoso, el perfil geotécnico se complementó según el informe con los resultados de un ensayo down hole que alcanzó los 100 m realizado en la calle 26 con carrera 30, a partir de esta profundidad y hasta los 175 m, considera la presencia de la formación Subachoque formada por arenas donde los valores de Vs varían con un valor exponencial n de 0.2 con la profundidad.

Se recomienda al consultor ajustar el perfil estratigráfico de acuerdo con la perforación de INGEOMINAS (N49) hasta los 188 m de profundidad incluida en la información geotécnica del proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

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 adicional No 11 se indica la realización de un ensayo de Down-Hole a una profundidad de 50 m que lo realizó la firma AM Ingenieros, aunque en el registro aparece ejecutado por LFO, con el fin de definir el perfil de la velocidad de onda, Vs. En la figura 3.4 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el Colegio Colsubsidio sede Norte y en la calle 26 con carrera 50. El perfil de Vs hasta 175 m de profundidad se adopta aumentando la velocidad en proporción a un exponente de n igual 0.2 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.

2 – 5 m	101 m/s
5 – 10 m	78 m/s
10 – 17 m	67 m/s
17 – 30 m	89 m/s
30 – 36 m	98 m/s
36 – 44 m	121 m/s
44 – 50 m	143 m/s

Es necesario que el consultor aclare y justifique los siguientes aspectos:

- La localización del ensayo ya que el Down Hole aparece como proyecto Colegio CEI Colsubsidio sede Norte.
- Quién ejecutó el ensayo Down Hole y anexar los resultados del mismo firmados por el profesional responsable.

- Es necesario que el consultor revise cuidadosamente la interpretación de los valores de velocidad de onda medidos en el Down hole, dado que: son notoriamente inferiores a los reportados en proyectos cercanos con propiedades geotécnicas muy similares; las velocidades de onda cortante medidas en las pruebas de laboratorio de bender element reportan valores de 75, 67 y 89 m/s para las muestras a 10, 19 y 39 m de profundidad respectivamente, son similares a los medidas en campo, a diferencia de lo esperado por la alteración que sufren las muestras en los proceso de muestreo; y la relación de Poisson calculada a partir de los datos de campo oscila entre 0.47 a 0.49, diferente a los valores típicos de 0.4 reportados de para este material.

El estudio NO 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 muestras obtenidas con tubo Shelby a cuatro profundidades diferentes: 10, 20, 31 y 40 m. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas de bender element y triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado. Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan anexos al informe, aunque faltan los resultados del ensayo de bender element para la muestra obtenida a los 31 m. Se observa concordancia entre los datos obtenidos en el laboratorio y los presentados en las figuras 3.6 y 3.7.

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 12 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE y un sismo de los utilizados en el estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe 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 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.

Es necesario aclarar porqué no existe coherencia entre el modelo empleado para el análisis unidimensional y el perfil estratigráfico y explicar que criterio se utilizó para asignar las curvas dinámicas a los diferentes materiales, ya que las curvas obtenidas mediante las pruebas de laboratorio no coinciden con las asignadas al modelo.

Adicional a lo anterior, el cumplimiento de este numeral esta condicionado a las aclaraciones de los puntos 4.2 y 4.3 y se sugiere utilizar las señales que actualmente se encuentran aprobadas por parte de DPAE en la página www.sire.gov.co.

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 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.

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La segunda revisión del estudio *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Centro Empresarial y Deportivo Colsubsidio Calle 53"* que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER12018 de Septiembre 10 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.

En el oficio aclaratorio ER12018 de Septiembre 10 de 2007, el consultor anexa el perfil y la localización del sondeo adicional 11 de 50 m de profundidad. Adicionalmente aclara que los suelos encontrados entre 40 y 50 m de profundidad corresponden a "limos arcillosos de consistencia plástica" de acuerdo con el sondeo 11. El consultor también aclara que no se requiere ajustar el perfil del sitio ya que este coincide con el perfil de la perforación N49 del Ingeominas realizada durante el 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.

En el oficio aclaratorio ER12018 de Septiembre 10 de 2007, el consultor aclara que el ensayo Down Hole se realizó en el sondeo 11, cuyo perfil y localización se anexan y que dicho ensayo fue realizado por la firma AM Ingenieros Ltda. Adicionalmente aclara que los valores de Vs obtenidos en la Carrera 50 con Calle 26 no son comparables con los de la Calle 53 con Carrera 30, debido a que en este sitio los suelos son más blandos dando como resultado valores de Vs menores. De esta forma según el consultor los valores de Vs adoptados para los análisis están dentro del rango de variación de los datos de ensayo Down Hole y la correlación con el CPT.

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.).

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 ER12018 de Septiembre 10 de 2007, el consultor indica que el perfil de suelos es coherente entre los registros de perforación y el modelo utilizado en el análisis, ya que este modelo está basado en los registros de perforación de 0 a 50 m, a partir de esta profundidad el perfil coincide con el registro de la perforación N49 del Ingeominas.

En este mismo oficio el consultor indica el criterio utilizado para la asignación de las curvas dinámicas a los diferentes materiales del modelo.

La curva 1 se obtuvo a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para las muestras de 10 m y 20 m de profundidad. La curva 2 corresponde a intercalaciones de arenas limosas con limos arcilloso, basados en la exploración del subsuelo de la Calle 26 con Carrera 50, se obtuvo utilizando las fórmulas de Ishibashi y Zhang (1993) para un índice de plasticidad de 40 y una presión de confinamiento de 400 kPa. La curva 3 corresponde a intercalaciones de arenas limosas y limos arcillosos, se obtuvo utilizando las fórmulas de Ishibashi y Zhang (1993) para un índice de plasticidad de 40 y una presión de confinamiento de 700 kPa.

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 el consultor recomienda reclasificar el sitio del proyecto a la Zona 4 y utilizar como espectro de diseño el mostrado en la Figura 3.31 del informe, el cual se presenta en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.2 g, luego asciende hasta 0.325 g en 0.5 segundos, donde continua con este valor hasta los 1.8 segundos. Luego desciende con los valores mínimos de Sa de la zona 4, dados en el decreto 193 de 2006.

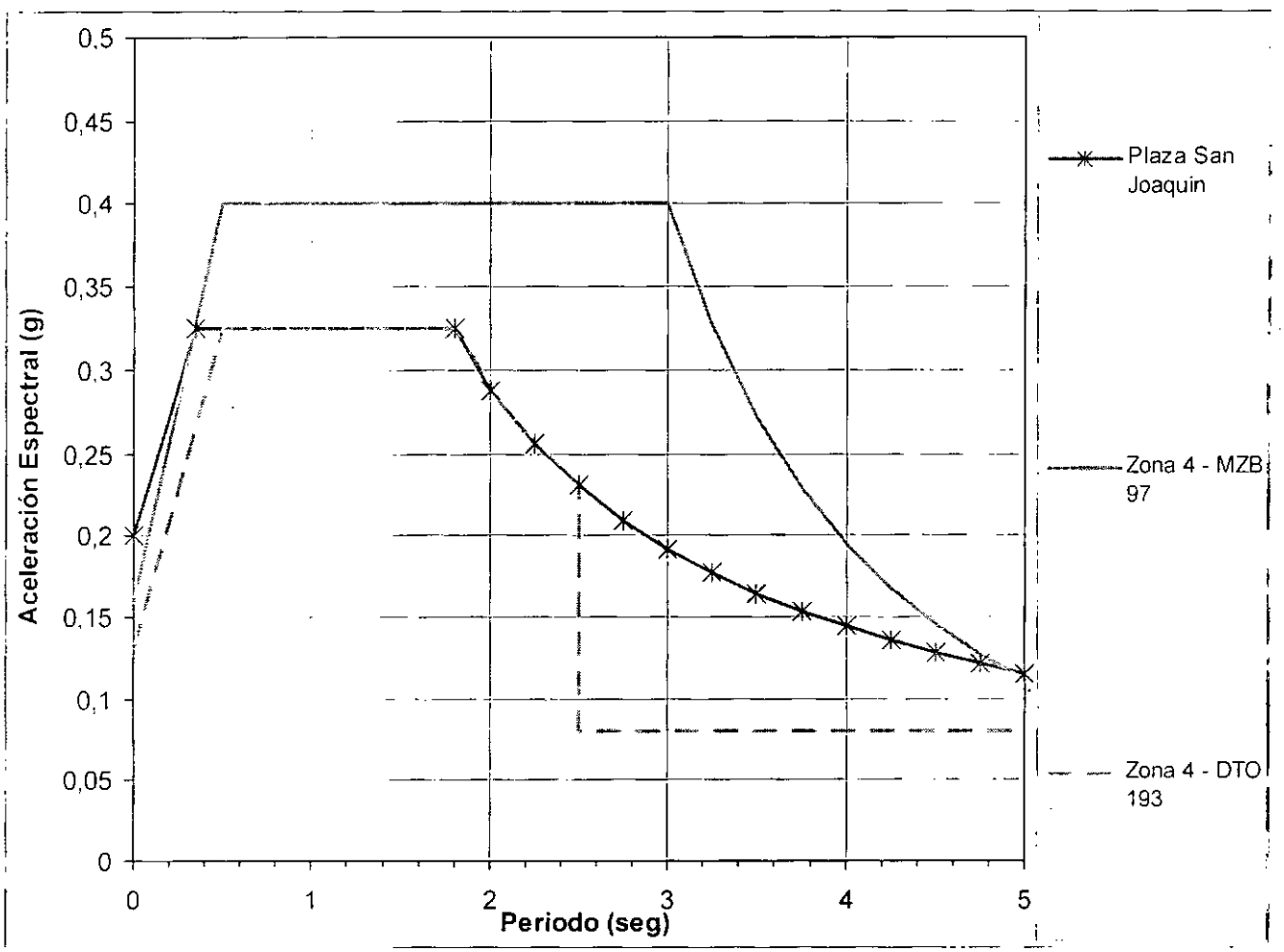


Figura 2. Espectro de diseño recomendado del proyecto Centro Empresarial y Deportivo Colsubsidio Calle 53.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

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.

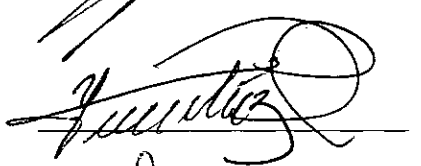
Elaboró

CARLOS JAVIER PEDRAZA A.
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia
M.P. 15202098211BYC



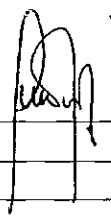
Revisó

FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA
Coordinación Estudios Técnicos



Aprobó

GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ
Subdirector Investigación y Desarrollo



Vo.Bo.

DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS
Directora

