CONCEPTO TÉCNICO No CT - 4836
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas
Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Gonzalo Vargas Ayala - Curaduría Urbana 2 Espinosa & Restrepo Ltda.
PROYECTO:	**Edificio 8710**
LOCALIDAD:	2. Chapinero
UPZ:	88. El Refugio
BARRIO:	La Cabrera
DIRECCIÓN:	Calle 87 No. 10-51
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Espinosa & Restrepo Ltda.
FECHA DE EMISION:	Junio 21 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 **tercera revisión** realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del "Análisis de microzonificación local para el edificio a construirse en la calle 87 No. 10-51 de Bogotá", y de los oficios aclaratorios ER3008 de Marzo 16 de 2007 y el ER6375 de Mayo 28 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 informe del proyecto, el edificio "consta de dos sótanos y ocho pisos en estructura convencional de concreto reforzado y luces entre ejes de columnas hasta de 6.0m. Las cargas previstas estimadas por áreas aferentes son inferiores a 320 ton."

En la Figura 1 del presente concepto se presenta la localización del área del proyecto que corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadas:

103110N 108129 E

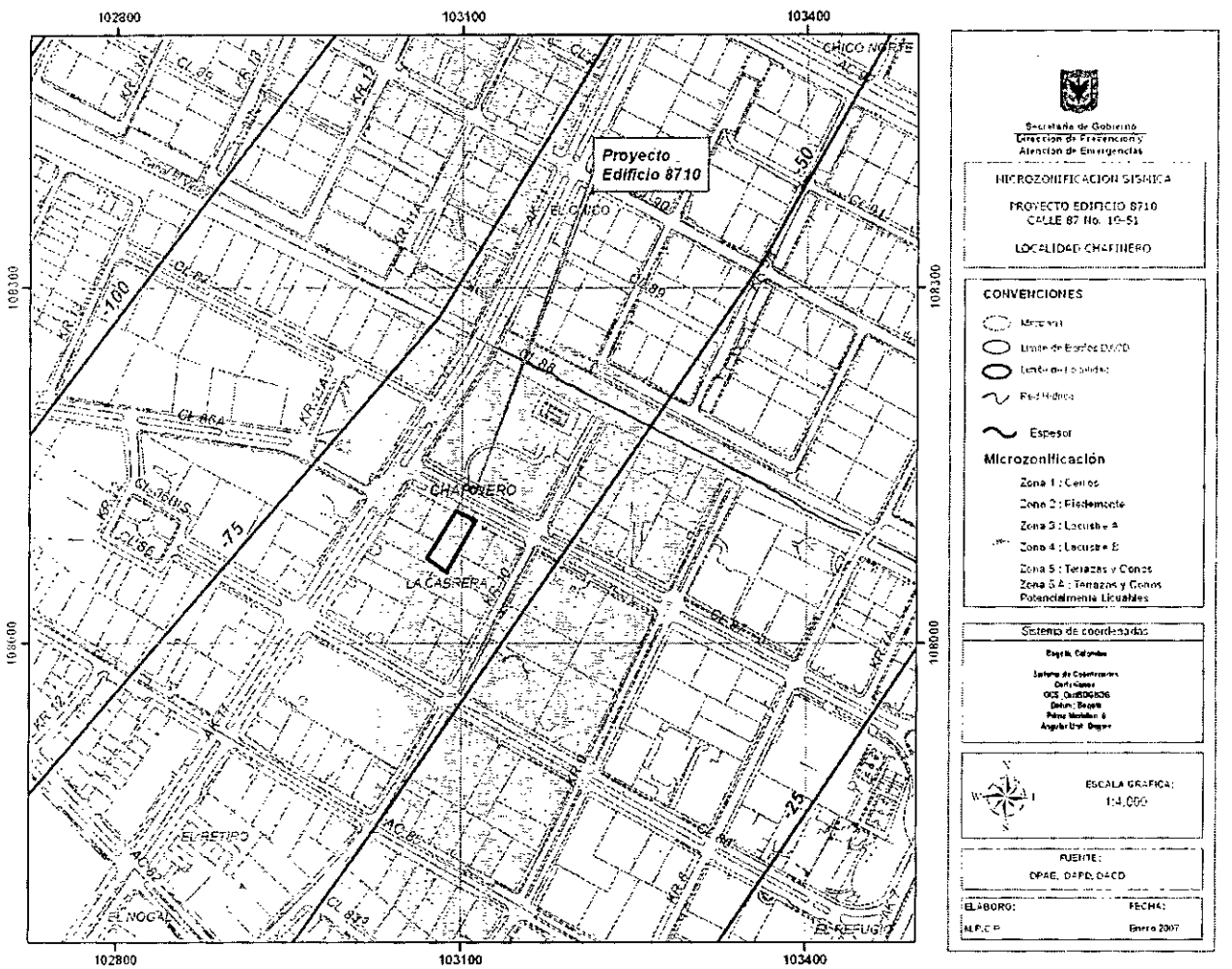


Figura 1. Localización del proyecto Edificio Calle 87 No. 10-51

4 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (FEB/2007)

El concepto técnico 4659 de febrero 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 1.0 se indica que el sitio del proyecto se encuentra en la zona 2, a menos de 250 de la zona 3, según la Microzonificación Sísmica de Bogotá. Sin embargo, de acuerdo con el Decreto 193, se encuentra en la zona 3, a menos de 250 m de la zona 2.

El estudio NO 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 2.0, para la ejecución del estudio particular de respuesta local, se llevó a cabo el sondeo 4 que alcanzó 50 m de profundidad. En él se pudo identificar hasta 29m un perfil de suelos blandos compuesto por limos arcillosos o arenosos, intercalados con capas de turba, de consistencia blanda a muy blanda. La resistencia a la penetración estándar es inferior a los 7golpes pie, predominando 1golpe/pie. A mayor profundidad y hasta 43m, se encuentran capas de arena habana clara, muy compacta, con resistencia superiores a los 30golpes/pie. Posteriormente se identificó un conglomerado habano claro, con gravas, de densidad compacta.

Con relación a la profundidad del basamento rocoso, en el numeral 1.0 se menciona que de acuerdo con el mapa de espesor de sedimentos del estudio de Microzonificación sísmica de Bogotá, la roca se debe encontrar entre 50 m y 75 m de superficie, por lo cual adoptan una profundidad de basamento rocoso de 62 m.

El estudio CUMPLE 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 2.3, en el sondeo No. 4 se efectuó un ensayo Down-Hole hasta 50 m de profundidad. El ensayo Down-Hole lo realizó la firma Ulloa y Diez Ltda. Del ensayo se interpretó, que los materiales localizados entre superficie y 24 m poseen una velocidad de onda de corte que varía entre 110 m/s y 178 m/s. Luego existe una zona de transición hasta 30 m con velocidades Vs entre 170 m/s y 200 m/s. Posteriormente, y hasta 43 m de profundidad, las velocidades se encuentran entre 285 m/s y 357 m/s. A mayor profundidad, la velocidad Vs oscila entre 312 m/s y 371 m/s. A pesar de lo indicado anteriormente, no existe una diferenciación importante en la velocidad de onda de corte a partir de 31 m

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.).

De acuerdo con el numeral 2.5, se realizaron ensayos dinámicos a muestras obtenidas con tubo Shelby a dos profundidades diferentes: 7.75 m, y 27.5 m. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas de triaxial cíclico de esfuerzo controlado, cuyos resultados se incluyen en el Anexo 4 del documento.

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 utilizan un total de 14 acelerogramas de los 37 sismos alternativos aprobados por la DPAE, acogiéndose a lo establecido en el numeral 3 del artículo 7.

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 numeral 3.1, se presenta la metodología para la evaluación de la respuesta dinámica, que en este caso incluyó el desarrollo de un modelo bidimensional basado en la interpretación geotécnica del subsuelo obtenida de perforaciones y ensayos de laboratorio, para la definición de las propiedades dinámicas de las capas. Se indica que para los análisis dinámicos se empleo el programa de elementos finitos QUAKE.

Sin embargo, es necesario que el consultor anexe toda la información que permita la reproducibilidad de los resultados obtenidos, entre los cuales vale la pena destacar:

- geometría -en el informe la figura 8 que muestra la malla no presenta escala-
- características de la malla -número y tipo de elementos-
- localización del proyecto y perforaciones en el modelo -figura 8-
- planta de localización de la sección analizada,
- identificación clara de las capas en el modelo -en la figura 8-
- funciones de esfuerzos
- funciones de generación de presiones de poros
- posición de los nodos en que se registraron las respuestas de aceleración.

Adicionalmente, se requiere que en la modelación dinámica de las capas -figuras 9 a 20- se incluyan los datos pertinentes tanto a los ensayos de laboratorio, como a la información recopilada -correlaciones con el índice de plasticidad y esfuerzo de confinamiento-.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

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

Dado que el proyecto no se encuentra en la zona 5, no es necesaria efectuar 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.

En la Tabla No. 6 se presentan los coeficientes sísmicos para diseño. Es necesario que el consultor explique el valor del coeficiente TI, y anexe figura que represente el espectro de diseño.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

5 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO (MAY/2007)

El concepto técnico 4741 de Mayo de 2007 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación:

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

En el oficio aclaratorio ER3008 de Marzo 16 de 2007, se indica que "el sector hace parte de la zona 3 (Lacustre A) a menos de 250 m de la Zona 2 (piedemonte)".

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.**

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

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 ER3008 de Marzo 16 de 2007 se presenta la siguiente información complementaria:

- Geometría de la malla de elementos finitos, señalando las escalas horizontal y vertical.
- Número de elementos
- Parámetros geomecánicos de los materiales.
- Perfil con la localización del proyecto y perforaciones en el modelo.
- Planta de localización de la sección analizada
- Funciones de esfuerzos
- Función de generación de presión de poros.
- Posición de los nodos en que se registraron las respuestas de aceleración.

Como se indicó en el concepto CT-4659, se requiere que en la modelación dinámica de las capas -figuras 9 a 20- se incluyan los datos pertinentes tanto a los ensayos de laboratorio, como a la información recopilada -correlaciones con el índice de plasticidad y esfuerzo de confinamiento-. Esta solicitud se efectuó teniendo en cuenta que las curvas de variación de la relación del módulo de corte con la deformación angular utilizadas en los análisis para los estratos No. 1, 2, y 4 no presentan las formas características reportadas en la literatura técnica, lo cual puede afectar el resultado de los análisis numéricos.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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.

En el oficio aclaratorio ER3008 de Marzo 16 de 2007, se presenta la tabla con los coeficientes espectrales necesarios para la elaboración del espectro de diseño. Éste comienza con Sa de 0.26 g, aumenta linealmente hasta 0.65 g en T= 0.10 s, y continúa constante hasta T=0.9 s, en donde comienza a descender y se ajusta al espectro mínimo de la Zona 2 del decreto 193 de 2006.

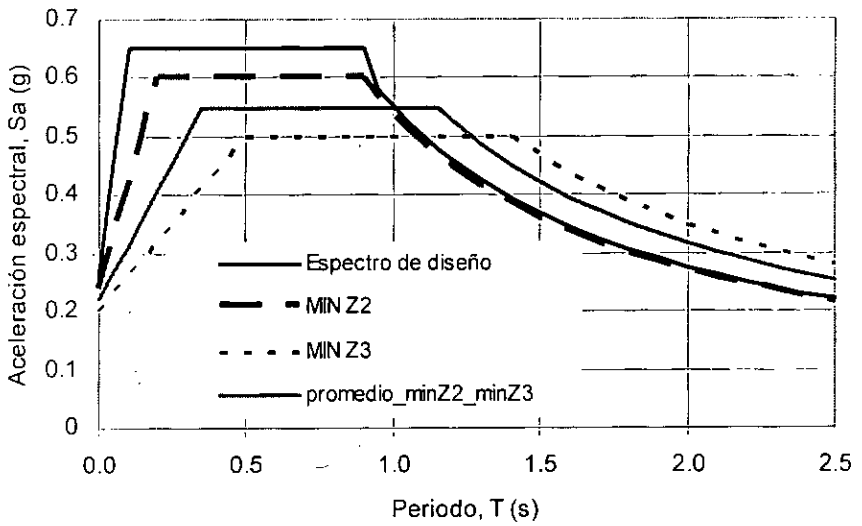


Figura 2. Espectro de diseño del proyecto Edificio Calle 87 No. 10-51

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

6 TERCERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (JUN/2007)

La tercera revisión del estudio "Análisis de microzonificación local para el edificio a construirse en la calle 87 No. 10-51 de Bogotá", y de los oficios aclaratorios ER3008 de

Marzo 16 de 2007 y el ER6375 de Mayo 28 de 2007, 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 segunda 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.**

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.).**

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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 ER6375 de Mayo 28 de 2007 el consultor presenta el procedimiento con el cual determinó cada una de las curvas de degradación y amortiguamiento, incluyendo los datos de los ensayos de laboratorio y los parámetros de plasticidad y esfuerzo de confinamiento que empleó en las correlaciones.

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la segunda revisión.

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 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 (c) Geotecnia
M.P. 25202-093681 CND

Revisó **DIANA PATRICIA ARÉVALO S.**
Coordinadora Grupo Estudios Técnicos

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

Vo.Bo. **DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS**
Directora