Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4111 de 2005

Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 074 de 2001

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Alfonso Martín C. Curaduría Urbana No. 4
LOCALIDAD:	Usaquén
BARRIO:	Santa Bárbara Oriental
PROYECTO:	**EDIFICIO – AVENIDA 9 CON CALLE 125**
Dirección:	Avenida 9 con Calle 125 Esquina Suroriental
UPZ:	Usaquén 14
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Alfonso Uribe S. & Cía. Ltda.
FECHA DE EMISION:	Marzo 14 de 2005

2. ANTECEDENTES

De acuerdo con el Decreto 074 del 30 de enero de 2001, por el cual se complementa y modifica el Código de Construcción de Bogotá, D.C., se identifican los límites de Microzonificación Sísmica de Bogotá, D.C. y se adoptan los espectros de diseño, se establece que las construcciones y edificaciones de cualquier índole que se levanten en Bogotá, D. C. o que sean ampliadas, adecuadas o modificadas en forma tal que conlleven intervención estructural, deberán diseñarse y construirse dependiendo de la zona en la cual se encuentren según la Microzonificación Sísmica, acogiendo al efecto los espectros 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 074 de 2001, 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 Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, D.C. – FOPAE - y la Sociedad Colombiana de Geotecnia – SCG – han celebrado un convenio que tiene por objeto realizar una asesoría técnica al FOPAE en la Revisión de Estudios y Metodologías de Evaluación de Riesgo Sísmico y por Fenómenos de Remoción en Masa.

El presente concepto técnico corresponde a la **tercera revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones Edificio – Avenida 9 con Calle 125 Esquina Suroriental, que en el Capítulo 5 incluye la Caracterización Sísmica para efectos del Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO EDIFICIO – AVENIDA 9 CON CALLE 125 ESQUINA SURORIENTAL

El estudio entregado a esta entidad indica que en el lote que limita al norte con la calle 125 y al oeste con la carrera 9, barrio Santa Bárbara Oriental de la localidad de Usaquén, (Figura 1), se contempla la construcción de un edificio de siete pisos de altura y tres sótanos, alcanzando el nivel – 6.8 m por debajo del sardinel de la calle 125. La estructura del edificio proyectado es en concreto reforzado con luces que varían entre 4.9 y 8.2 m.

El estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones fue elaborado por la firma Alfonso Uribe S. & Cía. Ltda., mientras que el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas fue elaborado por el Ingeniero Jorge A. Rodríguez O.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

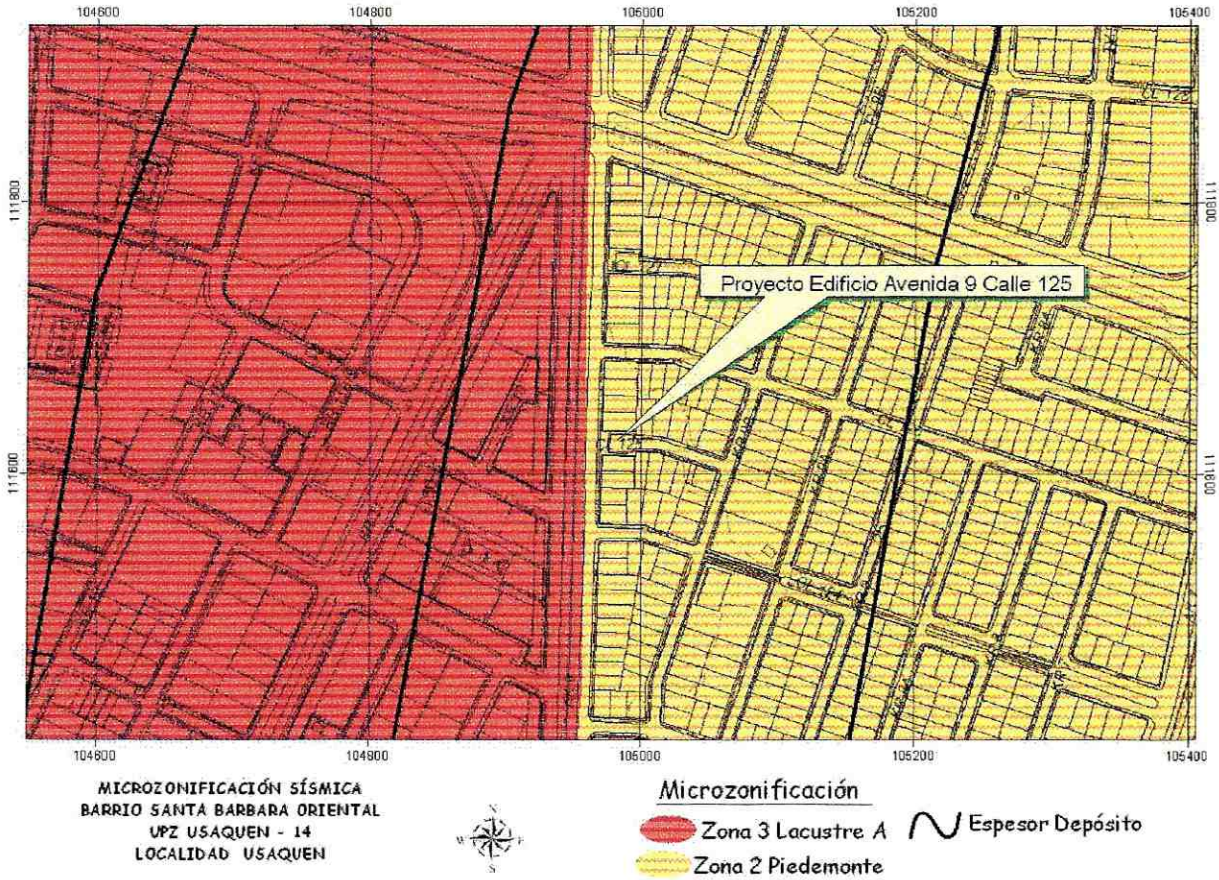


Figura 1 Ubicación del Proyecto Edificio Avenida 9 con Calle 125

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del Anexo A del informe AUS-2385-1 " EDIFICIO AVENIDA 9 CON CALLE 125, Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Edificio Avenida 9 con Calle 125" que hace parte integral del "Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones Edificio – Avenida 9 con Calle 125 Esquina Suroriental", se hizo a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios. El concepto técnico relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se transcribe a continuación, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado.

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

En el informe se incluye la localización del proyecto, ubicándolo en la Zona 2 Piedemonte, pero muy cerca del límite con la Zona 3 Lacustre A, por lo cual la definen como zona de transición, lo cual está de acuerdo con el Decreto 074 de 2001. De acuerdo con esta localización se infiere que en la zona del piedemonte se encuentran depósitos coluviales con estratigrafías heterogéneas con predominio de gravas, arenas y depósitos limo-arcillosos de poco espesor. En la Zona 3 se encuentran depósitos limo-arcillosos blandos entre los cuales aparecen ocasionalmente turbas y lentes de arena. En la zona del proyecto, el estudio infiere un espesor del depósito de sedimentos de 60 m.

Sin embargo, de acuerdo con el Mapa de Microzonificación de Bogotá, el Proyecto se ubica efectivamente en la Zona 2, muy cerca del límite de la Zona 3, pero el mapa de espesores indica que una profundidad de sedimentos entre 25 y 50 m (Figura 1 del presente concepto). Es preciso aclarar esta inconsistencia.

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.

Con relación a la exploración del subsuelo, la Sociedad presenta las siguientes observaciones:

a) *En el plano No. 1 se presenta la ubicación de cinco (5) perforaciones ejecutadas: tres (3) superficiales con profundidades de 10 metros y dos (2) profundas una a 40.3 m y la otra a 46 m. En esta última perforación, los 9 m inferiores corresponden a intercalaciones de depósitos arenosos de densidad media a muy compacta y estratos limo-arcillosos de consistencia media a dura. Por lo anterior, la profundidad máxima de perforación puede estar de acuerdo con el espíritu del Decreto 074 de 2001.*

b) *No se presenta el perfil de análisis dinámico completo y detallado hasta la roca. La profundidad de los sedimentos se asume en 60 m, pero como ya se mencionó, la profundidad del depósito puede estar entre 25 y 50 m. En la perforación P5 no se*

alcanzó a detectar la roca. Tampoco se presenta el análisis o criterios técnicos utilizados para definir e interpolar el posible perfil geotécnico entre 46 m y 60 m ?.

c) *Sobre las arenas que de acuerdo con las perforaciones P4 y P5 predominan a partir de una profundidad de 36-37 m no se realizó ningún tipo de ensayo de laboratorio, o al menos no se presentan en el Anexo B Ensayos de Laboratorio.*

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.

En el informe se menciona que en la perforación P5 de 46 m de profundidad se llevó a cabo un ensayo Down Hole, pero los resultados del ensayo no se presentan en el Anexo A. En la Figura 3.1 se presentan los valores calculados de Vs y los resultados se confrontaron con los obtenidos en otros sitios con perfiles del subsuelo similares, con el fin de definir envolventes de valores máximos y mínimos de la velocidad de ondas de corte, Vs. Se requiere anexar los datos del ensayo Down Hole.

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.).

En el registro geotécnico de la perforación P5 se presenta la ubicación de las muestras recolectadas durante la fase de campo y en el Anexo A se menciona que sobre estas muestras en el laboratorio se ejecutaron un ensayo de velocidad de onda, un ensayo de columna resonante y tres (3) triaxiales cíclicos.

SIN EMBARGO, EN EL ANEXO B ENSAYOS DE LABORATORIO NO APARECEN RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DINÁMICOS. SE REQUIERE JUSTIFICAR ESTA OMICIÓN

En la determinación de las curvas de G/Go vs γ y β(amortiguamiento) vs γ se obtienen diferentes resultados dependiendo de la presión de confinamiento. El estudio no presenta los criterios que se tuvieron en cuanta para incorporar el efecto de la presión de confinamiento en los valores que se adoptaron de G/Go vs γ y β vs γ para los suelos limo-arcillosos (Figura 3.2).

El estudio menciona que para la determinación de la propiedades dinámicas del lente de arena identificado a partir de 36-37 m de profundidad, se evaluaron datos reportados en la literatura mundial y en varios estudios similares realizados en la ciudad de Bogotá, pero dichas propiedades no se presentan en ninguna parte del Informe. En las Figuras 3.2 y 3.3 se presentan los valores reportados por Seed e Idriss (1970) para arenas, pero esta Asesoría no es claro si éstos fueron los valores utilizados en el análisis de la respuesta dinámica del depósito.

4.5 Utilizar todos los acelerogramas del proyecto de microzonificación sísmica de Bogotá, en la obtención del espectro de respuesta en superficie.

El informe cumple ampliamente con este requisito.

4.6 Realizar mínimo un análisis unidimensional (SHAKE, EERA), para todas las zonas de la microzonificación, siempre y cuando la pendiente del terreno sea inferior a 10 grados.

El estudio cumple con este requerimiento.

4.7 Para todas las zonas el espectro obtenido no puede ser menor que el espectro mínimo establecido para cada zona en la Microzonificación Sísmica de Bogotá,

La revisión del espectro queda supeditada a las aclaraciones solicitadas en las anteriores secciones.

5. REVISIÓN DEL ESTUDIO ACTUALIZADO DE FECHA OCTUBRE 5 DE 2004

5.1 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

El estudio aclara que el espesor del depósito es superior al planteado en el estudio de microzonificación sísmica, por lo cual optan por asumir un espesor de 60 metros.

El estudio cumple este requerimiento.

5.2 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

En el informe se aclara el criterio utilizado para definir el perfil entre los 46 y 60 metros de profundidad. De igual manera, se presentan las curvas utilizadas para definir la variación del módulo de corte y el amortiguamiento (curvas propuestas por Seed en 1970). A este respecto es importante destacar, que la degradación del módulo en arenas, está fuertemente influenciada por la presión de confinamiento como lo muestra Ishibashi (1992). Finalmente queda la duda sobre la escogencia de la curva, ya que lo ideal hubiera sido realizar un triaxial dinámico. Para futuros estudios se recomienda la realización de ensayos de laboratorio sobre los materiales más representativos.

Un aspecto que merece especial atención es la manera como se han venido determinando el módulo y el amortiguamiento a nivel de laboratorio. Para esta Sociedad no es representativo tomar una muestra a la que se le va incrementado el nivel de deformación con el número de ciclos, ya que de esta manera se induce una historia previa de esfuerzos y deformaciones a la muestra v y por tanto las propiedades varían. Esto podría explicar en parte el comportamiento atípico de las curvas. Si bien el método es el más económico, a nivel experimental no es lo mejor.

Una alternativa más representativa podría ser evaluar tanto el esfuerzo de corte como el número de ciclos equivalentes y aplicarlos a la muestra haciéndolos corresponder al esfuerzo desviador y a la frecuencia de la carga.

El estudio cumple con este requerimiento.

5.3 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

El consultor en esta segunda versión anexa los resultados del ensayo Down Hole.

El estudio cumple con este requerimiento.

5.4 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

El estudio anexa las curvas utilizadas para el estrato de arena, que corresponden a las presentadas por Seed en 1972. Como se mencionó en la sección 5.2, se recomienda para futuros estudios realizar ensayos sobre este tipo de material. El estudio cumple con este requerimiento.

5.5 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.5

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión inicial.

5.6 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.6

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión inicial.

5.7 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.7

El espectro propuesto por el consultor no está acorde con el artículo 5 del decreto 074, según el cual "el espectro de diseño suavizado superficial **adoptado dependiendo de la zona en que se encuentre** no puede en ningún caso ser menor que el espectro mínimo de diseño ". Esto implica que el consultor debe adoptar el espectro mínimo de la zona 2. Por tanto es necesario corregir el espectro para periodos menores a un segundo (T<1 segundo)

Cumplimiento parcial de este requerimiento

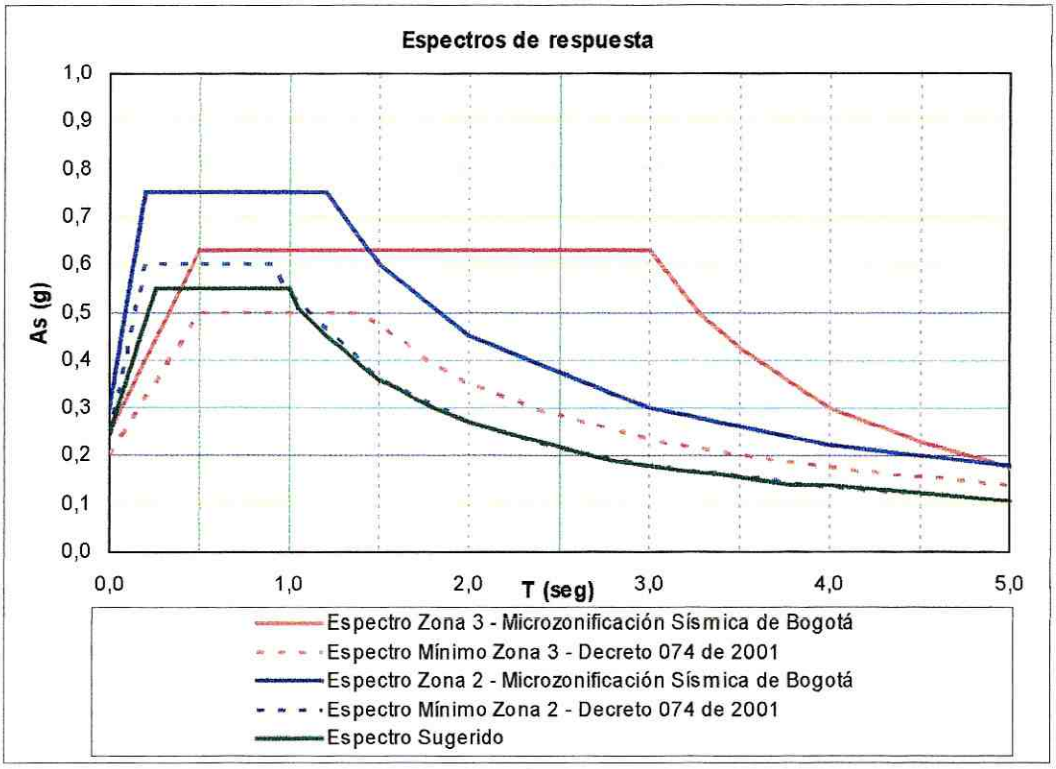


Figura 2. Espectros de Microzonificación y Espectro de Diseño Propuesto

6. REVISIÓN DEL ESTUDIO ACTUALIZADO DE FECHA FEBRERO 7 DE 2005

6.1 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 5.1

El estudio cumple este requerimiento desde la segunda revisión.

6.2 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 5.2

El estudio cumple con este requerimiento desde la segunda revisión.

6.3 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 5.3

El estudio cumple con este requerimiento desde la segunda revisión.

6.4 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 5.4

El estudio cumple con este requerimiento desde la segunda revisión.

6.5 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 5.5

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión inicial.

6.6 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 5.6

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión inicial.

6.7 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 5.7

El espectro propuesto se ajusta al espectro mínimo de la zona 2. Por tanto el estudio cumple con este requerimiento.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente revisión (tercera), 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 074 de 2001.

Revisó y Aprobó:

ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

VoBo:

ING. MAURICIO TAPIAS CAMACHO
Grupo de Conocimiento
DPAE

VoBo:

ING. JAVIER PAVA SÁNCHEZ
Coordinador Técnico
DPAE