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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT-4079 de 2004

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

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Olga Lucía López Medina Curador Urbano No. 2 (Encargado)
LOCALIDAD:	Usaquén
BARRIO:	El Verbenal
PROYECTO:	**KURAKA**
UPZ:	Verbenal 91
FECHA DE EMISION:	Diciembre 23 de 2004
TIPO DE RIESGO:	Sísmico

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

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 **segunda revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones, el cual incluye el Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, para los Edificios del Proyecto Kuraka, localizado en la Diagonal 183 No. 41-17, barrio El Verbenal de esta ciudad, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO KURAKA

El estudio entregado a esta entidad indica que en el lote localizado en la Diagonal 183 No. 41-17, barrio El Verbenal de la localidad de Usaquén, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1), se contempla la construcción de dos (2) torres de apartamentos que se desarrollan a nivel en doce (12) pisos de altura y un edificio de parqueos que quedará localizado en la esquina suroccidental del predio y que se desarrollará en sótano o semisótano y cuatro pisos de altura. Las cargas de los edificios de apartamentos se trasladan a nivel de fundación mediante muros separados por luces no mayores a 3.2 m. La estructura del edificio de parqueaderos será convencional, con columnas en concreto reforzado separadas por luces no mayores a 8 m de longitud. Para acceder al edificio de parqueos se hará una gran rampa a lo largo del paramento occidental, con acceso por la diagonal 183 y que será descubierta.

El lote del proyecto corresponde a las siguientes coordenadas:

103.842 N
118.106 E

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

El estudio de suelos y análisis de cimentaciones para los edificios del Proyecto Kuraka fue realizado por la firma Alfonso Uribe S. y Cía Ltda., mientras que Anexo E ¨Estudio de Amenaza Sísmica Local¨, que incluye el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas fue elaborado por el ingeniero Jorge A. Rodríguez O.

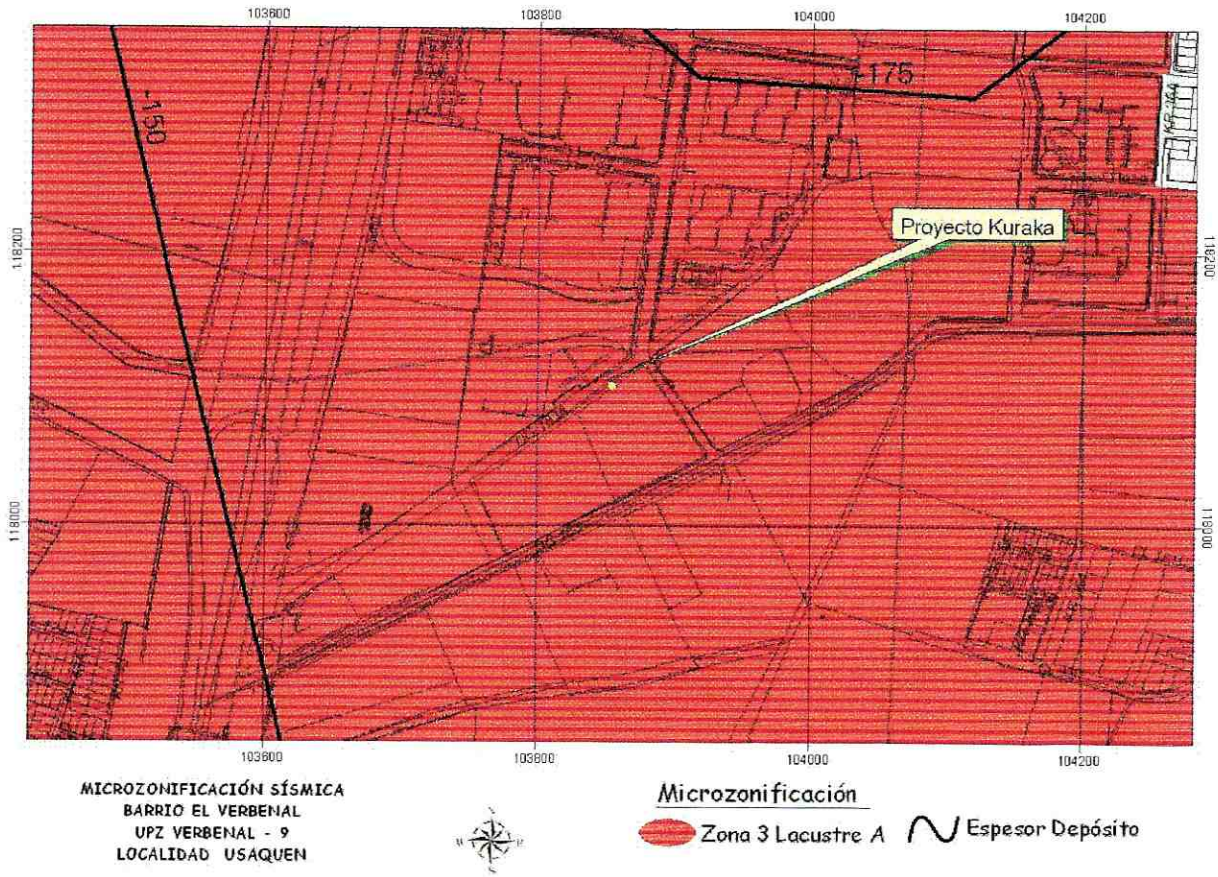


Figura 1 Ubicación del Proyecto Kuraka

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe AUS-2218-3 ¨Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones Edificios Proyecto Kuraka", se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

El propósito de la revisión es verificar 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 074.

El concepto técnico relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se transcribe con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado que se listan a continuación.

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

En el Anexo E del informe se define la localización del proyecto de acuerdo con en el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 3 Lacustre A. Esta ubicación esta de acuerdo con el Decreto 074 de 2001.

En la sección 3.2 del Anexo E, Caracterización del Suelo, se indica que de acuerdo con el Mapa de Espesor de Sedimentos del Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, D.C., en el sector del proyecto la roca se debe encontrar a 150 m de profundidad. Sin embargo, no se presenta el análisis o método de interpolación para definir esta profundidad y además de acuerdo con Estudio de Microzonificación de Bogotá, el espesor del depósito puede estar entre 150 y 175 m. Se debe verificar esta diferencia..

Adicionalmente se infiere que la estratigrafía es bastante homogénea con predominio de limos y arcillas de la Formación Sabana, con arenas hacia la base del depósito correspondiente a la Formación Subachoque.

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 las perforaciones realizadas, en la introducción del informe se indica que el estudio inicial se presentó en Julio de 2003 y que para fines del estudio de respuesta local

se realizó una nueva perforación a 50 m. En el Plano 1 se presenta el registro de dieciseis (16) perforaciones en total, trece (13) con profundidades entre 6 y 8.2 m, dos (2) a 45 m y una (1) de 50 m. Sin embargo, en el Anexo E se menciona que en el estudio inicial la firma Alfonso Uribe S. y Cía Ltda. realizó doce (12) perforaciones y para el complemento se hicieron tres adicionales, para un total de quince (15), las cuales alcanzaron hasta ***40 m****. de profundidad. ES NECESARIO ACLARAR ESTAS INCONSISTENCIAS.*

No se presenta el perfil de análisis dinámico completo y detallado hasta la roca, se asume que la profundidad total del depósito es de 150 m (falta el perfil entre los 50 y 150 m de profundidad). Solo se presenta el perfil hasta los 50 m de profundidad, aunque sin detallar parámetros índice (γt, IP, gradación, contenido de materia orgánica, etc.), y tipos de suelo de acuerdo a su diferente comportamiento dinámico (curvas de comportamiento dinámico características obtenidas a partir de los ensayos dinámicos). Tampoco se presenta el análisis o criterios técnicos utilizados para definir e interpolar el posible perfil geotécnico a profundidades mayores de 50m..

Tampoco hay correspondencia entre la estratigrafía encontrada (en promedio 10 capas hasta 45 m) en las perforaciones P4A y P13A, con los resultados de la perforación P14 (solo 3 capas hasta 50 m). En las dos (2) primeras se destaca la presencia de un estrato de aproximadamente 5-6 m de espesor con presencia de turba, a partir de los 28-30 m de profundidad. Para esta Sociedad no es claro como se utilizó un único perfil para el análisis de respuesta dinámica en toda el área del lote.

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.

Se hizo un ensayo de Down Hole del que se define un perfil con cuatro (4) estratos, que no correlacionan completamente con la estratigrafía obtenida en las perforaciones. Esta interpretación de los resultados del ensayo Down Hole parece ser deficiente, debido a que es una simplificación suponer solo cuatro (4) valores de velocidad de propagación de las ondas de corte, V_s, en un perfil compuesto por 10 capas con materiales con alguna heterogeneidad (arcillas blandas a medias, limos inorgánicos y orgánicos, turba, etc.) En la interpretación del ensayo no se manifiesta la presencia del estrato con contenido de turba que se encontró en las perforaciones P4A y P13A, a partir de los 28-30 m de profundidad.

No se indican que propiedades se utilizaron para los suelos de 50 a 150 m de profundidad. Se menciona que los valores de Vs se extrapolaron en profundidad

considerando un aumento en Vs por efecto del mayor confinamiento y la probable presencia de arenas hacia la base del depósito. En la Figura 3.2 se observa que la extrapolación realizada es aproximadamente lineal con la profundidad. Esta suposición sobrestima los valores de Vs hacia la base del depósito, puesto que Gmax y por lo tanto Vs no aumentan linealmente con el esfuerzo de confinamiento.

Estas observaciones hacen que el modelo de subsuelo asumido no corresponda al real, desde los puntos de vista de propagación de ondas, respuesta sísmica y espectros de respuesta.

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 (triaxial cíclico) sobre muestras de suelos de grano fino obtenidas a tres (3) diferentes profundidades. Sin embargo, dado que en total existen 10 capas de materiales deben establecerse correlaciones con alguna propiedad geomecánica para obtener las curvas de las capas restantes, en especial para el estrato con contenido de turba y para las arenas que se supone existen hacia la base del depósito.

Si bien la localización y profundidad de las muestras utilizadas para los ensayos dinámicos coinciden con los datos de la perforación P14, en los formatos entregados por la Universidad Javeriana, las muestras aparecen con la referencia AUS-2218-2 Proyecto Guayaney. DEBE JUSTIFICARSE ESTA APARENTE INCONGRUENCIA.

Por otra parte, los valores de densidad de cada una de las muestras no coinciden con los valores utilizados para obtener los valores de Gmax o Go a partir de los los datos de Vs obtenidos en el ensayo de Down Hole. SE DEBEN ACLARAR ESTAS DIFERENCIAS.

Los ensayos triaxiales cíclicos se realizaron con presiones de consolidación de 60, 130 y 210 kPa, respectivamente, para las tres (3) muestras ensayadas. Estas presiones corresponden aproximadamente con el esfuerzo vertical efectivo a la profundidad promedio de las muestras, asumiendo el nivel freático a –3.8 m. Estos valores son deferentes al esfuerzo de confinamiento promedio en el terreno y en consecuencia tienen un importante efecto sobre los resultados, ya que se obtienen módulos diferentes a los del terreno.. Se requiere especificar el nivel de esfuerzo de confinamiento promedio en

diferentes puntos de perfil, con el fin de considerar este efecto en la selección de las curvas de comportamiento dinámico de las diferentes capas del perfil.

Por otra parte, se presentan las curvas obtenidas en términos de la degradación normalizada de G y variación de la relación de amortiguamiento para los niveles de deformación por corte logrados en el ensayo y se comparan con franjas típicas para suelos arcillosos. Sin embargo no se reportan los valores de Go utilizados en cada caso para la normalización. Además se debe aclarar que relación hay entre las curvas de los ensayos y los datos del ensayo de down hole.

Los valores de G/Go y D/Dmax obtenidos en los ensayos triaxiales cíclicos realizados presentan cierta inconsistencia, pues si los valores de G/Go se ubican hacia el límite inferior de la franja de referencia, los valores de D/Dmax deberían aproximarse hacia el límite superior y viceversa.

En resumen, como ya se mencionó falta completar y detallar el perfil dinámico utilizado para los análisis de respuesta.

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

El estudio cumple ampliamente con este requerimiento pues se utilizaron en total diez (10) acelerogramas, dentro de los cuales se incluyeron los tres (3) registros de aceleración definidos por el Decreto 074 de 2001.

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**.

El estudio cumple con este requerimiento mediante la utilización del programa EERA que considera la propagación unidimensional de ondas de corte

4.7 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.

Después de revisar el espectro de diseño propuesto, el estudio cumple con este requerimiento. Sin embargo, la validez del espectro de respuesta en superficie está condicionada a aclarar las inconsistencias y dudas planteadas sobre los parámetros dinámicos utilizados en el análisis de la respuesta dinámica.

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO

5.1 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

Los autores del estudio, aclaran el espesor utilizado en los análisis, los cuales están acordes a los propuestos por la microzonificación sísmica.

El estudio cumple con este requerimiento.

5.2 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

Para la Sociedad no es totalmente satisfactoria la respuesta dada por el consultor, en cuanto a la manera como se identifican los diferentes estratos. Se ha insistido reiterativamente, en que no se presenta la descripción del perfil promedio utilizado para los análisis (se menciona la utilización de las perforaciones de la calle 100 y 170). Para los próximos estudios, se le exigirá al consultor la descripción de dicho perfil.
Sería adecuado presentar una tabla resumen donde se identifiquen claramente los diferentes estratos con sus respectivas propiedades asignadas, así como la curva asignada a cada uno de ellos.

El estudio cumple con este requerimiento.

5.3 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

El consultor no aclara de manera satisfactoria la hipótesis de sumir un incremento de la velocidad de onda de corte de manera lineal con la profundidad. Lo anterior implica como se manifestó en el primer informe *una sobrestimación en los valores de Vs hacia la base del depósito, puesto que Gmax y por lo tanto Vs no aumentan linealmente con el esfuerzo de confinamiento. Aunque se asumen un rango de valores, el cual es aceptable, este incremento en profundidad deja serias dudas sobre los resultados de los análisis.*

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

5.4 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

El consultor no aclara la procedencia de las muestras, ya que en la revisión inicial aparecen como proyecto Guaney. Se solicita nuevamente aclarar esta inconsistencia.

Finalmente, en la figura 3.6 se presenta la curva utilizada para los suelos arenosos, sin embargo no se menciona cual fue el criterio utilizado para la obtención de dicha curva. Se pide aclarar esta inquietud.

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 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.

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

5.5 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.5

El estudio cumple con este requerimiento desde la primera revisión

5.6 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.6

El estudio cumple con este requerimiento desde la primera revisión.

5.7 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.7

Después de revisar el espectro de diseño propuesto, el estudio cumple con este requerimiento. Sin embargo, la validez del espectro de respuesta en superficie está condicionada a aclarar las inconsistencias y dudas planteadas sobre los parámetros dinámicos utilizados en el análisis de la respuesta dinámica.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 está incompleto a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001. Para poder conocer con certeza la validez de los espectros de respuesta obtenidos y el recomendado en el estudio evaluado, primero deben aclararse y corregirse los puntos antes mencionados, ya que existen algunas dudas sobre la confiabilidad de dichos resultados.

Una vez realizadas las correcciones y aclaraciones solicitadas, se recomienda enviar el estudio nuevamente a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, con el fin de emitir concepto de cumplimiento, de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

Revisó y Aprobó:

ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

VoBo:	VoBo:
ING. MAURICIO TAPIAS CAMACHO Grupo de Conocimiento DPAE	**ING. JAVIER PAVA SÁNCHEZ** Coordinador Técnico DPAE