



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4012 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:	Agosto 9 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 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 párrafo único del artículo 7 del Decreto 074 de 2001, establece que la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias realizará la revisión



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

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 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

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.



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

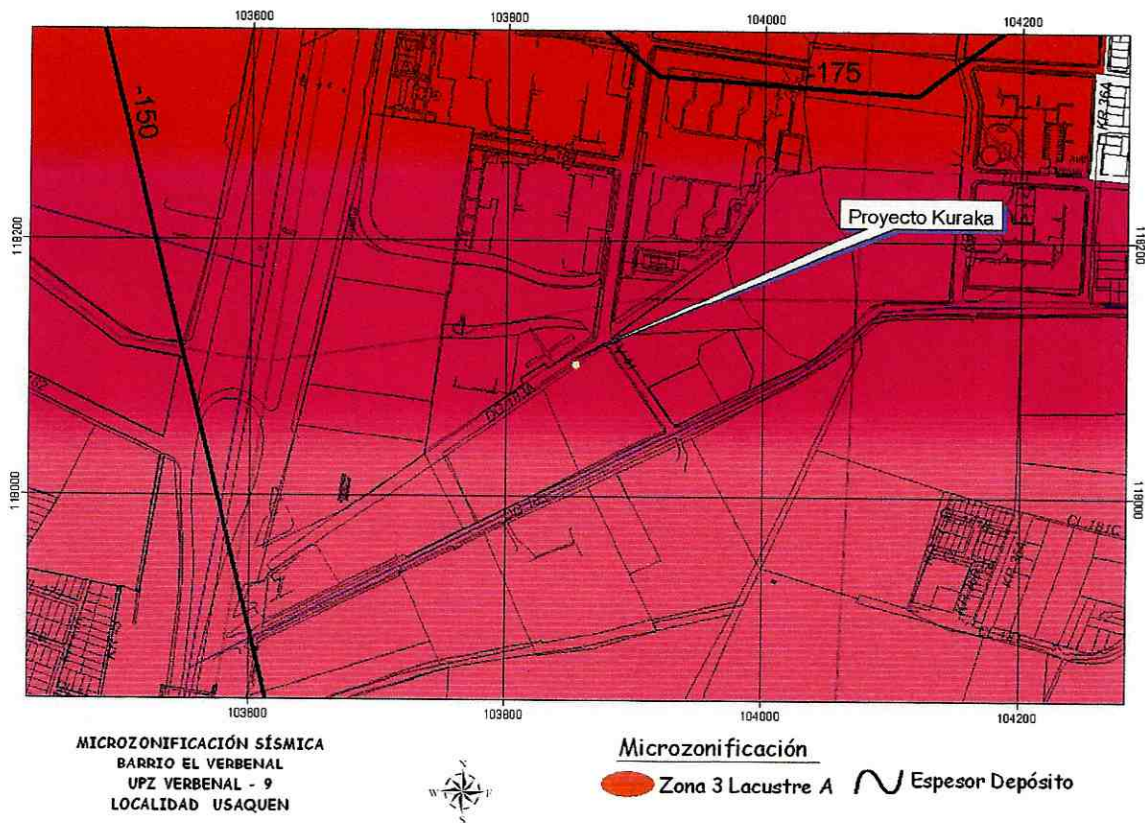


Figura 1 Ubicación del Proyecto Kuraka

4. 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.

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 presenta, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado que se listan a continuación.



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

- **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 correspondientes a la Formación Subachoque.

- **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 (γ_t , IP, gradación, contenido de materia



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

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.

- **Realizar ensayos de velocidad de onda de corte, V_s , 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 V_s se extrapolaron en profundidad considerando un aumento en V_s 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 V_s hacia la base del depósito, puesto que G_{max} y por lo tanto V_s 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.



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

- **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 G_{max} o G_0 a partir de los datos de V_s 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 diferentes 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 G_0 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/G_0 y D/D_{max} obtenidos en los ensayos triaxiales cíclicos realizados presentan cierta inconsistencia, pues si los valores de G/G_0 se ubican hacia el límite



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

inferior de la franja de referencia, los valores de D/D_{max} 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.

- **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.

- **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

- **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. 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.



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



000008

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

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.

ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

ACEPTADO: **JAVIER PAVA SÁNCHEZ**
Coordinador Técnico FOPAE