Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4261 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:

LOCALIDAD:	USAQUÉN
BARRIO:	Bella Suiza
PROYECTO:	**PROYECTO URBANÍSTICO EL BOSQUE**
UPZ:	15. Country Club
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	LFO Ingeniería de Suelos Ltda.
FECHA DE EMISION:	Diciembre 26 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 acordado la realización de una asesoría técnica por parte de la SCG 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 **primera revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas del proyecto urbanístico El Bosque ubicado en la Calle 130 No. 10-90 en la ciudad de Bogotá, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO EL BOSQUE

El estudio entregado a esta entidad indica que en el lote localizado Calle 130 No. 10-90 en la ciudad de Bogotá (Figura1), se contempla la construcción de dos torres de apartamentos de 17 pisos de altura, con un sótano de dos niveles de 4.10 m de profundidad y semisótano.

El estudio geotécnico fue realizado por la firma L F O Ingeniería de Suelos Ltda. y la evaluación de la respuesta sísmica local del suelo fue ejecutado por el Ingeniero Jorge Alberto Rodríguez.

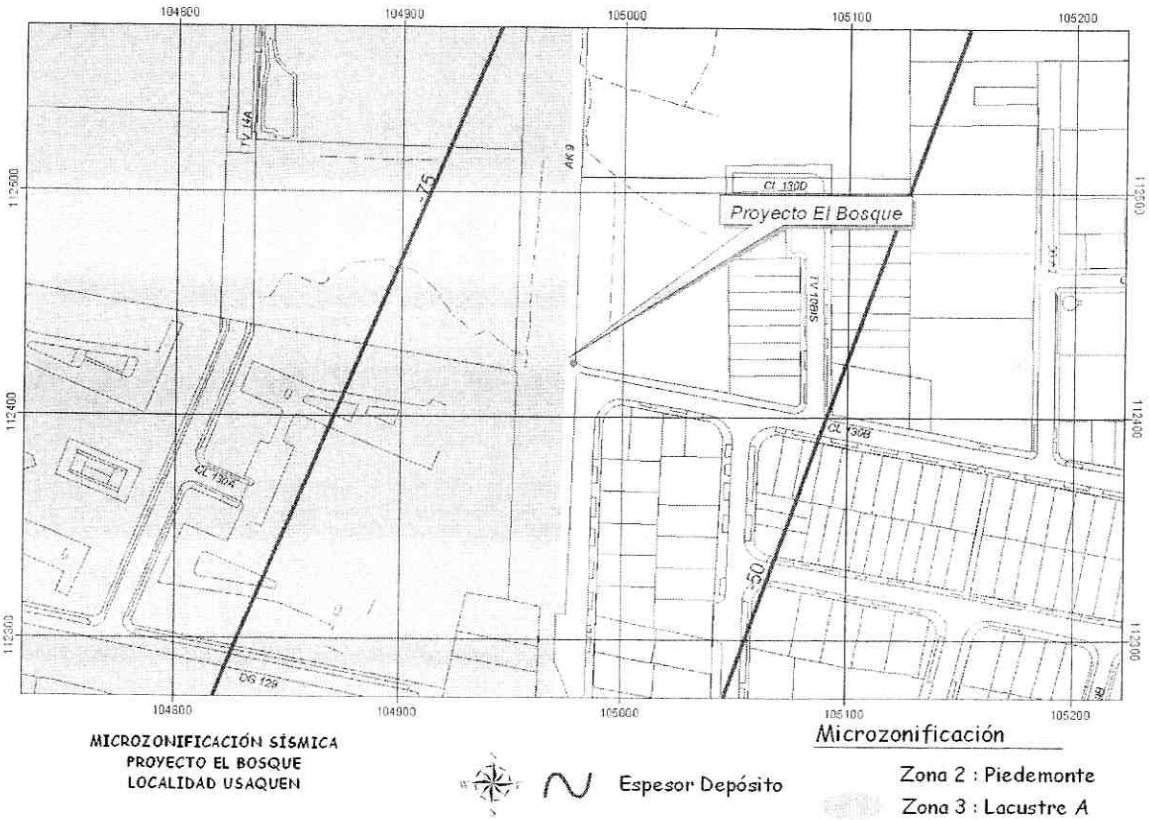

Figura 1 Localización General del Proyecto El Bosque

4. REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe "Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica Proyecto Urbanización El Bosque", 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 requisitos de manera que se pueda verificar de manera razonable la validez del espectro de diseño recomendado, si dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el decreto 074.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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.

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

  De acuerdo con lo consignado en este informe el proyecto El Bosque se encuentra localizado justo sobre la frontera de las zona 2 y zona 3, de acuerdo con el mapa de la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

  De acuerdo con el mapa de profundidades del basamento rocoso, este se encuentra a una profundidad del orden de 75 m.

  CUMPLIMIENTO

- **Para estos estudios, todos los datos de campo deben provenir de mínimo una perforación de 50 m en suelos blandos y se debe realizar 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.**

  Para el estudio de suelos se realizaron en total 8 sondeos (6 de menos de 10 m de profundidad y 2 de 50 m). En este informe sólo se hace referencia a los estudios para la respuesta dinámica y no se presentan los resultados de la exploración realizada, no se encontró el registro de las perforaciones profundas, ni los resultados de los ensayos de clasificación y/o humedad.

  Dentro del informe se hace referencia a estos resultados, pero de forma descriptiva. Se recomienda incorporar dicha información a este informe con el objeto de poder analizar más claramente las consideraciones realizadas en el estudio.

  Para definir las características de los materiales por debajo de la profundidad explorada hasta el basamento rocoso, se utilizó la información del mapa de profundidades presentado en el estudio de la Microzonificación y varias perforaciones cercanas. Además, se consideraron los resultados de estudios realizados sobre el proceso de sedimentación de la Sabana de Bogotá. Los resultados son bastante consistentes. De acuerdo con estos resultados por debajo de los 50 m explorados se encuentran sedimentos arenosos que presentan un incremento de su rigidez con la profundidad.

A pesar de que en la descripción se habla de la presencia de estratos de turba a partir de 21 m, no se considera la presencia de estos materiales dentro del perfil analizado. Como se observa en la Tabla No. 1, que se presenta a continuación, con excepción de la muestra más superficial, todas las muestras ensayadas presentan relaciones de vacíos cercanas a 3 e índices de plasticidad moderados, típicos de materiales con contenidos importantes de materia orgánica.

TABLA No. 1 Resumen propiedades ensayos dinámicos

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M)	IP %	SUCS	e_0	PESO UNITARIO (Kn/m^3)	ESFUERZO DE CONFINAMIENTO EFECTIVO (kpa)
S8-M7-SH01	8.00 – 8.70	33,1	MH	0,84	17,5	99
S8-M13-SH03	19.84 – 20.53	102,8	MH	3,98	12,4	149
S8-M16-SH04	28,50 – 29.23	28,2	MH	2,66	13,4	195
S8-M22-SH06	35,60 – 41,41	72,6	MH	3.79	11,08	158

Tal como se comenta, en el informe, existen estudios sobre el comportamiento de las turbas sometidas ante carga dinámica y su efecto en la respuesta de los suelos. Si bien es cierto que este es un tema sobre el cual existen discrepancias, se debe considerar su presencia; no se puede descartar la continuidad de estos estratos, para esto sería fundamental contar con los registros de las perforaciones ejecutadas y realizar un perfil (por lo menos con las dos profundidades) que permita confirmar o desestimar la condición de continuidad de los estratos.

En principio se considera que las turbas tienen efecto favorable a la respuesta dinámica debido a los altos amortiguamientos que se desarrollan en estos materiales, que producen como consecuencia una reducción de la respuesta, y resultaría conservativo no tener en cuenta estos materiales en los análisis; sin embargo, también se debe analizar el efecto de estos materiales en los periodos de vibración predominantes del suelo.

Se recomienda evaluar el efecto de estos materiales considerando las propuestas de Rodríguez y otros

CUMPLIMIENTO PARCIAL.

- **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 en una de las perforaciones profundas. Los resultados se reinterpretaron, pues los valores no coinciden exactamente con la interpretación realizada por P.S.I., encargado de ejecutar este ensayo.

  Los resultados de este ensayo se compararon con los resultados de `perforaciones cercanas y se distinguieron tres zonas, una superficial que muestra velocidades del orden de 200 m/seg; un segundo nivel con velocidades menores entre 100 y 150 m/seg y finalmente un material cuya velocidad aumenta con la profundidad, consistente con las características de los materiales que se presentan en la zona.

  Con base en el análisis de la información se propuso una banda de la variación de la velocidad de propagación de ondas de corte con la profundidad. Lo cual representa la incertidumbre que se presenta en la evaluación de este parámetro.

  CUMPLIMIENTO

- **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 tres ensayos triaxiales cíclicos sobre muestras inalteradas Sin embargo, llama la atención la variación de los esfuerzos de confinamiento con la profundidad y que para la muestra más profunda el confinamiento sea menor que el esfuerzo de la segunda muestra. Se recomienda explicar como se definieron los esfuerzos de confinamiento para las diferentes profundidades.

  Al tomar esfuerzos de confinamientos que no sean compatibles con el estado de esfuerzos a los cuales está sometido el suelo, se pueden obtener resultados diferentes a los representativos de los materiales ensayados.

  A pesar de contar con curvas de variación del módulo de rigidez y de la fracción de amortiguamiento con el nivel de deformación, se tomaron curvas obtenidas en la literatura y no se convalidaron con los resultados obtenidos. Además, para definir la curva de variación del módulo de rigidez y el amortiguamiento a utilizar en el análisis de la respuesta, se empleó la curva de variación del I.P. con la profundidad obtenida para una perforación ubicada en la Calle 134 con Avenida 9, relativamente cerca del proyecto El Bosque; sin embargo, si se localizan los índices de plasticidad reportados en los ensayos de la Universidad Javeriana sobre la figura 3.4 del informe, se observa que no corresponden con dicha variación.

En las tablas 3.1 y 3.2 se presentan los perfiles analizados con el programa EERA, se observa que además los pesos unitarios considerados no tienen correspondencia con los valores obtenidos en los ensayos dinámicos realizados en la Universidad Javeriana, los cuales son los únicos valores disponibles en este estudio.

INCUMPLIMIENTO.

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

Se utilizaron los acelerogramas de los sismos propuestos por la microzonificación de Bogotá, y se realizó una discusión válida sobre la representatividad del sismo de Tauramena modificado. Adicional a esto se seleccionaron 10 acelerogramas adicionales representativos de condiciones tectónicas similares a las esperadas para el sismo lejano, el sismo local y el sismo regional.

La utilización de estos acelerogramas permite hacer un barrido mas amplio de las diferentes características de los sismos esperados en Bogotá.

CUMPLIMIENTO

- **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.**

Se realizaron análisis unidimensionales con el programa EERA, que corresponde a una versión mucho más amigable del programa SHAKE. Debido a la baja pendiente de la zona no se justifica la ejecución de análisis bidimiensionales.

Los análisis efectuados consideran un número mayor de sismos que los recomendados y se consideraron las incertidumbres asociadas al valor de la velocidad de propagación de ondas S.

En cuanto a las curvas de variación de la rigidez y de la fracción de amortiguamiento con el nivel de deformación se analizó un intervalo de variación definido con base en unos índices de plasticidad que no corresponden a los valores obtenidos en los ensayos presentados en este informe.

Se deben considerar curvas correspondientes a las obtenidas en los ensayos efectuados, y con las curvas correspondientes a las características de los materiales encontrados, caracterizados por altas relaciones de vacíos e índices de plasticidad moderados, lo cual es un indicativo de la alta presencia de materia orgánica y de materiales de turba, como se comentó en la descripción de los materiales.

Se recomienda mostrar en una gráfica los rangos de variación empleados en los análisis y compararlos con las curvas obtenidas en los ensayos de laboratorio y las correspondientes a los índices de plasticidad medidos. Si estas curvas están dentro del rango establecido los resultados de los análisis serían aceptables.

CUMPLIMIENTO PARCIAL

- **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 análisis efectuados se obtiene que el espectro recomendado corresponde a uno intermedio entre los espectros mínimos propuestos para las zonas 2 y 3, puesto que en general los espectros obtenidos con un cubrimiento del 90% están por debajo de las formas espectrales especificadas.

De acuerdo con el perfil geotécnico obtenido en la perforación profunda, y tal como lo cita el Ingeniero Rodríguez en el informe, los materiales obtenidos corresponden a un perfil típico de suelos de la Zona 3, por tanto se considera que el espectro recomendado debe coincidir con el mínimo especificado para la Zona 3; puesto que con el propuesto por el Ingeniero Rodríguez se están incrementando las aceleraciones espectrales en la zona de periodos cortos, sin que exista una justificación de acuerdo con los resultados de los análisis (Ver figuras 3.10, 3.11 y 3.12 del informe) y se reducen las solicitaciones para periodos largos de más de 1 seg, que pueden coincidir con las características fundamentales de vibración de las estructuras a construir en este proyecto.

CUMPLIMIENTO PARCIAL

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente revisión, se concluye que existen aspectos que deben ser complementados y aclarados para que el estudio de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas del proyecto en referencia quede completo a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001.

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	
Revisó: **ING. JUAN CARLOS PADILLA R.** Grupo de Riesgo Sísmico DPAE	VoBo: **ING. LIBARDO TINJACA CARDENAS** Coordinador Grupo de Riesgo Sísmico DPAE