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

4091

CONCEPTO TECNICO No. CT- 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:	Dra. Brianda Reniz Caballero Curaduría Urbana No. 2
LOCALIDAD:	Suba
BARRIO:	Tuna Alta
PROYECTO:	**Fundación Colegio San Jorge de Inglaterra**
UPZ:	27 Suba
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	LFO Ingenieros de Suelos Ltda.
FECHA DE EMISION:	Febrero 4 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 revisión realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Geotecnia, el cual incluye el Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, para el Proyecto Fundación Colegio San Jorge de Inglaterra, localizado en la Carrera 93 No. 156-58 sobre la vía de Suba a Cota (costado Occidental), de la ciudad de Bogotá D.C., en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

El estudio entregado para revisión por esta sociedad indica que el lote esta localizado en la Carrera 93 No. 156-58 en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1), en el lote actualmente opera el colegio con una extensión de 6000 m^2 aproximadamente. En el informe no se incluye ninguna descripción sobre las posibles estructuras ha construir en un futuro o sobre los posibles sistema de cimentación a ser usados. Según el informe el lote se encuentra totalmente desarrollado con las instalaciones del colegio que incluyen un coliseo, salón múltiple, auditorio, laboratorios, biblioteca, capilla, cocina, enfermería, oficinas y 13 edificios de salones, además de zonas de campos deportivos y un lago. El perfil estratigráfico y la profundidad de los estratos de suelo en el lote es variable, dado que se encuentra ubicado en la zona de transición entre los cerros de Suba y la zona lacustre de la Sabana.

El lote del proyecto corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadas:

117100 N
99500 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 GEOTECNIA

El Estudio de Suelos y Geotecnia para el lote del proyecto Fundación Colegio San Jorge de Inglaterra, fue realizado por la firma LFO Ingenieros de Suelos Ltda., los Ensayos de Down-Hole fueron realizados por la firma PSI S.A., mientras que el anexo C, Análisis de Respuesta Sísmica, que incluye el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, PhD.

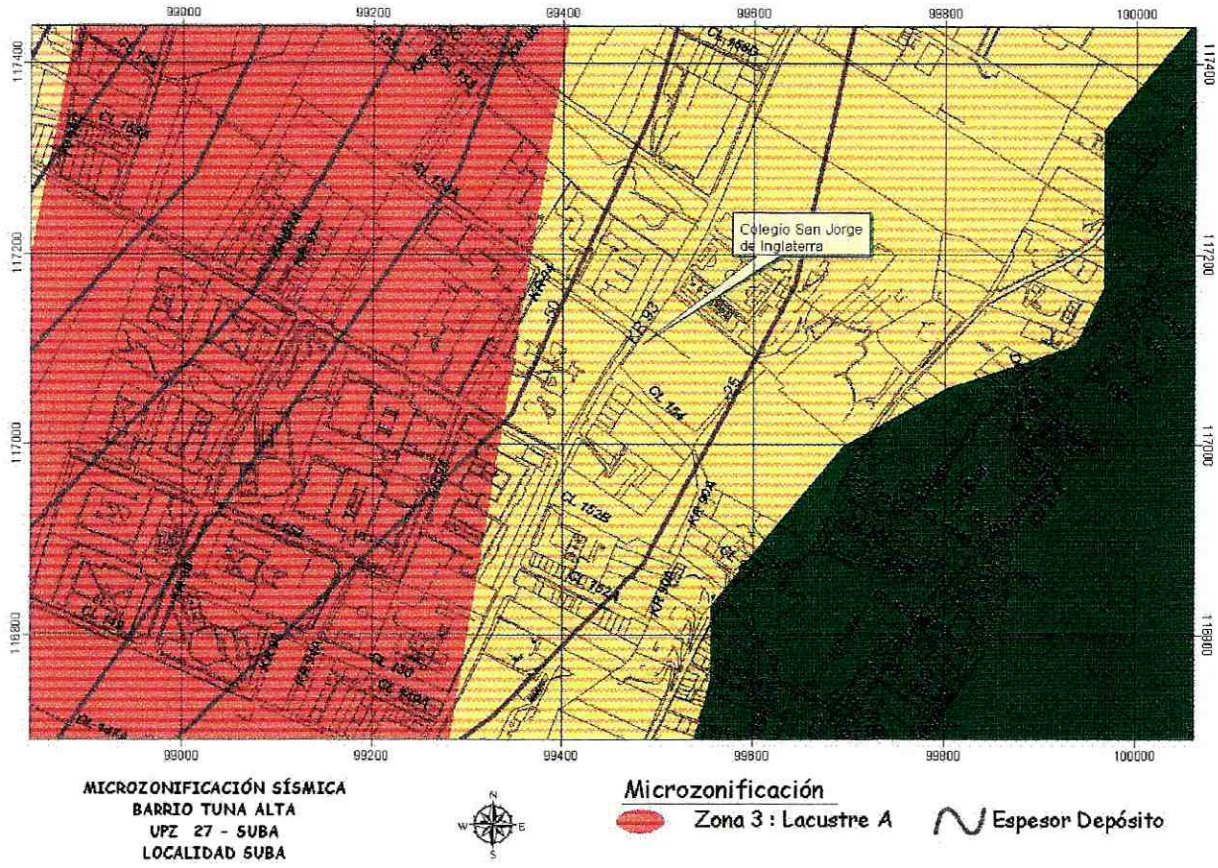


Figura 1 Localización General del Proyecto San Jorge de Inglaterra

4. REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe LFO 10303 Análisis de Respuesta Sísmica Colegio San Jorge de Inglaterra, 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.

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

  En el capitulo 3 del Anexo C del informe se define la localización del lote del proyecto de acuerdo con el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la zona de transición entre la Zona 1 y la Zona 3, dada la extensión del lote. Esta ubicación esta de acuerdo con el Decreto 074 de 2001 (Figura 1 del presente concepto técnico).

- **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**.

  Para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto se realizaron tres (3) perforaciones, con profundidades entre los 11 y los 35 m. A partir de estas perforaciones se identifico una zona de transición entre la roca y depósitos coluviales o suelos residuales. De los sondeos realizados se obtuvieron muestras remoldeadas, las cuales fueron ensayadas para su clasificación y humedad.

Ninguna de las perforaciones alcanzó la profundidad de 50 m., dado que en las perforaciones se alcanzaron los estratos rocosos, sin embargo el Decreto 074 de 2001, exige que cuando no se alcancé la profundidad de 50 m., se debe penetrar al menos 5 m. en el estrato rocoso y se debe verificar que no se trate de fragmentos de roca embebidos en suelo no competente. En este sentido el estudio no cumple con los requisitos del Decreto 074, pues el estudio no muestra que se hayan penetrado los 5 m. en el estrato rocoso.

- **Realizar ensayos de velocidad de onda de corte, Vs, por medio de métodos de campo como down hole, cross hole y otros equivalentes.**

  Se hicieron tres (3) ensayos de Down-Hole con profundidades de 13, 11 y 9 m., estos con el fin de definir el perfil de la velocidad de onda, Vs. en profundidad. En el informe se presentan las figuras de profundidad vs. tiempo de viaje, correspondiente a los ensayos de Down-Hole realizados por la firma PSI.

  Los ensayos realizados no cubren el intervalo de profundidades necesarias para lograr una completa y correcta caracterización de los perfiles de los suelos, los ensayos deben alcanzar profundidades mayores para lograr tal fin.

  Es necesario mejorar en este particular con el objeto de validar el estudio propuesto.

- **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 este estudio no se presentan ningún tipo de ensayos relacionados con este particular.

  En la tabla 3.1, se presentan los parámetros de materiales utilizados en las modelaciones, pero en ninguna parte del informe se describe como se determinaron esos parámetros, es absolutamente necesario indicar como se asignaron cada uno de los valores presentados a cada uno de los materiales.

  En este estudio no se determinan las propiedades de rigidez y amortiguamiento de los suelos, esto en particular es necesario para adelantar un análisis de la respuesta dinámica del sitio.

El estudio NO cumple en cuanto los requerimientos de ensayos dinámicos.

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

  En el estudio se propone utilizar un total de seis (6) acelerógramas, entre los cuales se incluyen los tres usados para la microzonificación sísmica de Bogotá. Las principales características de los acelerógramas son presentados en la tabla 2.3

  Cada uno de los registros se presentan en el informe, pero falta incluir el factor de escala que se utilizo para normalizar los sismos, por otra parte también se deben discutir los posible efectos que tiene el uso de los factores de escala, teniendo en cuenta que el uso de factores de escala es solo justificable para factores alrededor de la unidad. Tampoco se describe en el informe que componente del movimiento se seleccionó para la modelación de la respuesta. También se debe aclarar si para la modelación de la respuesta se uso toda la señal del registro o solo se uso la ventana del registro que corresponde a las ondas de corte, esto es muy importante desde que usualmente los programa para modelación de la respuesta solo considera ondas de corte.

- **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**.

  Dado que la ubicación del lote esta en la zona de transición entre la Zona 1 y la Zona 3, se hace necesaria la utilización de modelos bidimensionales, los cuales son usados en el informe presentado. Sin embargo en el modelo presentado no es considerada las propiedades de respuesta dinámica de los suelos.

  Se solicita aclarar que ecuación constitutiva se utilizó para modelar el problema dinámico, ya que los parámetros utilizados son los correspondiente a un modelo lineal. Desafortunadamente, el modelo lineal no es capaz de reproducir adecuadamente el comportamiento dinámico de un deposito de suelo; De igual manera, se pide aclara las condiciones de contorno utilizada en la malla de elementos finitos, ya que dependiendo de la condición de contorno utilizada (Dirichlet), se presentara rebote de ondas, las cuales invalidan los resultados.

En el modelo bidimensional de elementos finitos utilizados muestran elementos de diferentes tamaños, incluso algunos de ellos demasiado grandes para poder lograr una modelación adecuada de las bajas frecuencias contenidas en los acelerógramas. Es necesario que se indiquen los criterios utilizados para definir el tamaño de los elementos finitos, pues el tamaño de los elementos limita el rango de frecuencias valido de las modelaciones. En este sentido, la falta de bajas frecuencias en los resultados obtenidos es más atribuible a la incorrecta escogencia del tamaño de los elementos, que a los efectos topográficos (como se especula en el informe), más aun cuando los efectos topográficos favorecen a la generación de altas frecuencias.

La figura 3.15 presenta una función de amplificación con respecto al valor medio de Sa en función del grado de cobertura por incertidumbre, para este trabajo se ha seleccionada una incertidumbre del 90%, a la cual corresponde un factor de amplificación de 1.55 con respecto a la media de la función de amplificación. Es necesario justificar la escogencia de la incertidumbre del 90%.

- **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 informe presenta en la figura 3.21 y 3.22 una comparación de los espectros mínimo y máximo de las zonas 1, 2, y 3 del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá D.C., así mismo se presentan los espectros promedios obtenidos mediante el análisis de respuesta bidimensionales, sin embargo estas comparaciones deben realizarse con respecto a los espectros obtenidos en cada caso para cada registro por separado.

Según el análisis presentado, se siguiere que para la zona alta, por encima de la cota 2590, se use un espectro de diseño intermedio entre el mínimo y el máximo de la zona 1. Por otra parte, para la zona baja, por debajo de la cota 2590, se recomienda el uso de un espectro diseño que esta por encima del mínimo de la zona 3.

La validez de los espectros de respuesta en superficie está condicionada a aclarar las inconsistencias y dudas planteadas, en especial a la escogencia de las señales y a las velocidades en roca para el perfil de la modelación.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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