Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

Sociedad Colombiana de Geotecnia
www.scg.org.co

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4001 **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:	Dra. Brianda Reniz Caballero Curador Urbano No. 2
LOCALIDAD:	TEUSAQUILLO
BARRIO:	Gran América
PROYECTO:	**MIRADOR DE TAKAY**
UPZ:	Quinta Paredes 107
FECHA DE EMISION:	Junio 22 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 parágrafo 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 BOGOTA D.C.

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 Particular de Respuesta de Amplificación Local del proyecto urbanístico Mirador de Takay - en el barrio Gran América de la localidad de Teusaquillo, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES

El estudio entregado a esta entidad indica que en el lote localizado en la Avenida El Dorado con carrera 35, barrio Gran América de la localidad de Teusaquillo (Figura 1), se contempla el desarrollo de un proyecto con torres de 17 pisos, pero no se indica el área construída o las coordenadas del mismo.

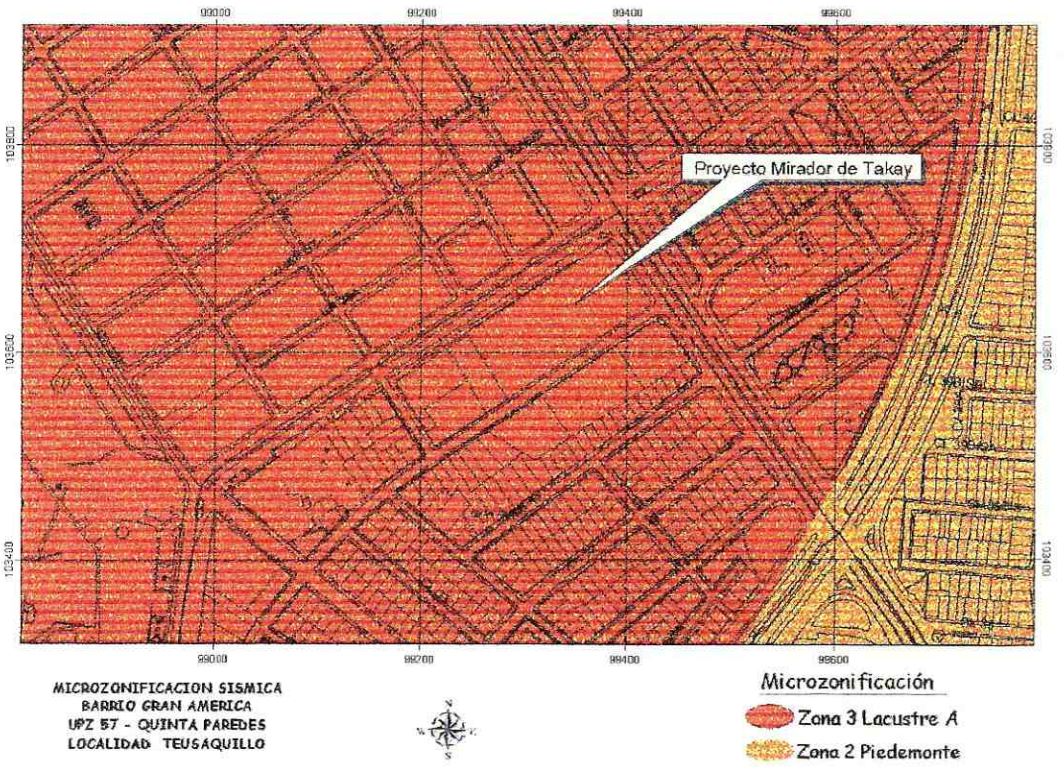


Figura 1. Localización General del Proyecto Mirador de Takay – Barrio Gran América

El estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas fue elaborado por la firma Espinosa y Restrepo.

4. REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe EYR-S 5815 "Análisis de microzonificación local para el proyecto Takay, ubicado en la avenida El Dorado con carrera 35 de Bogotá," y el "Estudio de Suelos Proyecto Mirador de Takay, Trabajo FM-3285A", se hace 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 presenta a continuación, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado.

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

  En el cuerpo y anexos del informe se incluye la localización del proyecto en el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 3 Lacustre A. Sin embargo, en el informe no se hace referencia a las implicaciones de la ubicación en dicha zona para la realización de los estudios geotécnicos detallados y el análisis de la respuesta local de amplificación de las ondas sísmicas.

- Realizar número suficiente de ensayos para caracterizar el perfil. Para complementar la información en profundidad 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.

  No se presenta el perfil de análisis dinámico completo y detallado hasta la roca (falta el perfil dinámico entre los 50m y 125m de profundidad). Solo se presenta el perfil hasta los 50m de profundidad, aunque sin detallar parámetros índice (γt, IP), y tipos de suelo de acuerdo a su diferente comportamiento dinámico (curvas de comportamiento dinámico características obtenidas a partir de los ensayos dinámicos, ya que las presentadas para arenas son teóricas). Tampoco se presenta el análisis utilizado para definir e interpolar el posible perfil geotécnico entre 50m y 125m. De acuerdo con el mapa de espesores del Subproyecto 7 del Estudio de Microzonificación Sísmica, la profundidad del depósito está entre 125 y 150 m.

  Los valores de resistencia a la penetración estándar N_{SPT} obtenidos del sondeo S1 (realizado para el estudio dinámico), difieren de los valores obtenidos del ensayo SPT sobre los suelos de los perfiles ST-2, ST-3, ST-8 y ST-9, realizados en el estudio de suelos para el mismo edificio (ver tabla anexa). Esto corrobora la falta de cuidado en la

interpretación de la respuesta dinámica en todo el lote estudiado (¿como se microzonificó entonces?).

Prof. (m)	*Capa (Sondeo 1)*	*N (golpes/pie)*	*Estudio de suelos Valores de N (golpes/pie)*			
		Sondeo 1	*ST-2*	*ST-3*	*ST-8*	*ST-9*
2.5 – 4.0	*Limo arenoso*	*12-18*	*4-5*	*3-4*	*2-3*	*5-6*
6-7	*Limo arcilloso orgánico negro de consistencia firme*	*5-4*	*6-6*	*1-2*	*-----*	*2-3*
10-11.5	*Arena gris de densidad muy compacta*	*45-30*	*-----*	*4-4*	*5-4*	*10-10*
17.5-18.00	*Limo arcilloso*	*6-6*	*5-4*	*5-4*	*-----*	*-----*
26-29	*Arena carmelita*	*18-28*	*-----*	*-----*	*7-17*	*-----*
43-44.50	*Arena arcillo-limosa*	*43-50*	*13-18*	*13-10*	*10-8*	*-----*

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

  La interpretación de los resultados del ensayo Down Hole es deficiente, debido a que es erróneo suponer una velocidad de propagación de onda uniforme de V_s = 130 m/s, V_p = 325 m/s, en un perfil compuesto de materiales de gran heterogeneidad (arcillas blandas a firmes, turbas, arenas densas), valores que son típicos solamente de arcillas blandas.

  Un perfil de velocidad de onda detallado a partir de los resultados del ensayos Down Hole, debería ser como el que se muestra a continuación, donde se observa que las capas de arena tienen Vs =182-200m/s, mientras que las capas de turba varía con Vs = 75 – 111 m/s, y para las capas de arcilla entre 121 – 167 m/s.

PROF. (m)	*Descripción*	*DH 1*		*Vs (m/s)*	*Vp (m/s)*
		Ts	*Tp*		
2	*Relleno (0-2.5m)*	*16.5*	*2*	*121*	*1000*
4	*Limo arenoso (2.5-4m)*	*33*	*4*	*121*	*1000*
6	*Arcilla gris clara (4-7m)*	*44*	*8*	*182*	*500*
8	*Arcilla gris clara (4-7m)*	*62*	*14*	*111*	*333*
10	*Limo orgánico (7-10m)*	*80*	*26*	*111*	*167*
12	*Arena gris muy densa (10-11.5m)*	*91*	*36*	*182*	*200*
14	*Limo arcilloso gris (11.5 - 26.5m)*	*106*	*42*	*133*	*333*
16		*118*	*48*	*167*	*333*
18		*124*	*52*	*333*	*500*
21		*144*		*150*	
24	*Limo arcilloso gris (11.5 - 26.5m)*	*165*	*68*	*143*	*375*
27	*Arena limosa compacta (26.5-29m)*	*180*	*77*	*200*	*333*
30		*210*	*80.0*	*100*	*1000*
33	*Limo arcilloso gris (29-32m)*	*250*		*75*	

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

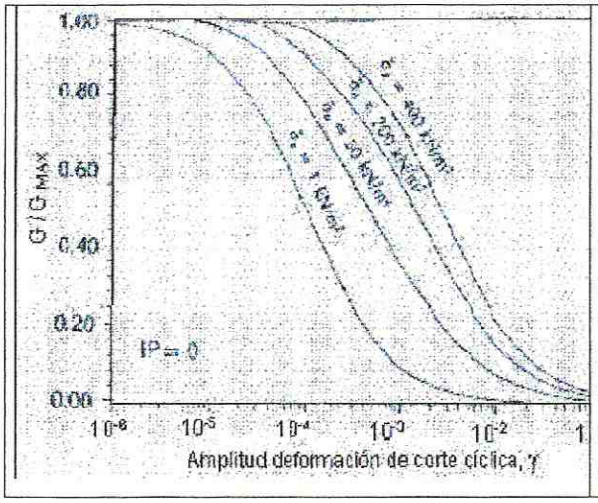
36	*Arena muy densa (32-34m)*	*275*		*120*	
38		*282*	*110*	*286*	*267*
40	*Arcilla limosa con turba (34-43m)*	*320*		*53*	
42.5		*337*		*147*	
	Valores muy altos				

- 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.).

  No hay correspondencia entre la localización (profundidad) y el tipo de muestras reportadas como usadas para la realización de los ensayos triaxiales cíclicos. Según el laboratorio de la PUJ se ensayaron las muestras 2 (9m) y 6 (24m). De otro lado en la tabla de la página 8, aparecen otras profundidades (12.5 y 48m) para los mismos ensayos. Finalmente, al comparar con el perfil geotécnico de la perforación realizada para este estudio se nota que a las anteriores profundidades indicadas solo se tenían muestras alteradas obtenidas del ensayo SPT. Por lo tanto, queda la inquietud sobre que es lo cierto en todos estos datos o si se emplearon muestras alteradas para los ensayos dinámicos.

  Aunque en el numeral 2.4 del estudio se comenta que se realizaron ensayos dinámicos de columna resonante, módulo G de laboratorio (velocidad de onda?) y triaxial cíclico, no aparecen los resultados de los dos primeros ensayos (columna resonante y modulo G de laboratorio). Por lo tanto, se desconoce como se normalizaron dichas curvas dinámicas, ya que los resultados reportados están incompletos. Deben presentarse los datos de laboratorio de estos ensayos y la metodología de normalización empleada.

  Hace falta especificar el nivel de esfuerzo de confinamiento promedio en diferentes puntos de perfil, con el fin de seleccionar adecuadamente las curvas de comportamiento dinámico de las diferentes capas de arena del perfil (10-11.5 m, 26.5-29.0 m, 32-34m, 43-44.5m). En la figura anexa se muestran las variaciones en la forma de las curvas por este efecto. Adicionalmente las curvas dinámicas de arenas medias y arenas densas presentadas son idénticas, lo cual no necesariamente es cierto.



Vucetic, Mladen & Dobry, Ricardo (1991). Effect of soil plasticity on cyclic response, ASCE, JGE, Vol 117, No.1.

Curvas de degradación del módulo de corte con la deformación para suelos de baja plasticidad como las arenas (IP=0) ensayadas a diferentes presiones de confinamiento.

Los valores del coeficiente de atenuación ε (amortiguamiento?) hallado a partir de la relación de $Gmáx_{SPT}/Gmáx_{Down\ Hole}$ no corresponde al nivel de deformación alcanzado en el suelo durante un sismo, y los valores muestran relaciones inversas de atenuación, dando una mayor atenuación de las capas de arena (ε=0.048) que en las capas de suelos finos (ε=0.015-0.02), lo cual en realidad debería ser al contrario, las arcillas atenúan más que las capas arena.

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

  El estudio cumple con esta especificación. Sin embargo, la aceleración horizontal máxima en la roca para el sismo de México es de $Ah_{máx}$=0.038g, en lugar de 0.03g, y la aceleración del evento regional es de Ah_{max}=0.20g, en lugar de 0.25g.

- 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.

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

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 serias dudas sobre la confiabilidad de dichos resultados.

ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

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