Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4421 de 2006

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

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Gonzalo Parra Gómez
LOCALIDAD:	1- Usaquén
BARRIO:	Santa Bárbara Oriental
PROYECTO:	**Montemadero- Calle 124 con Kra 7**
UPZ:	14 Usaquén
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Espinosa y Restrepo- Ingeniería de Suelos.
FECHA DE EMISION:	Julio 19 de 2006

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 **cuarta revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia al "Análisis de Microzonificación Local para el Proyecto a Construirse en la Carrera 7 con Calle 124 de Bogota"- Informe EYR-S 6185 en versión de Mayo 24 de 2006, realizado por Espinosa y Restrepo- Ingeniería de Suelos, acompañado de un carta de respuesta a las observaciones anteriores; todo en cumplimiento con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001, reemplaza a la tercera versión de Febrero 27 de 2006, a la segunda versión de Julio 19 de 2005 y a la inicial de Febrero 23 de 2005,

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

El estudio, entregado para revisión por esta Sociedad, indica que el proyecto esta localizado en la Carrera 7 con Calle 124, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1). El estudio establece que se trata de una edificación "*de 12 pisos y 2 sótanos contra la carrera 7a y hasta 4 sótanos en la parte posterior, en pórticos de concreto con luces entre ejes de columnas hasta de 6.0m. Las cargas previstas, alcanzan valores entre 560.0 y 486.0 toneladas*". Se presenta un plano topográfico del lote y secciones, pero estas últimas sin la edificación. En 3.3. Conclusiones y Recomendaciones de la versión de 19-Jul-05 se indica que "*..el tipo de cimentación recomendada en el estudio de suelos, el cual consistirá en caissons o pilotes apoyados en roca..*" y en disquete anexo al informe de 19-Jul-05, en el archivo "6185-microzonificacion.pdf", que contiene el estudio de suelos, se plantean alternativas de caissons acampanados de diámetro mínimo de 1.3m o pilotes pre-excavados con diámetros entre 0.6m y 1.1m, confirmando lo expresado en el informe de evaluación de Jul-19-05.

Según el plano de la DPAE, las coordenadas aproximadas del centro del lote son (Figura 1):

NORTE: 111,460 m ESTE:105,450 m

En el Informe para la Revisión 3, en el Anexo 2, el plano del proyecto indica que el lote se encuentra entre coordenadas planas: N: 111,420m a 111,505m; E:105,416m a 105,487m., totalmente coherentes con el plano de la DPAE

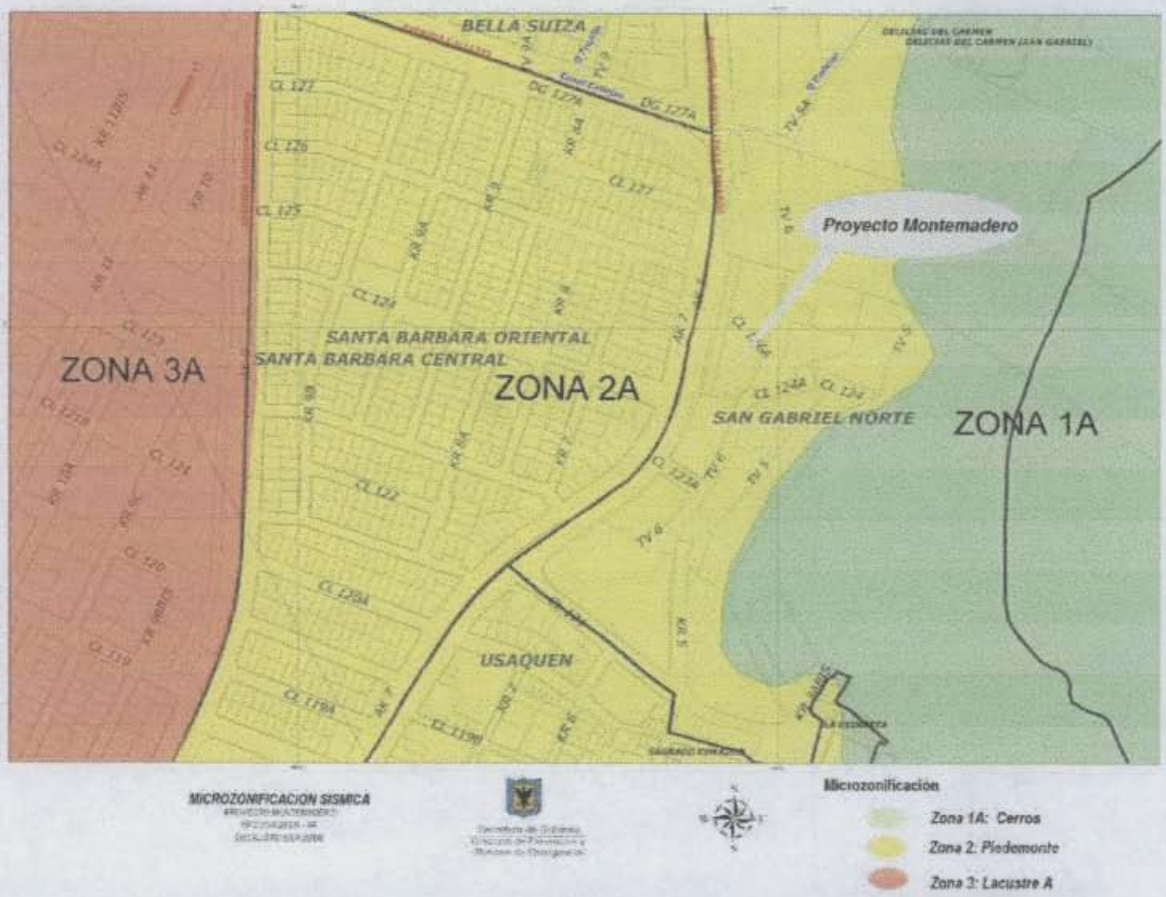


Figura 1 Localización de Proyecto Montemadero- Carrera 7- Calle 124

El perfil estratigráfico en el sitio del proyecto, de acuerdo a la descripción del Informe, consta de: (a) Rellenos superficiales heterogéneos arenosos con gravas, limo orgánico y raices con espesores entre 3.3m y 8.7m (b) Suelos arenosos y algunas intercalaciones de arcillas, todos con gravas, de consistencia variable, que aparecen a continuación de los rellenos, llegando hasta 30m de profundidad en un sitio (c) Conglomerado de bloques de arenisca en matriz arcillo-arenosa, que se presenta a partir de 30m de profundidad en un punto del lote.

El Estudio de Respuesta Sísmica Local para el sitio del proyecto Montemadero en la Carrera 7 con Calle 124, fue realizado por la firma Espinosa y Restrepo-Ingeniería de Suelos; los Ensayos de Down-Hole fueron realizados por la firma PSI S.A.. Los ensayos dinámicos sobre muestras inalteradas de suelos fueron realizados por el CIMOC de la Universidad de los Andes.

4. REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del Informe EYR-S 6185, correspondiente a "Análisis de Microzonificación Local para el Proyecto a Construírse en la Carrera 7 con Calle 124 de Bogotá", 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, en especial aquellos contenidos en su Artículo 7o, que se listan a continuación.

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

En el Capitulo 1- Proyecto, del Informe, se define la localización del lote del proyecto de acuerdo con el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 2 - Piedemonte, lo cual es correcto.

*EL ESTUDIO **CUMPLE** CON LA ASIGNACION DEL LOTE A LA ZONA 2 DE LA MICROZONIFICACION SISMICA DE BOGOTA.*

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 pueden 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 seis (6) perforaciones: dos (2) con profundidad de 10.0 m, dos (2) con profundidad de 15.0 m, una (1) con profundidad de 20.0 m y una (1) con profundidad de 36.0 m. los sondeos están ubicados en planta en un plano con curvas de nivel y en los registros y en el plano del Anexo 2, se indica la cota de la boca de cada sondeo. Con estas perforaciones se identificó que los suelos en la zona están conformados por: (a) Rellenos superficiales heterogéneos arenosos con gravas, limo orgánico y raices con espesores entre 3.3m y

8.7m (b) Suelos arenosos y algunas intercalaciones de arcillas, todos con gravas, de consistencia variable, que aparecen a continuación de los rellenos, llegando hasta 30m de profundidad en un sitio (c) Conglomerado de bloques de arenisca en matriz arcillo-arenosa, que se presenta a partir de 30m de profundidad en un punto del lote.

De los 6 sondeos realizados se obtuvieron muestras remoldeadas, de las cuales se ensayaron once (11) muestras para clasificación y humedad y de cinco (5) muestras inalteradas, dos (2) se ensayaron para compresión inconfinada y tres (3) para ensayos dinámicos, se hicieron 51 ensayos de SPT y se presentan los resultados. No hay sino cinco (5) datos de pesos unitarios.
LA SOCIEDAD ESTIMA QUE, EN SU CONCEPTO, EL NÚMERO DE ENSAYOS EJECUTADOS NO ES SUFICIENTE PARA LA ADECUADA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO DEL SITIO

Del mapa de espesores de sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, es posible concluir que las unidades de suelo pueden llegar hasta los 50m de profundidad en el lote en estudio. COMO SE VERÁ EN 4.3, UNA SOLA PERFORACION LLEGÓ AL ESTRATO ROCOSO BLANDO A 30m DE PROFUNDIDAD..

En la primera y segunda revisiones, la SCG solicitó al Consultor, entre otras cosas, que "..determine adecuadamente la profundidad a roca en por lo menos tres (3) puntos del lote o en (2) puntos en el perfil bajo la edificación" y en reunión en DPAE, la SCG acordó con el Consultor que éste indicaría en un plano los afloramientos rocosos.

En el Anexo 6 (Plano de Cortes y Sondeos- Montemadero-Entremontes), el Consultor presenta una planta y una sección, en la cual se incluye una perforación en un proyecto vecino (S11 de Proyecto Entremontes, con material de areniscas a 0.5m de profundidad) y se presenta la sección para análisis posteriores.

En la Tercera Revisión se decía:

"NO SE PRESENTAN EN LA SECCION LA UBICACIÓN DE LOS SONDEOS S6 DE MONTEMADERO Y S11 DE ENTREMONTES.

EN CONSECUENCIA EL ESTUDIO CUMPLE CON LAS EXIGENCIAS DEL DECRETO 074 DE 2001 PARA LA ADECUADA CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA DEL SUBSUELO DEL LOTE, NECESARIA PARA LOS ANALISIS SISMICOS BIDIMENSIONALES. SE RECOMIENDA UBICAR LAS PERFORACIONES Y EL PILOTAJE PROPUESTO EN EL PERFIL DE ANALISIS".

En el informe de Mayo 24 de 2006, en la sección de análisis del Anexo 6, el Consultor ubica tanto las perforaciones como el pilotaje.

*ENTONCES, EL ESTUDIO **CUMPLE** CON LAS EXIGENCIAS DEL DECRETO 074 DE 2001 PARA LA ADECUADA CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA DEL SUBSUELO DEL LOTE, NECESARIA PARA LOS ANALISIS SISMICOS BIDIMENSIONALES.*

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 (1) ensayo de downhole hasta una profundidad de 35.8 m., con el fin de definir el perfil de la velocidades de ondas sísmicas, de cortante y de compresión. En el Informe se presenta la figura de Profundidad vs Tiempo de Viaje, correspondiente al ensayo de downhole realizado por la firma PSI.

Para el material (c) Conglomerado, que aparece a partir de los 30m de profundidad en el Sondeo 6 y que el Consultor adopta como nivel rocoso, la velocidad Vs reportada es de 360 m/s, la cual no alcanza los 750 m/s asignados a roca en la norma NSR98, pero si es igual a la velocidad de 360 m/s indicada en la Tabla H-1-1 del Apéndice H1 de la misma norma NSR98 como límite inferior para roca blanda . ENTONCES, DESDE EL PUNTO DE VISTA SÍSMICO, SE ALCANZÓ A 30 m PROFUNDIDAD A ROCA BLANDA.

*EN CONSECUENCIA EL ESTUDIO **CUMPLE** CON LAS PROFUNDIDADES MINIMAS DE ENSAYOS DE CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS.*

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.).

En este estudio de Cuarta Revisión se presentan los mismos ensayos dinámicos de los tres informes anteriores (velocidad de onda, triaxial cíclico y columna resonante) para tres (3) muestras inalteradas del Sondeo 6 (erróneamente reportado en el Informe del CIMOC como Sondeo 5), a profundidades de 5.75, 9.75 y 22.75 m. En el aparte 2.1- Descripción del Subsuelo, el Consultor presenta seis (6) capas de materiales, agrupadas en tres (3) tipos: Depósitos Antrópicos (capas 1 y 2), Depósito Coluvial (capas 2 y 3) y Formación Arenisca de Labor (capas 5 y 6). En el aparte 3.1- Metodología y Datos de Entrada, la Gráfica No 6, de un perfil bidimensional, y las gráficas de amortiguamiento y de G/Gmáx, presentan también seis (6) capas de materiales.. El Consultor adicionalmente menciona que usó los ensayos de laboratorio sólo para los materiales arcillosos y que la caracterización de materiales arenosos o conglomeráticos se hizo con correlaciones.

En la Revisión Inicial, la SCG solicitaba:

"Es necesario que el Consultor: (1) explique en detalle esta inconsistencia del número de materiales; (2) explique cual de las correlaciones que presenta fue la finalmente usada para los tres (3) materiales que no tienen ensayos dinámicos de laboratorio y (3) complemente la tabla de la página 21, que actualmente contiene sólo valores de Gmáx, con los valores, para cada tipo de material: (a) de profundidades en el perfil, (b) de pesos unitarios, (c) de velocidades de cortante y (d) de las ecuaciones de las curvas de G/Gmáx vs Deformación y de % de Amortiguamiento vs Deformación"

En la Segunda Revisión la SCG decía:

"En el Informe Revisado el Consultor presenta la Tabla No. 4 de la página 15, la cual tiene las siguientes columnas:

(1) Profundidad (m)
(2) SPT - Promedio y Corregido
(3) Indice de Plasticidad (sin unidades, se asume que es %)
(4) Velocidad de onda Vs (m/s)
(5) Gmáx a partir de downhole, sin unidades
(6) Gmáx a partir de SPT (ton/m2), sin decir de cual correlación
(7) Gmáx a partir de SPT (ton/m2), sin decir de cual correlación
(8) Coeficiente de atenuación (sin símbolo)
(9) Gmáx suelos cohesivos (ton/m2), sin decir de cual correlación

La SCG tiene las siguientes observaciones a esta Tabla 4:

(1) En la Tabla 4 hay una división en seis (6) unidades aparentemente así, para que coincida con la tabla de la página 1: (1) 0 a 6m; (2) 6 a 9m; (3) 9 a 15m; (4) 15 a 24m; (5) 24 a 31m y (6) 31 a 37m. Esta división difiere nuevamente de la división del subsuelo del aparte 2.1 y no hay explicación al respecto.
(2) Esta misma división también difiere parcialmente de la división de las velocidades del ensayo downhole, en el tramo (3), en dónde, en éste, la división está de 9 a 13m, de 13 a 18m y de 18 a 24m. Dado que se usaron otros intervalos de profundidad, las velocidades deben variar algo en relación a las inicialmente planteadas.
(3) En la columna (1) la Tabla 4 llega hasta una profundidad de 37m, siendo que la perforación 6 llegó a 36m de profundidad y el downhole a 35.8m. Posteriormente el modelo se lleva a 38m de profundidad. No hay explicación para estas diferencias.
(4) En la columna (2) en ninguna parte se dice cómo se obtuvo el promedio y como se corrigió el valor de SPT. Adicionalmente, a profundidades mayores de 20m se indican valores de SPT (golpes/pie) de 23, 77, 9, 13 y 15, cuando los reportados en el registro del Sondeo 6, único que llegó a tales profundidades, corresponden a 23, 9 , 6, 13 y 15 golpes/pie, muy inferiores a los usados. Se deben corregir estos valores.
(5) En la columna (3), en el último sector, de 31 a 37m, la velocidad es 380m/s, cuando el resultado del downhole es de 360m/s. No hay explicación para esta diferencia.
(6) En la columna (5), si el Gmáx está en ton/m2, su valor está sobreestimado 10 veces y aparentemente el valor de peso unitario total usado es de 1.7 ton/m3. O no se recordó que la densidad $\rho = \gamma / g = \gamma / 9.81$,

en dónde γ = peso unitario total (ton/m3). Además, en los pocos ensayos (5), los pesos unitarios son superiores a 1.7.

(7) En las columnas (6), (7) y (9) no se indica que correlaciones se usaron

(8) Usualmente no hay discrepancias tan grandes como las que se presentan entre los valores de las columnas (5), (6), (7) y (9). Es necesario revisar los cálculos y normalmente el valor más confiable de G es el obtenido de Vs, empleando la formulación correcta y los valores de peso unitario adecuados

En la página 18 el Consultor presenta la Tabla 5 con las siguientes columnas:

(1) Estrato
(2) Profundidad (m)
(3) Gmáx (ton/m2)
(4) Coef de atenuación
(5) Peso unitario (ton/m3)

La SCG tiene las siguientes observaciones a la Tabla 5:

a) En la columna (1) las mismas observaciones a) y b) de la Tabla 4
b) En la columna (2) la misma observación c) de la Tabla 4.
c) En la columna (3) no se indica como se obtuvieron los valores definitivos de G, de todas las posibilidades de la Tabla 4. Tambien la observación f) de la Tabla 4.
d) En la columna (4) no hay ningún valor de coeficiente de atenuación. Deben colocarse los que se emplearon en los análisis.
e) En la columna (5), la misma observación sobre pesos unitarios de la observación f) de la Tabla 4
f) Debe adicionarse una columna con valores de Vs. .
g) Por lo anterior, si se calcula Vs con los pesos unitarios de la columna (5) y los valores de G de la columna (3), resultan valores muy diferentes de los de downhole. Todos lo valores deben ser coherentes y hay que revisar todos los cálculos de parámetros de entrada al modelo bidimensional"

En la Tercera Revisión se consignó:

a) "El Consultor suprimió la Tabla 5 y aparentemente incorporó los datos a la Tabla 4.
b) En el aparte 3.1-Metodología y Datos de Entrada 3.1, en las páginas 15 a 17 se explica, aunque no con total claridad, cuáles fórmulas y correlaciones se emplearon en cada caso. (se anota que la ecuación $G = \rho Vs^2$, no es una correlación sino una fórmula de la física elemental).
c) En la Tabla 4, se tienen las siguientes observaciones, algunas de ellas no atendidas de la segunda revisión:
  (1) En la columna (1) la Tabla 4 llega hasta una profundidad de 37m, siendo que la perforación 6 llegó a 36m de profundidad y el downhole a 35.8m. No hay explicación para estas diferencias. SE DEBEN DAR RAZONES.
  (2) En las columnas (2, (3) y (4), en ninguna parte se dice cómo se obtuvo el promedio y como se corrigió el valor de SPT. Adicionalmente, a profundidades mayores de 20m se indican valores de SPT (golpes/pie) de 23, 77, 80, 13 y 15, cuando los reportados en el registro del Sondeo 6, único que llegó a tales profundidades, corresponden a 23, 9, 6, 13 y 15 golpes/pie, diferentes a los usados. SE DEBEN CORREGIR LOS VALORES DE 77 Y 80 GOLPES/PIE.
  (3) La columna (16) de Gmáx a partir de downhole no tiene unidades.
  (4) En las columnas (17) y (18) aparecen DOS valores de Gmáx a partir de SPT. No se dice cómo se obtuvieron y los valores de la columna (17) son muy bajos.

d) *En el aparte 3.1-Metodología y Datos de Entrada, en las páginas 19 a 23, el Consultor explica el procedimiento para obtener las curvas de degradación de G/Gmáx y de amortiguamiento con la deformación de cortante γ y al respecto se anota:*

(1) *En la Tabla 5, los valores de frecuencia y período de los sismos usados no coinciden con los que se deducen de los registros empleados en la Microzonificación Sísmica de Bogotá y que son:*

SISMO	ACELEROGRAMA	FRECUENCIA (c/seg)	PERIODO (seg)
CERCANO	corral.ace.txt	4.54	0.220
REGIONAL	frontal.ace.txt	1.35	0.741
LEJANO	mexico.ace.txt	0.82	1.220

(2) *Las columnas de la Tabla 6 no tienen unidades.*

(3) *El modelo bidmensional ahora tiene las dimensiones correctas, aunque en la sección no se establece dónde se ubica el sondeo 6.*

e) *En las páginas 24 a 29 se indican los seis (6) estratos con las profundidades usadas (aparentemente correspondientes con el Sondeo 6), el Gmáx, el amortiguamiento usado y las curvas G/Gmáx vs Deformación de Cortante γ (en %) y de Amortiguamiento ξ vs Deformación de Cortante γ (en %) y al respecto se observa:*

(1) *No están los valores de pesos unitarios adoptados para cada estrato. DEBEN REPORTARSE ESTOS VALORES DE PESOS UNITARIOS.*

(2) *Se reportan valores de amortiguamiento usados para cada material. ESTOS AMORTIGUAMIENTOS DEBEN SER LOS VALORES INICIALES, PUES SI NO, NO TENDRÍA SENTIDO USAR LA CURVA DE ξ vs γ. DEBERAN REPORTARSE LOS VALORES DE AMORTIGUAMIENTO FINALMENTE ENCONTRADOS POR EL PROGRAMA USADO. ES ERRADO USAR ξ = CONSTANTE.*

(3) ***Las curvas de los materiales 2 (pág. 25), 3 (pág. 26), 5 (pág. 28) y 6 (pág. 29) ESTAN ERRADAS**. En los ensayos triaxiales dinámicos de la Universidad de los Andes, LAS DEFORMACIONES DE CORTANTE SE REPORTAN EN TANTO POR UNO Y NO EN PORCENTAJE y en los gráficos de estos materiales SE COLOCARON ERRADAMENTE LOS VALORES DE DEFORMACIÓN DE CORTANTE EN PORCENTAJE.. **DEBEN CORREGIRSE ESTAS CURVAS PUES INFLUYEN GRANDEMENTE EN LOS RESULTADOS FINALES DE ESPECTROS***

EL ESTUDIO SIGUE CUMPLIENDO PARCIALMENTE EN CUANTO A LOS REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS DINÁMICOS.

SE REQUIERE ACLARAR Y COMPLEMENTAR LA INFORMACION DE LOS ENSAYOS Y REVISAR LOS CALCULOS DE LOS PARAMETROS DE CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS MATERIALES PARA QUE HAYA CUMPLIMIENTO."

Para esta Cuarta Revisión se anota, con el mismo orden de la Tercera Revisión:

a) Los datos de parámetros están en la Tabla 4, con 25 columnas

b) *En el aparte 3.1-Metodología y Datos de Entrada 3.1, en las páginas 15 a 17 se sigue explicando, aunque no con total claridad, cuáles fórmulas y correlaciones se emplearon en cada caso.*

c) *En la Tabla 4 se observa:*
   (1) Se corrigió la profundidad máxima a 36m
   (2) Se colocaron en las columnas 2 a 7, los valores de SPT de cada sondeo y en la columna 8 el promedio aritmérico. Siguen sin corregir los valores de SPT que corresponden al Sondeo 6. En la columna de SPTcorr aparecen valores más cercanos pero no los reportados en el registro del Sondeo
   (3) Las columnas 21 a 23 de Gmáx ya tienen unidades de ton/m2. A las columnas 15, de humedad y 17, de IP, les faltan las unidades (%)
   (4) En las columnas 22 y 23 siguen apareciendo DOS valores de Gmáx a partir de SPT. No se dice cómo se obtuvieron y los valores de la columna 22 son muy bajos.

d) *En el aparte 3.1-Metodología y Datos de Entrada, en las páginas 19 a 23, el Consultor explica el procedimiento para obtener las curvas de degradación de G/Gmáx y de amortiguamiento con la deformación de cortante γ y al respecto se anota:*
   (1) Ya se encuentran los parámetros correctos de los sismos que aparecen en la página web de la DPAE.
   (2) Las columnas de la Tabla 6 ya tienen unidades
   (3) El modelo bidimensional tiene las dimensiones correctas y en él están ubicadas las perforaciones.

e) *En las páginas 25 a 30 se indican los seis (6) estratos con las profundidades usadas (aparentemente correspondientes con el Sondeo 6), el Gmáx, el peso unitario usado y las curvas G/Gmáx vs Deformación de Cortante γ (en %) y de Amortiguamiento ξ vs Deformación de Cortante γ (en %) y al respecto se observa:*
   (1) Ya se encuentran los valores de pesos unitarios asignados a cada estrato. Se anota que el peso unitarlo del Estrato No 3 (1.67 ton/m3) puede estar subestimado.
   (2) Ya no se indican valores de amortiguamiento usados en cada material, el cual no puede ser constante.
   (3) Las curvas de los materiales 2 (pág 26), 3 (pág 27) y 5 (pág 29) ya fueron corregidas.

f) En el aparte 4.0, el Consultor indica que, dentro del modelamiento, se consideraron pilotes, sin embargo no presenta los parámetros dinámicos asignados a estos pilotes ni como se modelaron estos elementos tridimensionales en una sección bidimensional.

EL ESTUDIO **CUMPLE** EN CUANTO A LOS REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS DINÁMICOS. HAY PEQUEÑAS INCONSISTENCIAS AUN POR CORREGIR.

PARA PODER ACEPTAR LOS ANÁLISIS INCORPORANDO LOS PILOTES, EL CONSULTOR DEBE EXPLICITAR SUS PROPIEDADES DINAMICAS Y LA FORMA COMO SE CONSIDERARON LOS PILOTES EN EL MODELO DINAMICO.

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

En la Tercera Revisión se dijo:

"En el estudio se menciona que se utilizan (3) acelerogramas: Lejano.acc, Cercano1.acc y Regional.acc, escalados a 0.038g, 0.25g y 0.20g, respectivamente.

Según se ve en 4.4 d)(1), los nombres de los acelerogramas no coinciden con corral.ace.txt, frontal.ace.txt, mexico.ace.txt, ni tampoco los valores de frecuencia y período de los registros. ES DECIR, NO SE ESTAN USANDO LOS ACELEROGRAMAS EXIGIDOS POR EL DECRETO 074.

*EL ESTUDIO **NO CUMPLE** EN CUANTO A LOS REQUERIMIENTOS DE EMPLEO DE ACELEROGRAMAS"*

En esta Cuarta Revisión, en 4.4 d) se dice que ya se encuentran los parámetros correctos de los sismos que aparecen en la página web de la DPAE.

*EN CONSECUENCIA EL ESTUDIO **CUMPLE** EN CUANTO A LOS REQUERIMIENTOS DE EMPLEO DE ACELEROGRAMAS*

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. Para pendientes superiores a 10 grados se deben emplear modelos bidimensionales.

De acuerdo al Anexo 1- Formato de Campo del Informe, la pendiente del terreno estimada en el lote en estudio es del 20% que corresponde a 11.31°, superior a 10° y por lo tanto se requiere análisis bidimensional.

En la Revisión Inicial, la SCG solicitaba:

"El Consultor, luego de clarificar la profundidad a roca solicitada en los puntos 4.2 y 4.3, debe: (1) aclarar si el modelo fue uni o bidimensional, (2) ubicar la sección de análisis en el plano solicitado en 4.2; (3) colocar escalas adecuadas a la sección de análisis e identificar los tipos de materiales de la sección; (4) explicar claramente los criterios de escogencia del tamaño de los elementos finitos; (5) suministrar los listados de los espectros obtenidos en superficie para los tres acelerogramas y por lo menos para dos (2) puntos del perfil bidimensional"

En la Segunda Revisión, la SCG anotaba:

"En cuanto a (1) y (2) y (3), el Consultor presenta la Gráfica No. 6 de la página 18 con un modelo bidimensional, con profundidad en el extremo izquierdo de 38m, en el extremo derecho de 64m, longitud de 160m y la localización del proyecto, con lo cual se cumplen (1) y (3). No hay referencia acerca de a cuál de los tres ejes mostrados en el Plano del Anexo 6 corresponde esta sección No se cumple (2).

El punto (4) se cumple con lo expuesto en la página 17, pero no se cumple el punto (5) pues no hay listados de los espectros, ni se sabe en cuáles puntos del modelo bidimensional se obtuvieron dichos espectros".

En la Tercera Revisión se hicieron las siguientes observaciones, algunas de las cuales eran de la Segunda Revisión y no se atendieron:

a) *Ya se conoce en cual sección se hizo el análisis.*
b) *No se saben los puntos de la sección en dónde se obtuvieron los espectros.*
c) *Se deben dar espectros superficiales para por lo menos dos (2) puntos superficiales del perfil bidimensional.*
d) *Persiste la falta de listados de los espectros obtenidos, anotando que los principales espectros de comparación son los espectros superficiales a nivel de la edificación.*

En esta Cuarta Revisión se anota:

a) *La sección de análisis esta claramente identificada*
b) *Se indicaron en la sección los puntos dónde se obtuvieron los espectros*
c) *Se dieron espectros superficiales en dos puntos*
d) *En el Anexo 7- Espectros de Respuesta, se presentan los listados de los acelerogramas*
e) *No se presenta como se incorporaron los pilotes en el análisis, según ya se dijo en 4.4f) y 4.6.*

FALTA DESCRIBIR COMO SE INCORPORARON LOS PILOTES EN EL ANALISIS DINAMICO. EN CONSECUENCIA EL ESTUDIO PRESENTADO ***CUMPLE*** *CON LOS REQUISITOS DE HACER ANÁLISIS DINÁMICOS, PERO LOS RESULTADOS DE DICHOS ANALISIS NO SE PUEDEN AVALAR POR LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA, POR RAZONES QUE SE INDICAN ADELANTE, EN 4.7.*

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.

El Informe tiene las Gráficas 23 a 29, en cada una las cuales se presentan tres (3) espectros correspondientes a los tres acelerogramas empleados, un espectro promedio, uno propuesto y los espectros de Zona 2. Las Gráficas están para dos puntos superficiales (uno en zona sin pilotes y otro sobre un pilote), 4m de profundidad, 20m de profundidad, en la base de los pilotes y en roca, sin especificar profundidad.

En la Tabla 6 de la página 36 se dan los parámetros de un espectro de diseño, que corresponden al Espectro Mínimo para Zona 1, para lo cual el Consultor se basa en el numeral (7) del Artículo 4 del Decreto 074 de 2001. que reza así:

" 7) En la Zona 2. Piedemonte - inchuyendo las zonas 2A, 2B y 2C - y a criterio del responsable de estudio geotécnico, se establecerá si se puede utilizar el espectro correspondiente a la Zona1.Cerros, considerando el tipo de cimentación de la estructura, la estratigrafia local, las características mecánicas de los depósitos y los efectos topográficos, con base en estudios geotécnicos detallados según se estipula en el Título H del Decreto 33 de 1998 y en el Articulo Sexto del presente Decreto"

Se observa :

a) *Los espectros presentados por el Consultor a 20m de profundidad, en roca, en la base de los pilotes y el promedio superficie-roca, no superan el espectro mínimo de Zona 1.*
b) *Los pilotes van a actuar durante un sismo en conjunto con todo el perfil, desde roca hasta superficie.*
c) *Varios puntos de los espectros presentados por el Consultor, superficiales y a 4m de profundidad superan el espectro mínimo de Zona 1 y en algunos casos el mínimo de Zona 2.*

d) Hay zonas de la construcción que no van a tener pilotes

e) Ante los inesperados resultados de los puntos a) y c), la Sociedad Colombiana de Geotecnia realizó analisis de verificacion, los cuales muestran resultados de espectros con valores de aceleracion mucho mas altos que los presentados por el Consultor.

EN CONSECUENCIA:

ES FISICAMENTE IMPOSIBLE PRETENDER QUE UN PERFIL DE SUELOS CON ESPESORES HASTA DE 38M Y SOBRE ROCA BLANDA, PERTENEZCA A UN SITIO CON CARACTERISTICAS GEODINAMICAS ASIMILABLES A LA ZONA 1, Y MUCHO MENOS QUE LA RESPUESTA PUEDA CORRESPONDER AL MINIMO DE LA ZONA 1, INDEPENDIENTEMENTE DEL TIPO DE CIMENTACION QUE SE UTILICE. EL CONSULTOR DEBE REVISAR LAS CONDICIONES DEL ANALISIS DINAMICO Y DE LOS ESPECTROS OBTENIDOS.

POR LO TANTO LA SCG CONCLUYE QUE EL ESTUDIO NO CUMPLE CON EL REQUISITO QUE "EL ESPECTRO DE DISEÑO OBTENIDO NO PUEDE SER MENOR QUE EL ESPECTRO MÍNIMO ESTABLECIDO" PARA LA ZONA 2, LA CUAL CORRESPONDE EN ESTE CASO A LA DEL SITIO DEL PROYECTO.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente **CUARTA REVISIÓN**, **se concluye que el "Análisis de Microzonificación Local para el Proyecto a Construírse en la Carrera 7 con Calle 124 de Bogota", NO CUMPLE** con los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001. SE DEBE RESPETAR EL VALOR MÍNIMO ESTABLECIDO POR EL DECRETO PARA ESTA ZONA 2.

Una vez realizadas las aclaraciones y revisiones solicitadas, la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, emitirá concepto de cumplimiento, de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

Revisó y Aprobó:

Jorge A. Rodriguez O.

JORGE ALBERTO RODRIGUEZ O.
Presidente
Sociedad Colombiana de Geotecnia

Revisó:

ING. JUAN CARLOS PADILLA R.
Grupo de Estudios Técnicos y Conceptos
DPAE

VoBo:

ING. PABLO GARZON CASARES
Jefe (E) Estudios Técnicos y Conceptos
Area de Investigación y Desarrollo
DPAE

Aprobó:

ING. GUILLERMO AVILA ALVAREZ
Coordinador de Investigación y Desarrollo
DPAE