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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4175 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:	Alfonso Uribe Sardiña
LOCALIDAD:	16 Puente Aranda
BARRIO:	Paloquemao
PROYECTO:	**Puente Vehicular NQS con Calle 13**
UPZ:	102 Sabana
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Alfonso Uribe Sardiña
FECHA DE EMISION:	Junio 28 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

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 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 **segunda revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Estudio de Respuesta Local Puente vehicular de la troncal NQS con calle 13 Ingeniería Estructural y Sísmica, que en el Capítulo 9 incluye las consideraciones sísmicas para efectos del Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO PUENTE VEHICULAR NQS CON CALLE 13

El estudio entregado a esta entidad indica que en la avenida NQS con calle 13, (Figura 1), se contempla la construcción de obras de adecuación, mantenimiento estructural y actualización sísmica del puente vehicular de la troncal NQS con calle 13.. El proyecto está ubicado en las siguientes coordenadas:

- 98432 E
-101998 N

El estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones así como el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas fue elaborado fue elaborado por la firma Alfonso Uribe & y Cía Ltda., Estudios de Suelos.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

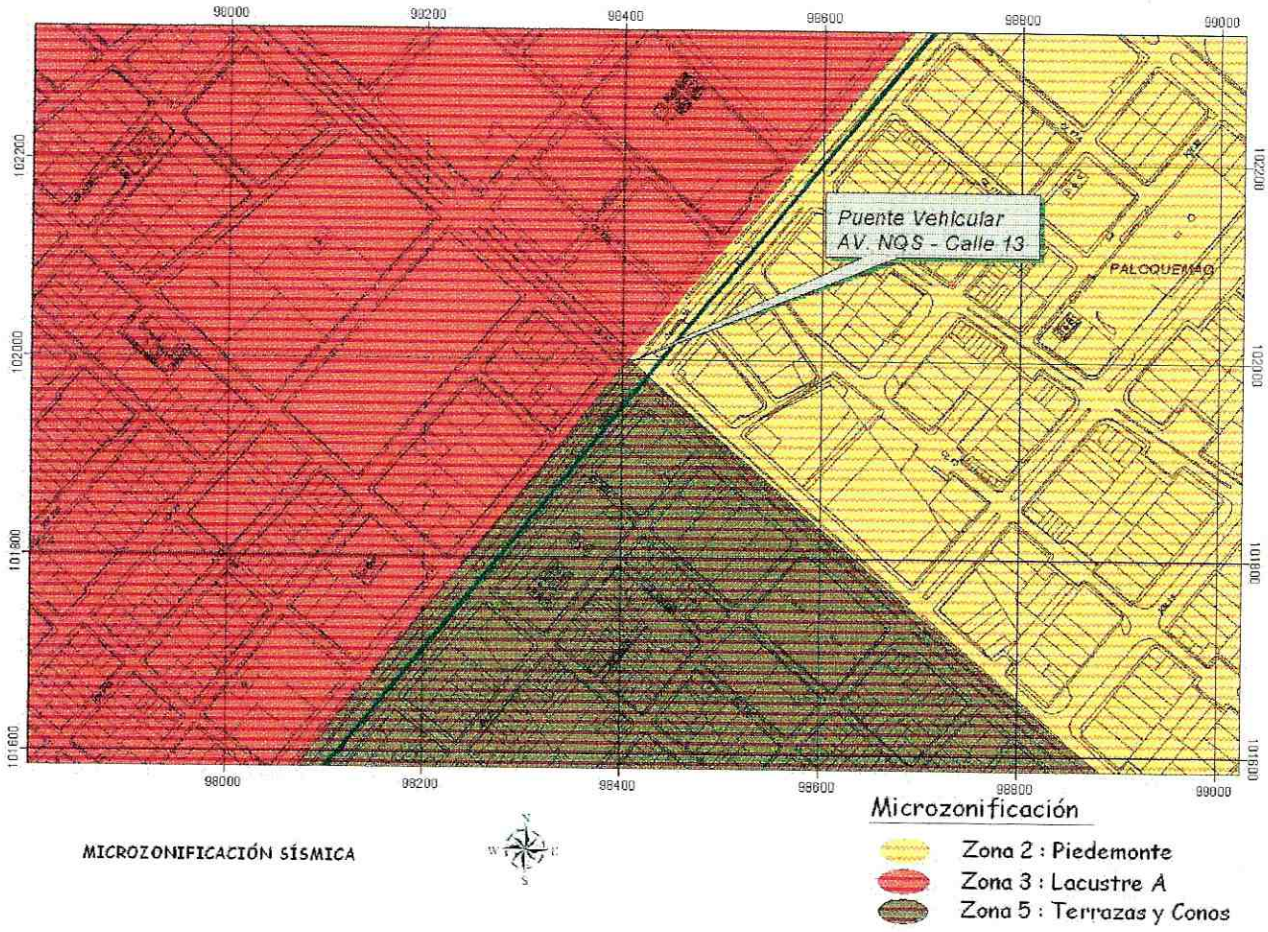

Figura 1 Localización General del Proyecto Puente Vehicular de la Troncal NQS con Calle 13

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La primera revisión del informe AUS-2610-1 "Estudio de Suelos y Estudio de Respuesta Local Puente Vehicular de la Troncal NQS con calle 13", a construirse en la NQS con calle 13 de Bogotá, se hizo a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con los requisitos de manera que se pueda verificar de forma razonable la validez del espectro de diseño recomendado, si dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el decreto 074.

El concepto técnico No. 4118 de Marzo 30 de 2005 relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se transcribe, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado que se listan a continuación:

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

En el cuerpo del informe se define la localización del proyecto de acuerdo con en el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 2 Piedemonte, 3 Lacustre A y 5 Terrazas y Conos.

EL ESTUDIO CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO

4.2 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.

En el capitulo 3- Análisis de Respuesta se indica que la profundidad del depósito en el sitio es del orden de 75 m., lo cual está de acuerdo con el estudio de microzonificación. El consultor realiza una comparación con los perfiles de SPT de la Clínica San Pedro ClaveR, CAD, puente calle 26 con carrera 30. Sin embargo, no se presenta ninguna información sobre el estudio de suelos del puente NQS con calle 13. De igual manera se menciona en la página 4 del estudio los valores de Vs se obtuvieron a partir de correlaciones con el ensayo SPT, pero estas correlaciones no se presentan.
*La Sociedad le solicita al consultor, aclarar que correlaciones utilizó para la determinación de **Vs** a partir del **N** del SPT.*
Otro interrogante que surge es cuando el consultor menciona que los perfiles difieren bastante del perfil del Salitre y del CAD. Esto implicaría más bien que el material es muy diferente y por tanto dichos estudios no son representativos de las condiciones geotécnicas existentes en el área de estudio.

El análisis de los perfiles muestran la presencia de una capa de Turba cuya profundidad fluctúa entre 9 y 12 metros para la perforación 1, 7.5 y 11.5 metros para la perforación 2, y entre 7.5 y 8.5 metros para la perforación 3, la cual no es tenida en cuenta en el análisis. En anteriores estudios, el consultor menciona el estudio de Carlos Moreno sobre turbas; creemos que es necesario empezar a tener en cuenta este material, con el fin de modelar lo más acertadamente posible la respuesta local del terreno, máxime en este tipo de estructuras.

Debido a que en realidad hay un desconocimiento del material entre los 50 y 75 metros de profundidad, lo más adecuado hubiera sido llevar la perforación 2 hasta los 75 metros de profundidad. Las hipótesis del consultor sobre asumir que a partir de los 50 metros la velocidad de ondas de corte se incrementa de manera exponencial (con exponente menor que 1), puede ser cierta o no. Desafortunadamente hay muchos factores que afectan Vs, como para asumir una variación de este tipo.

Finalmente, es importante destacar que en el estudio se ejecutaron solamente tres perforaciones, que a juicio de la Sociedad son insuficientes, lo ideal sería realizar al menos 5 perforaciones (dos en la parte central del puente). Adicionalmente, se podía haber consultado los estudios de suelos de los edificios aledaños para verificar la homogeneidad asumida en el estudio.

CUMPLIMIENTO PARCIAL DE ESTE REQUERIMIENTO

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 ensayo de Down Hole hasta una profundidad máxima de 30 metros, debido a que se detectó agua a presión que alcanzó los 3 metros de profundidad, impidiendo la instalación del revestimiento. Con relación a este comentario en el estudio de suelos, la Sociedad tiene las siguientes observaciones:

- *Si existe presión artesiana, a que profundidad se presento ?. Esto porque el estado inicial de esfuerzos por encima de este manto con presiones artesianas se verá afectada.*
- *El hecho de no poder instalar la tubería de revestimiento es un problema operativo, solucionable, que dada la variabilidad del terreno se debió evaluar.*

CUMPLIMIENTO PARCIAL DE ESTE REQUERIMIENTO.

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 la sección de ensayos de laboratorio se presenta una adecuada descripción de los resultados obtenidos en las pruebas triaxiales; De igual manera se presentan las curvas de degradación del módulo y variación del amortiguamiento. A este respecto la sociedad tiene un par de observaciones:

a. *En la figura 3.7 se ilustra la presencia de cuatro materiales, pero las curvas correspondientes al material 3 no se presentan.*
b. *La curva tomada por el consultor para el material 4, se nota muy por encima de los resultados de laboratorio, se pide ajustar dicha curva.*

CUMPLIMIENTO PARCIAL DE ESTE REQUERIMIENTO

4.5 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

4.6 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.

Los autores utilizan el programa EERA para análisis unidimensionales y PLAXIS V.7.2, para análisis bidimensionales, ya que las condiciones del subsuelo así lo ameritan. Los análisis unidimensionales lo realizan para unas condiciones de velocidad de ondas de corte máxima y mínima, obteniendo espectros de respuesta para la velocidad de ondas de corte máxima y mínima (figuras 3.10 y 3.11).
Con relación a los análisis bidimensionales, la Sociedad solicita la siguiente información al consultor:
a. *Anexar malla de elementos finitos, aclarando número de elementos utilizados.*
b. *Aclarar condiciones de contorno utilizada, en especial en los contornos laterales.*
c. *Tamaño y tipo de elemento utilizado.*

d. Limitaciones del modelo lineal, ya que este es incapaz de predecir cambios de volumen, y su aplicación a casos dinámicos es muy limitada por no decir nula. Se solicita al consultor, si el PLAXIS, presenta el modelo lineal equivalente, o es solamente el lineal.

CUMPLIMIENTO PARCIAL DE ESTE REQUERIMIENTO.

4.7 Para todas las zonas el espectro obtenido no puede ser menor que el espectro mínimo establecido para cada zona en la Microzonificación Sísmica de Bogotá,

La revisión del espectro propuesto por el consultor, está supeditada a la aclaración de las inquietudes manifestadas durante la presente revisión

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO FECHA JUNIO 3 DE 2005

5.1 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

El estudio cumple con este requerimiento desde la primera revisión

5.2 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

Los autores presentan un análisis detallado sobre las correlaciones para obtener el Vs a partir de N. Sin embargo es importante aclarar que el SPT, está orientado a básicamente a suelos granulares, de manera que su extrapolación directa a materiales finos es riesgoso, debido a que esta es una prueba fundamentalmente no drenada. Adicionalmente, en la figura 3.3 "Valores de Vs normalizados por la variación con la profundidad en función de SPT", se observa una gran dispersión de los datos como para pretender obtener una adecuada correlación. Finalmente se recomienda al consultor tener en cuenta estos aspectos para futuros estudios.

El estudio cumple con este requerimiento.

5.3 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

El estudio cumple con este requerimiento.

5.4 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

Los autores presentan una explicación razonable sobre la obtención de los parámetros; sin embargo de dichas curvas se deduce que definitivamente el ensayo triaxial recomendado sería el de carga controlada y no el de deformación controlada. Se recomienda tener en cuenta este aspecto para futuros estudios.

El estudio cumple con este requerimiento.

5.5 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.5

El estudio cumple con este requerimiento desde la primera revisión.

5.6 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.6

Se recomienda para futuros estudios, cuando se requieran análisis bidimensionales, utilizar ecuaciones constitutivas diferentes al elástico lineal, ya que la rigidez se mantiene constante independiente del nivel de deformaciones generadas por el sismo, lo cual no es cierto.

El estudio cumple con este requerimiento.

5.7 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.7

Los autores encuentran que para periodos de hasta 0.8 segundos la aceleración espectral obtenida es superior a la propuesta por la norma en la zona 2. Por tal motivo recomiendan adoptar como valor de diseño para el sitio de interés, el espectro de la zona 2.

El estudio cumple con este requerimiento.

Secretaria
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCION Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

6. 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 completo a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001.

Revisó y Aprobó: **ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN** Presidente y Representante Legal Sociedad Colombiana de Geotecnia	
VoBo: **ING. JUAN CARLOS PADILLA** Grupo de Riesgo Sísmico DPAE	VoBo: **ING. DIANA AREVALO** Coordinadora Técnica DPAE