



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CONCEPTO TÉCNICO No CT - 4767
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local
de Amplificación de Ondas Sísmicas
Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE: Consultoría y Gerencia de Proyectos Ltda.
JEOPROBE Ltda. – Jorge Alberto Rodríguez

LOCALIDAD: 3. Chapinero

BARRIO: Maria Cristina

PROYECTO: Predio Vista Hermosa

DIRECCIÓN: Transversal 4 Este No.61-05

UPZ: 90. Pardo Rubio

TIPO DE RIESGO: Sísmico

EJECUTOR: Ing. Jorge Alberto Rodríguez O.

FECHA DE EMISION: Abril 19 de 2007

2 ANTECEDENTES

En el Decreto 193 del 08 de junio de 2006, por el cual se complementa y modifica el Código de Construcción de Bogotá, D.C., se adoptan los espectros de diseño y las determinantes del estudio de Microzonificación Sísmica. Adicionalmente, se establece que las construcciones y edificaciones nuevas de cualquier índole que se levanten en Bogotá Distrito Capital, deberán diseñarse y construirse dependiendo de la zona en la cual se encuentren según la zonificación sísmica adoptada a través de los artículos del mencionado decreto, adoptando el espectro de diseño y los coeficientes espectrales indicados 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

Bogotá sin indiferencia



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 193 de 2006, 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 presente concepto técnico corresponde a la segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, de la "Estudio de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas del predio Vista Hermosa en Bogotá D.C." documento que hace parte del anexo D del informe del "Estudio de amenaza y riesgo por procesos de remoción en masa proyecto Vista Hermosa", que se remite como estudio sísmico local, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

El proyecto Vista Hermosa comprende los Estudios y Diseños Geotécnicos para la construcción de dos edificaciones ubicadas en la Transversal 4 Este No.61-05, en el lote del costado noroccidental de la intersección vial de las Avenidas Circunvalar y José Celestino Mutis o calle 63. El proyecto arquitectónico y civil contempla la construcción de dos edificios conformados por tres (3) sótanos de parqueo y treinta (30) pisos de altura en sistema convencional aporticado, con muros de carga y columnas en concreto reforzado separadas por luces no mayores a 7m de longitud. Las plataformas de parqueo de los tres sótanos cubren tanto el área bajo las edificaciones como el espacio entre estas.

El lote del proyecto estará ubicado sobre las zonas de ladera de los cerros nororientales de la ciudad de Bogotá, con pendientes en la parte alta (nororiental) menores a 10° y entre 10° y 30° para la parte occidental. En el sector del predio aledaño a la Avenida José Celestino Mutis se observan cortes viales con pendientes superiores a 45°, sobre los cuales se han generado procesos de remoción en masa recientes, los cuales se encuentran activos.

En la Figura 1 se presenta la localización del área de estudio. El lote del proyecto corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadas:

105206N 102615E



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con lo exigido en el decreto, de manera que se pueda verificar de forma razonable la validez del espectro de diseño recomendado, cuando dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el Decreto 193.

El concepto técnico No 4678 de Febrero de 2006 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se transcribe a continuación con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado.

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

En el numeral 3.2 del informe se indica que el sitio del proyecto se encuentra en un sector de transición entre las zonas 1 y 2 de cerros orientales y piedemonte, respectivamente, de acuerdo con lo indicado en la Microzonificación Sísmica de Bogotá. Esta localización se ajusta a lo indicado en el numeral 5 del párrafo del artículo 4 del Decreto 193.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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 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.

De acuerdo con el numeral 1.3.2, la exploración del subsuelo fue llevada a cabo por la firma Alfonso Uribe y Cia. Ltda., en desarrollo del estudio geotécnico de amenaza y riesgo por procesos de remoción en masa del proyecto Vista Hermosa. En ella, se llevaron a cabo seis (6) perforaciones que alcanzaron profundidades entre 27m y 35m.

En general, durante la exploración del subsuelo para el sitio de estudio se encontraron rellenos heterogéneos de profundidad variable, que alcanzan espesores de hasta 10m, los cuales yacen sobre depósitos coluviales que alcanza una profundidad de 24 a 26m sobre el nivel del terreno. Finalmente, se encuentra la arcillolita bajo los depósitos

Bogotá sin indiferencia



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

coluviales, siendo ésta explorada hasta una profundidad de 35m, penetrando 10m dentro de la roca en algunas de las perforaciones. En el plano No.4 del informe se presenta la localización y los perfiles estratigráficos detallados de cada una de las perforaciones anteriormente mencionadas.

Por otro lado, en el informe se menciona una labor de recopilación de información de estudios de respuesta sísmica local cercanos al predio Vista Hermosa, con el fin de complementar el perfil y modelo geotécnico de análisis para la sección bidimensional del presente estudio. Para futuras oportunidades, se recomienda que el consultor incluya la información de referencia recopilada y utilizada para el planteamiento del modelo geotécnico y dinámico del sitio de estudio, tal como registros de perforación, ensayos dinámicos y geofísicos, entre otros.

El estudio CUMPLE con 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.

De acuerdo con los numerales 1.3.2 y 3.2 del informe, junto con el Anexo No. 1, se efectuó un (1) ensayo Down Hole sobre la perforación P1 de 35m de profundidad, realizado por la firma Ulloa y Diez Ltda.

El ensayo Down-hole consideró la medición de velocidades de ondas Vp y Vs sobre los diferentes depósitos encontrados en la exploración del subsuelo. Como resultado del ensayo geofísico, se encontraron velocidades de ondas de corte, Vs, variables entre 230m/s y 370m/s para los materiales de relleno heterogéneo, entre 400m/s y 660m/s para el depósito coluvial y entre 630m/s y 890m/s para la roca arcillolita que subyace estos depósitos. Así mismo, la velocidad de onda de corte en uno de los puntos medidos sobre la roca arcillolita en el ensayo down-hole es superior a Vs = 750m/s, a pesar de que el promedio de Vs para este material está cercano a 720m/s.

El estudio CUMPLE con 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 el numeral 3.2, el consultor indica que la mayoría de los materiales encontrados en la exploración del subsuelo corresponden a rellenos heterogéneos y depósitos





ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

coluviales arenosos con arcillas duras de baja plasticidad, gravas y arenas compactas y bloques de gran tamaño (superiores a 1m), sobre los cuales no se pueden obtener muestras inalteradas en tubo Shelby, para el desarrollo de ensayos dinámicos posteriores. Adicionalmente, en este numeral se señala que las curvas de variación del módulo de corte y amortiguamiento se elaboraron a partir de datos reportados en la literatura y en otros estudios de respuesta local cercanos al predio Vista Hermosa.

En la Figura 3.7 del informe se presentan las curvas dinámicas de variación del módulo de corte y amortiguamiento con la deformación para dos (2) de los materiales utilizados en el modelo de análisis (rellenos y coluvión). Sin embargo, en el modelo bidimensional utilizado para el análisis de la respuesta sísmica local se relacionan siete (7) diferentes materiales para el análisis dinámico (Tabla 3.4). Es necesario que el consultor presente la totalidad de la información recopilada y las curvas dinámicas para cada uno de los materiales del modelo de análisis, con el fin de garantizar la validez de los análisis.

Por otro lado se encuentra que los valores de pesos unitarios de los siete (7) materiales para el análisis dinámico, que son función directa del módulo por cortante máximo $G_{m\acute{a}x}$, difieren sustancialmente de los reportados para el estudio de amenaza y riesgo por procesos de remoción en masa del proyecto Vista Hermosa. Se solicita que el consultor aclare este aspecto, teniendo en cuenta que la información de ambos informes sea consistente entre sí con la caracterización geotécnica y valores de aceleración reportados para los análisis de remoción en masa, de acuerdo con los valores obtenidos del estudio de respuesta sísmica local.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

4.5 Utilizar todos los acelerogramas del proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá, en la obtención del espectro de respuesta en superficie.

De acuerdo con lo descrito en el numeral 2.4 del informe, en el estudio se utilizan un total de ocho (8) acelerogramas, cuatro (4) asignados para fuente cercana, tres (3) para fuente regional y uno (1) para fuente lejana. Los acelerogramas de diseño fueron escogidos de los acelerogramas alternativos aprobados por la DPAAE, acogiéndose a lo establecido en el numeral 3 del artículo 7.

Se recomienda corregir la Figura 2.2 del informe, en donde se presentan diez (10) espectros de respuesta a nivel de roca, dos (2) adicionales a la cantidad de sismos utilizados para los análisis, lo cual genera cierta confusión en la interpretación del estudio.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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.

En el estudio de efectos locales se empleó el programa EERA (Bardet et al, 2000), para obtener resultados compatibles con la deformación de las propiedades dinámicas de los suelos para realizar posteriormente análisis bidimensionales, teniendo en cuenta que el proyecto se localiza en un sector de transición entre la Zona 1 y la Zona 2 de los cerros orientales de Bogotá. Para ello, el consultor efectuó análisis bidimensionales con el programa de elementos finitos PLAXIS Professional V7.2.

En el modelo bidimensional de respuesta local se consideró un análisis de interacción dinámica suelo-estructura para la obtención de espectros sísmicos de diseño a nivel de sótano de las dos edificaciones. Sin embargo, la disposición arquitectónica de uno de los edificios contempla la construcción de placas aéreas para los tres niveles de sótano, en donde la interacción suelo-estructura será dada directamente por el suelo en conjunto con los caissons de la estructura que van directamente apoyados y empotrados sobre la roca arcillolita, y no por la interacción entre las placas de sótano y el suelo de apoyo. Así mismo, en el análisis de interacción suelo-estructura no fue tomada en cuenta la totalidad de la superestructura de la edificación de treinta (30) pisos, que claramente influye en la respuesta sísmica de sitio, dadas las dimensiones y el peso propio del edificio.

Se solicita que el consultor anexe toda la información que sea necesaria para lograr la reproducibilidad de los modelos, y que tenga en cuenta las observaciones anteriores para una nueva obtención de espectros sísmicos de diseño para las dos edificaciones.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

4.7 Evaluación del potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse.

Dado que el proyecto no se encuentra en la zona 5 y que no existen depósitos superficiales de suelos arenosos de compacidad suelta bajo el nivel freático en el área del predio Vista Hermosa, no es necesario efectuar la evaluación del potencial de licuación.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

4.8 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.

Teniendo en cuenta que el proyecto Vista Hermosa se encuentra en un sector de transición entre la Zona 1-Cerros Orientales y Zona 2-Piedemonte Oriental, y luego de efectuados los análisis unidimensionales y bidimensionales de respuesta sísmica local, el consultor obtuvo un (1) espectro de diseño para las dos edificaciones.

El espectro sísmico de diseño recomendado por el consultor inicia con una aceleración espectral de 0.24g para el periodo inicial $T_0=0$ segundos, siguiendo la misma pendiente del espectro de Zona 1 hasta un periodo de 0.2s; desde 0.2s hasta 0.26s el espectro recomendado continua con la misma pendiente hasta alcanzar un valor de aceleración espectral S_a máximo recomendado de 0.7g; posteriormente, desde 0.26s hasta 0.45s se continua con este valor constante de aceleración espectral; desde 0.45s hasta un periodo de 0.9s se hace una transición en el cual disminuye el valor de S_a hasta un valor de 0.51 g; para finalmente, a partir de un periodo de 0.9s utilizar los valores que resultan de promediar los valores mínimos de los espectros sísmicos de diseño para las Zonas 1 y 2 del Decreto. Este espectro sísmico de diseño cumple con lo indicado en el Decreto 193. .

A pesar de que se da cumplimiento a lo indicado en el decreto, el consultor debe presentar un espectro de diseño que se extienda para periodos superiores a 2.4 segundos, teniendo en cuenta que el periodo de vibración de las edificaciones de treinta (30) pisos de altura es probablemente mayor a este valor. Se recomienda que el consultor lleve los valores de espectro de diseño recomendados, por lo menos hasta un periodo de 3.0s para tener en cuenta la aceleración espectral para un mayor intervalo de periodos.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Espectros de Diseño

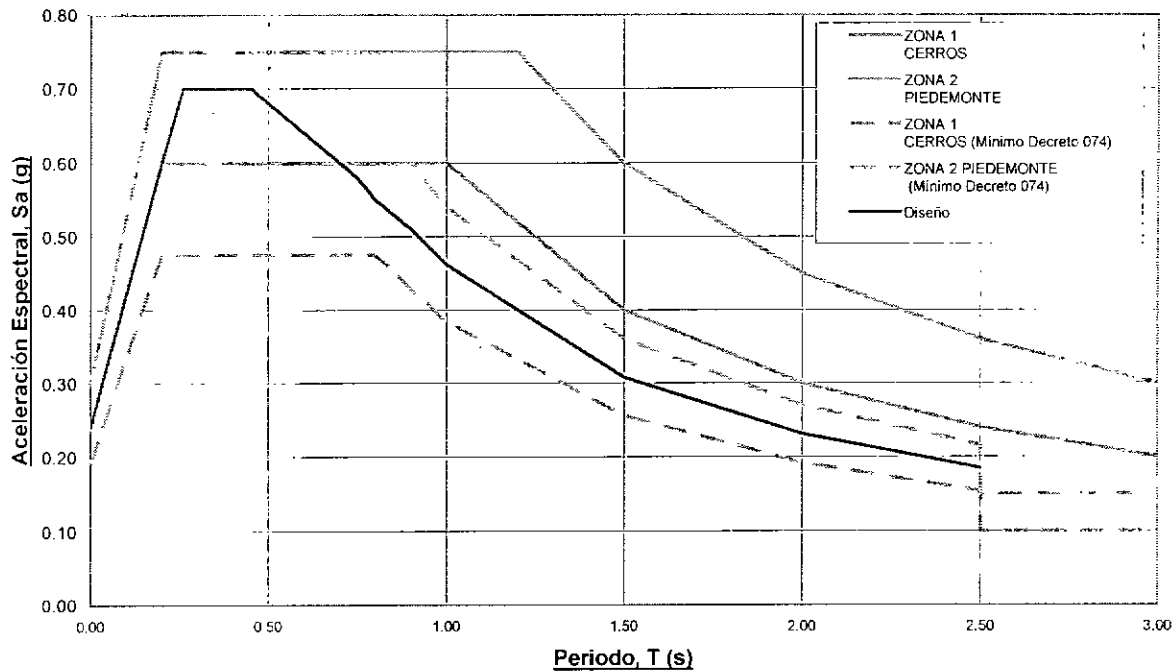


Figura 2. Espectros de diseño

5 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO (ABRIL DE 2007)

El concepto técnico de la segunda revisión del estudio de respuesta local del subsuelo se presenta, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto 193 de 2006, las observaciones dadas en la primera revisión y el oficio ER3477 radicado el 28 de marzo de 2007 por el ingeniero consultor.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la revisión anterior.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

- 5.2 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 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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la revisión anterior.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la revisión anterior.

- 5.4 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.).

Mediante el oficio ER3477 radicado el 28 de marzo de 2007 el ingeniero consultor anexa las curvas dinámicas para arcillas duras y limos arenosos y aclara que los materiales de roca meteorizada presentan degradación debido a los niveles de deformación (menores a 0.01%). En cuanto a los pesos unitarios aclara el consultor en el mismo oficio que se estimaron a partir de los datos de humedad natural.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la revisión anterior.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

- 5.6 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.**

No se presentaron aclaraciones en el oficio ER3477 radicado el 28 de marzo de 2007 acerca de este punto, por lo cual se solicita al consultor realizar las aclaraciones contenidas en el numeral 4.6 del presente concepto.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

- 5.7 Evaluación del potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse.**

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la revisión anterior.

- 5.8 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.**

No se presentaron aclaraciones en el oficio ER3477 radicado el 28 de marzo de 2007 acerca de este punto, por lo cual se solicita al consultor realizar las aclaraciones contenidas en el numeral 4.8 del presente concepto.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 incompleto a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 193 de 2006. Para poder conocer con certeza la validez de los espectros de respuesta obtenidos y del recomendado en el estudio evaluado, primero deben aclararse y complementarse los puntos antes mencionados.

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 193 de 2006

Realizó	FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA Ingeniero Civil M.P. 25202093681 CND	
Aprobó	DIANA PATRICIA ARÉVALO S. Coordinadora Grupo Estudios Técnicos	

Vo.Bo.	DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS DIRECTORA	
--------	--	--