CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5035
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Arq. Adriana López Moncayo - Curaduría Urbana No 3
PROYECTO:	**VILLA VERÓNICA T7**
LOCALIDAD:	08 Kennedy
UPZ:	113 Bavaria
BARRIO:	Marsella
DIRECCIÓN:	Calle 9C Bis 68G-80
CHIP:	AAA0186ZBSY
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION:	Diciembre 21 de 2007

1. 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 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, del informe *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Edificios Urbanización Villa Verónica"* elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Calle 9C Bis 68G-80. El cual fue radicado el 01 de Noviembre de 2007 mediante oficio ER-14796, por la Arq. Adriana López Moncayo de la Curaduría Urbana No.3, remitido como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006 y del oficio aclaratorio ER16369 de Diciembre 04 de 2007.

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con lo exigido en el 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 193.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de ocho edificios con sótano y alturas comprendidas entre once y catorce pisos. El sótano cubrirá la totalidad del área en proyección de las torres, con las zonas de plataforma entre ellas.

En la Figura 1 del presente concepto se ilustra la localización del lote del proyecto, que corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadamente:

104233 N 94646 E

El informe *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Edificios Urbanización Villa Verónica"* fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma AUS y Cia Ltda para las torres 5, 6 y 7, del ensayo Down Hole ejecutado por la firma Ulloa y Diez Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

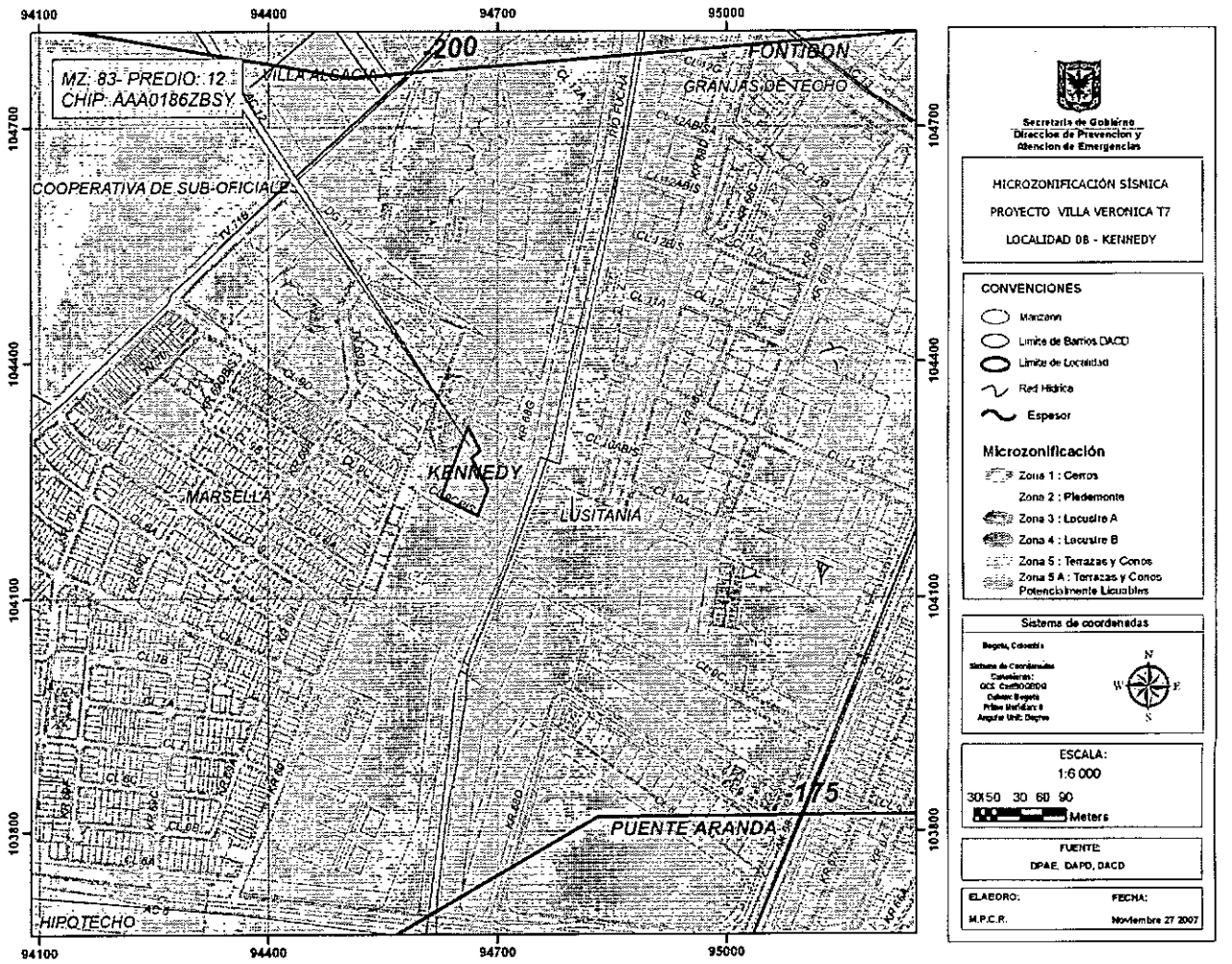

Figura 1. Localización del Proyecto Villa Verónica T7.

3. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (DICIEMBRE DE 2007)

La primera revisión se transcribe a continuación:

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

En el numeral 1.1 y 3.2, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la franja de transición entre la Zona 3 y la Zona 5 según el decreto 193 de 2006, lo cual es consistente con la localización presentada en la Figura 1 del presente concepto.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

3.2 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 los Numerales 1.3.2 y 3.2, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, las firmas Espinosa y Restrepo y Cia Ltda. y Víctor Romero y Cia realizaron veinte perforaciones que alcanzaron profundidades comprendidas entre 6 y 37 metros; donde se obtuvieron muestras remoldeadas e inalteradas que se utilizaron para su clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. El resultado de estas perforaciones fue complementado con ensayos de penetración estándar y de veleta de campo. Adicionalmente se ejecutó una perforación que alcanzó los 52.9 metros en la que se realizó el ensayo Down Hole. De esta perforación se obtuvieron muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de las perforaciones y el plano de localización se presentan en el informe.

Según el numeral 3.1 del estudio de suelos, la investigación de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados permitieron una caracterización de la estratigrafía en el sitio de proyecto hasta la profundidad explorada como se describe a continuación:

- De 0 a 2.9/5.7 m: Rellenos de tierras varias con escombros, basuras y materiales arcillosos dispuestos sin ninguna compactación.
- De 2.9/5.7 a 7.9/9.4 m: Arcillas limosas y arenosas de color café y gris de consistencia media.
- De 7.9/9.4 a 12.5/15.2 m: Arenas finas con lentes de grava y turbas, con capas delgadas de limos arcillosos de color café. Las arenas presentan una densidad media a alta.
- De 12.5/15.2 a 26.9/29.9 m: Arcillas de color café con lentes orgánicos y delgados lentes de arena.

- De 26.9/29.9 a 29.9/33.9 m: Arenas finas de color café muy compactas con lentes de limo de consistencia media.
- De 29.9/33.9 a 39 m: Limo arcilloso café de consistencia media.
- De 39 hasta la profundidad de exploración: Arena fina con lentes de limo muy compacta.

Después de los 52.9 m y hasta los 185 m de profundidad, donde el consultor indica que se encuentra el contacto del depósito de suelo con la roca (basado en el mapa de espesores de sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá), el consultor extrapoló los resultados del último estrato.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

Según el numeral 3.2 en el sitio del proyecto se realizó un ensayo Down Hole, a una profundidad de 50 m, en los anexos se presenta el registro de dicho ensayo realizado por la firma Ulloa y Diez Ltda. En la figura 3.4 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio y en los proyectos Puesto de Monta, Urbisa y San Felipe, comparados con la correlación propuestas por Rodríguez y Escallón en 2006. El perfil de Vs desde 44 m hasta 185 m de profundidad se adopta aumentando la velocidad en proporción a un exponente de 0.5 de la profundidad, para tener en cuenta el efecto del confinamiento. En la siguiente tabla se resumen los valores del perfil de velocidad de onda, determinado a partir de los resultados de la prueba Down-Hole. Así mismo, se incluyen los valores de la relación de Poisson, obtenidos de los datos de Vs y Vp de campo.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-8	221	0.38
8-15	183	0.43
15-26	201	0.43
26-34	416	0.38
34-44	346	0.44
44-50	312	0.45

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

3.4 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.).

No se realizaron ensayos dinámicos ya que según el consultor fue imposible obtener una muestra representativa debido a la naturaleza arenosa del suelo encontrado.

Se solicita al consultor indicar a partir de que bibliografía reconocida se obtuvieron las curvas dinámicas y de que forma se ajustaron, para ser empleadas en los análisis.

El estudio NO CUMPLE con este requerimiento.

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

En el estudio se utilizaron un total de 14 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE y el acelerograma de sismo de México empleado en el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, acogiéndose a lo establecido en el numeral 3 del artículo 7 del decreto 193 de 2006.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

3.6 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 se realizan análisis unidimensionales mediante la utilización del programa EERA (Bardet et al, 2000), que considera la propagación unidimensional de ondas de corte horizontal con un método lineal equivalente para tener en cuenta las variaciones del amortiguamiento y el módulo de corte con la deformación en los suelos del perfil. Los datos de los análisis se presentan en las Tablas 3.1 y 3.2, las características de los materiales no se indican gráficamente en el informe.

Dentro del modelo unidimensional planteado por el consultor, se efectúa un análisis de sensibilidad de la respuesta sísmica local mediante la variación del perfil de velocidades de onda con valores mínimos y máximos típicos. Por otro lado, dentro de los análisis se consideran cuatro (4) diferentes tipos de materiales y 16 estratos de suelo, desde superficie hasta 185 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso. Sin embargo es necesario que el consultor:

- Aclare el criterio que se utilizó para asignar las curvas dinámicas a los diferentes materiales.
- Anexe las páginas 12 a 14 del capítulo 3, las cuales faltan en el informe entregado.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

Adicional a lo anterior, el cumplimiento de este numeral esta condicionado a las aclaraciones del punto 4.4.

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

Debido a que durante la exploración del subsuelo no se identificaron superficialmente capas de arenas sueltas, limpias y saturadas, no es necesaria la evaluación del potencial de licuación.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

3.8 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.

Este numeral se revisa una vez se aclaren por parte del consultor las observaciones anteriores.

4. SEGUNDA REVISION DEL ESTUDIO

La segunda revisión del estudio *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Edificios Urbanización Villa Verónica"* ,que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER16369 de Diciembre 04 de 2007, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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 oficio aclaratorio ER16369 de Diciembre 04 de 2007, el consultor indica la bibliografía a partir de la que se adoptaron las curvas dinámicas.

El estudio CUMPLE 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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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 oficio aclaratorio ER16369 de Diciembre 04 de 2007, el consultor indica el criterio utilizado para asignar las curvas dinámicas de los diferentes materiales empleados en los análisis.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

Con base en los resultados de la modelación, el consultor recomienda utilizar como espectro de diseño el mostrado en la figura 3.30 de estudio, el cual es presentado en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.28 g, el cual asciende de manera suavizada hasta llegar a un valor de 0.66 g en 0.3 segundos, continuando con este valor hasta 0.6 segundos, donde desciende linealmente hasta 0.45 g en 0.8 segundos manteniendo este valor constante hasta 1.4 segundos, donde toma los valores promedio de los espectros mínimos de las Zonas 3 y 5 dados en el decreto 193 de 2006.

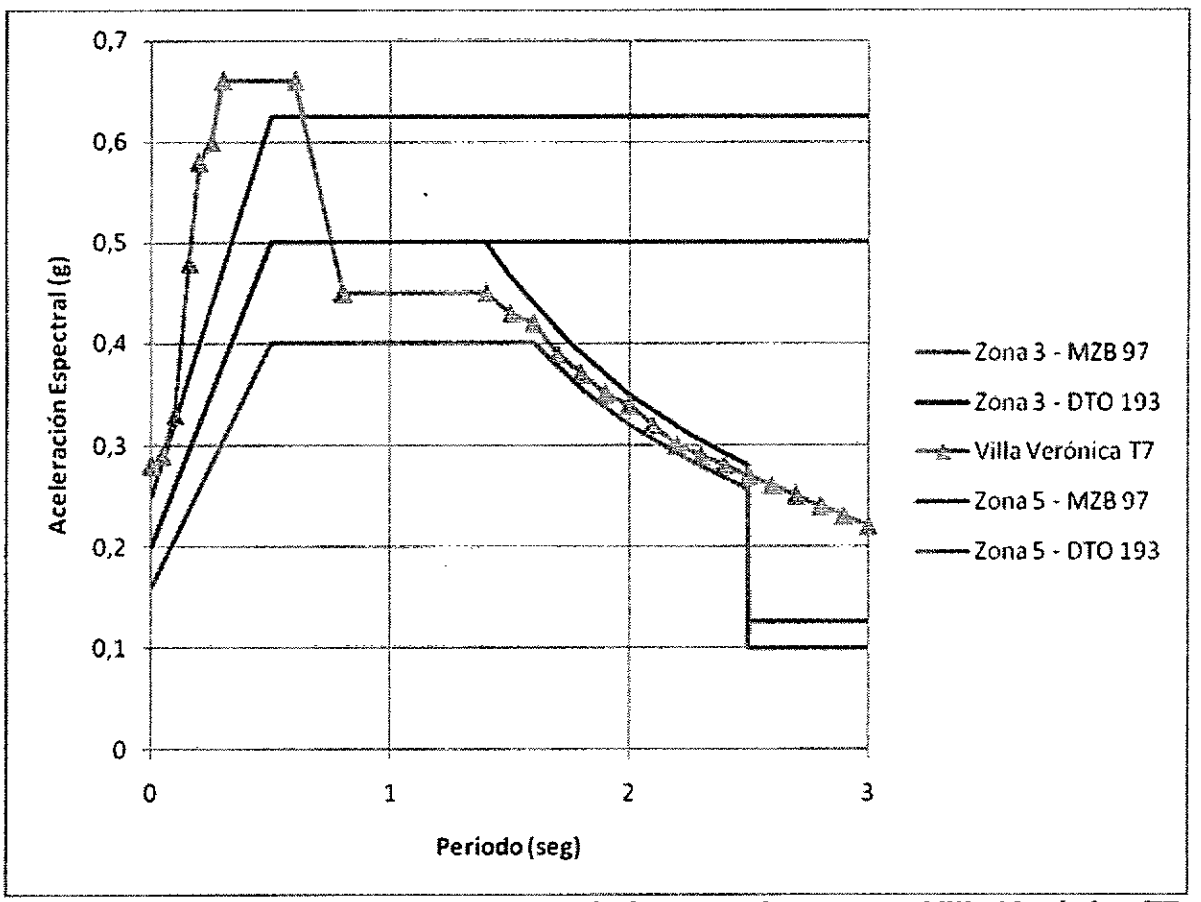

Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Villa Verónica T7.

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, cumple con los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 193 de 2006.

Se debe aclarar que, el alcance del concepto técnico es la verificación de los aspectos contemplados en el Decreto 193 de 2006 con fundamento en el informe suministrado y no implica hacer un juicio de valor sobre la validez de los sondeos, ensayos, parámetros adoptados, el empleo de software, los análisis de respuesta, los resultados de los análisis y el espectro de diseño recomendado, por lo que la responsabilidad de los mismos recae en el consultor como lo refrenda con su firma en el informe del estudio, limitándose la revisión a verificar el cumplimiento del Decreto.

Elaboró

CARLOS JAVIER PEDRAZA A.
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia
M.P. 15202098211BYC

Revisó

FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA
Coordinación Estudios Técnicos

Aprobó

GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ
Subdirector Investigación y Desarrollo

Vo.Bo.

DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS
Directora