



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y  
ATENCION DE EMERGENCIAS



**CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA**

**CONCEPTO TECNICO No. CT- 4127 de 2005**

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

**1. INFORMACIÓN GENERAL**

<b>ENTIDAD SOLICITANTE:</b>	Instituto Geofísico- Universidad Javeriana
<b>LOCALIDAD:</b>	Chapinero
<b>BARRIO:</b>	Cataluña
<b>PROYECTO:</b>	<b>Campus Universidad Javeriana</b>
<b>UPZ:</b>	99 Chapinero
<b>TIPO DE RIESGO:</b>	Sísmico
<b>EJECUTOR:</b>	Instituto Geofísico- Universidad Javeriana
<b>FECHA DE EMISION:</b>	Abril 12 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 edificación, utilizando estudios de amplificación de las ondas sísmicas que se realicen de



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.  
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

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 párrafo 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 **primera revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y el Estudio Particular de Respuesta Local y de Amplificación de Ondas Sísmicas, para el Campus de la Universidad Javeriana, en la ciudad de Bogotá D.C., en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

### 3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

El estudio entregado para revisión por esta Sociedad indica que el sitio del Campus de la Universidad Javeriana está localizado entre la Avenida 7 y la Avenida Circunvalar-Carrera 5, entre las Calles 39 y 45 en la ciudad de Bogotá, D.C, con una extensión aproximada de 17 hectáreas. (Figura 1).

La ubicación del sitio corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadas:

103,300 a 103,900 N  
101,350 a 101,700 E

El perfil estratigráfico y la profundidad de los suelos y rocas en el sitio del proyecto es variable: superficialmente hay rellenos, suelos orgánicos y algo de material coluvial con profundidades desde 0.4 m hasta 4.4 m; luego se encuentran arcillas rojizas de consistencia media (o macizo rocoso alterado) con profundidades entre 0.4 m y 10.3 m y el material rocoso denso se halla entre 0.4 m y 13 m de profundidad. Los materiales rocosos predominantes corresponden a arcillolitas rojizas de la Formación Bogotá.





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



**CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA**

El Estudio Geológico, Geotecnico y de Microzonificación Sísmica del Campus fue ejecutado por la Universidad Javeriana, con perforaciones de Geotecnia y Cimientos Ltda, Geología por el Geol. Alberto Lobo-Guerrero U. y estudios dinámicos por el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana. Los ensayos de Down-Hole fueron realizados por el Ing. Alejandro Ulloa. Los ensayos estáticos y dinámicos sobre muestras inalteradas de los suelos fueron realizados por el Laboratorio de Pruebas y Ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.



**Figura 1 Localización del Campus de la Universidad Javeriana**





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

### 4. REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe “Espectro Sísmico de Diseño en Roca para el Campus de la Universidad Javeriana”, 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 que se listan a continuación.

#### 4.0 Alcance de la Revisión

*La solicitud viene para aprobación del espectro de diseño en roca para un sitio construido que pertenece a la Zona 2A- Piedemontes Orientales y por lo tanto no encaja totalmente dentro de los conceptos ya emitidos por la Sociedad, ya que no tiene en cuenta los materiales por encima del sustrato rocoso. Sin embargo la Sociedad emite un concepto exclusivamente sobre este espectro en roca, PERO EN NINGUN MOMENTO ESTE CONCEPTO PERMITIRA EL CAMBIO DE ZONA O EL USO DE ACELERACIONES SUPERFICIALES PARA DISEÑO DIFERENTES A LAS DEL DECRETO 074.*

*El Solicitante debe ser más explícito sobre el propósito del estudio: si es para evaluación de una edificación existente en especial o de una nueva edificación y que es lo que solicita que se apruebe: un cambio de Zona, la microzonificación del Campus, un espectro para diseño de una edificación específica, etc..*

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

*En el Informe no se hace ninguna asignación del sitio a la Microzonificación de Bogotá, pero pertenece en su parte baja, al occidente de la Avenida Circunvalar, a la Zona 2A- Piedemontes Orientales y en su parte alta, al oriente de la Avenida Circunvalar, a la Zona 1A- Cerros Orientales. NO CUMPLE*



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

**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.**

*Para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del Campus se realizaron diecisiete (17) perforaciones, las cuales alcanzaron profundidades entre 8.5 m y 24.0 m. Adicionalmente se ejecutaron quince (15) líneas de refracción sísmica. A partir de las perforaciones se identificó que los estratos de suelo en la zona están entre 0.4 m y 10.3 m de profundidad y que el macizo rocoso relativamente inalterado de la Formación Bogotá se halla entre 0.4 m y 13.0 m de profundidad. De los sondeos realizados se obtuvieron muestras remoldeadas, las cuales se ensayaron para su clasificación y humedad, y muestras inalteradas con ensayos de compresión simple y nueve (9) triaxiales cíclicos. Además se realizaron ensayos SPT.*

*EL ESTUDIO CUMPLE EN ESTE SENTIDO CON EL DECRETO 074 DE 2001.*

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

*Para el estudio se hicieron diecisiete (17) ensayos de Down-Hole en las 17 perforaciones, con el fin de definir el perfil de la velocidad de cortante ( $V_s$ ) en profundidad. En el informe no se presentan las figuras de profundidad vs. tiempo de viaje, sino tablas con los resultados ya interpretados. De los ensayos de downhole ejecutados en las perforaciones se deduce que el basamento sísmico rocoso (con velocidad de cortante  $V_s > 750$  m/s según NSR-98), se encuentra entre 3 m y 20 m de profundidad, con promedio de 8.3 m.*

*LOS ENSAYOS REALIZADOS CUBREN EN SU TOTALIDAD EL INTERVALO DE PROFUNDIDADES NECESARIAS PARA CARACTERIZACIÓN DE LOS PERFILES DE LOS SUELOS, COMO LO EXIGE EL DECRETO 074 DE 2001.*





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



**CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA**

**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 se hicieron nueve (9) ensayos dinámicos en triaxial cíclico para muestras inalteradas a profundidades entre 2.5 m y 10.4 m., de las cuales sólo dos (PC5M6- 4.0 a 4.2m y PC9M10- 9.8 a 10.4m) pertenecen a materiales alterados de la Formación Bogotá.. Estos ensayos dinámicos cubren deformaciones unitarias de cortante entre 0.04% y 1.4%, que pueden ser adecuados.*

*En la deducción de espectros en roca, aparentemente no se usaron los datos de estos ensayos*

*EL ESTUDIO CUMPLE EN CUANTO A LOS REQUERIMIENTOS DE TIPO DE ENSAYOS DINÁMICOS, pero se debe tener mayor número de ellos, en especial para materiales rocosos.*

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

*En el estudio se presenta el siguiente procedimiento:*

*a) Utilizar un total de treinta y dos (32) acelerogramas, con detalle de la componente utilizada y el siguiente resumen:*

SISMO	FECHA	MAG	TIPO	PROF (km)	DIST.EPIC (km)	ACEL (gals)	REGISTROS
Loma Prieta	18-oct-89	7.0	ML	11	41 a 51	78 a 416	16
San Fernando	09-feb-71	7.0	ML	8	41	61 a 138	3
Sitka	30-jul-72	8.0	MS	29	48	77 y 89	2
Valparaíso	09-abr-85	7.0	MS	38	51	167 y 200	2
Morgan Hill	24-abr-84	6.0	ML	9	58 a 60	60 a 78	3
Long Beach	03-nov-33	9.0	ML	16	58	62 y 96	2
Quindío	25-ene-99	6.0	MS	20	40	Pereira	2
Imperial Valley	15-oct-79	6.6	ML	12	45 a 135	108 y 189	2



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



### CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

- b) Escalar los registros a una aceleración de 0.185g, valor obtenido de un estudio especial de amenaza sísmica, el cual se incluye como anexo al estudio principal.
- c) Calcular los espectros a partir de los registros con el método de Nigam y Hennings de 1968, detalladamente descrito en el informe.
- d) Obtener los espectros promedio y para el 90% de confianza. Este último, suavizado, es el espectro propuesto.
- e) Comparar los espectros obtenidos con los espectros de los tres (3) registros de aceleración en roca definidos por el Decreto 074, y que son de uso obligatorio en el análisis de respuesta sísmica.
- f) Concluir que el espectro obtenido se encuentra entre el mínimo y el máximo de Zona 1.

El informe comenta además que "...el registro del sismo frontal contiene únicamente 3800 valores espaciados cada 0.15 seg, con lo que se obtiene que la duración de este registro es de 57 segundos. Si se compara la duración del registro que aparece en la página web del SIRE, con la figura 1.22 de la Microzonificación Sísmica de Bogotá, se observa que este último tiene una duración de por lo menos 80 segundos. Por lo anterior es posible pensar que el registro que aparece en la página web del SIRE está cortado o incompleto."

#### Respecto a este procedimiento se comenta:

- 1) Al escoger acelerogramas de sismos históricos, además de los factores mencionados en el informe (contenidos frecuenciales, distancias epicentrales, magnitudes y aceleraciones), se deben tener en cuenta: la profundidad del sismo, el mecanismo focal y la proporción de registros acorde con la distribución de la amenaza al sitio, que el caso de Bogotá, según el "Estudio General de Amenaza Sísmica para Colombia" (INGEOMINAS-AIS, 1996), corresponde a 67.8% a la Falla Frontal, 27.7% a la Falla Salinas, 4.3% a eventos no asignados y 0.4% a la Falla de Ibagué y Fallas del Magdalena. En el informe, salvo por un caso, los sismos corresponden a profundidades someras (< 30km) y en el caso de los 26 sismos de California (81%) probablemente son con alta componente de mecanismo de rumbo y no inverso como es el caso de la Falla Frontal.
- 2) La aceleración de diseño en roca para Bogotá es de 0.20g, de acuerdo a la NSR98 y este valor no es posible cambiarlo sin que tenga aprobación de la Comisión del Código, luego no es posible usar actualmente 0.185g, como lo propone el informe.





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

3) *Obviamente, al no estar proporcionados el número de registros asignados a cada fuente sismogénica, usar un nivel de aceleración, para escalar los registros, diferente al de la Microzonificación y no usar los registros del SIRE, el espectro propuesto debe resultar diferente.*

4) *El revisor está de acuerdo en que, por ahora, no debe tenerse en cuenta el registro del Sismo de Tauramena presentado en el SIRE, hasta tanto no se aclare la inquietud planteada en el informe.*

**CON TODO LO OBSERVADO, EL ESPECTRO PROPUESTO NO CUMPLE CON LOS REQUISITOS DEL DECRETO 074.**

### **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.**

*Como se trata de un espectro en roca, el informe asume que no se deben presentar análisis unidimensionales o bidimensionales. Sin embargo, así sea espectro en roca, se deben tener en cuenta amplificaciones topográficas, dado que en algunos sectores de la zona de estudio, la pendiente del terreno supera los 10°. Se deben hacer análisis bidimensionales y obtener registros en roca en diferentes puntos del Campus de la Universidad Javeriana.*

**EL ESTUDIO PRESENTADO NO CUMPLE CON LOS REQUISITOS DE ANALISIS DE MODELOS DE TRANSMISION DE ONDAS SISMICAS.**

### **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 presenta en la figura 4.3 la comparación de los espectros propuesto con los espectros mínimos y máximos de las Zonas 1 y 2 del Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C, con los siguientes comentarios.*

a. *El espectro propuesto siempre es inferior a los de Zona 2, que es dónde se encuentra el lote, luego no cumple.*





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

- b. *El espectro propuesto es superior al mínimo e inferior al máximo de Zona 1 hasta  $T=0.8$  segundos, a partir de dónde prácticamente sigue el mínimo de Zona 1, luego cumpliría para la Zona 1-Cerros, por simple comparación, pero hay que tener en cuenta lo expresado en 4.5.*
- c. *El espectro de diseño en superficie resultante en este caso debe corresponder al de la zona 2 como lo indica la microzonificación sísmica de Bogotá, o en su defecto el espectro mínimo para la zona 2, como lo indica el decreto 074 de 2001, en caso que ninguna de las modelaciones sobrepase el espectro mínimo en ninguno de los periodos de vibración.*

*La validez del espectro de respuesta en roca está condicionada a aclarar las inconsistencias y dudas planteadas, en especial las indicadas en 4.5 y 4.6. Sin embargo, aún con estas aclaraciones aceptadas, no se podrían validar ni cambios de zona ni espectros de superficie*

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

COMO RESULTADO DE LA PRESENTE REVISIÓN, SE CONCLUYE QUE EL ESTUDIO DE RESPUESTA LOCAL DE AMPLIFICACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS DEL CAMPUS UNIVERSIDAD JAVERIANA, CON REFERENCIA A EL ESPECTRO DE ACELERACIÓN EN ROCA, NO CUMPLE CON LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS CONSIGNADOS EN EL DECRETO 074 DE 2001.

Adicionalmente el Solicitante debe especificar claramente cual es el alcance de la solicitud.

En consecuencia, se aconseja a la Universidad Javeriana y siguiendo lo indicado en esta revisión y en el Decreto 074:

- a) Efectuar análisis dinámicos bidimensionales de varias secciones del lote, para lo cual es necesario realizar ensayos dinámicos adicionales, sobretodo en materiales rocosos.
- b) Complementar la zonificación existente del Campus, con espectros para cada zona.
- c) De acuerdo a los resultados, solicitar reclasificación de algunas áreas a Zona 1.
- d) Solicitar la validación de los espectros superficiales para cada área del Campus



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y  
ATENCION DE EMERGENCIAS



**CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA**

Una vez realizadas las correcciones y aclaraciones solicitadas, y sobretodo, haciendo la solicitud de acuerdo a los requerimientos del Decreto 074, 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 074 de 2001.

Revisó y Aprobó:

*Adolfo Alarcón G*  
**ADOLFO ALARCON GUZMAN**  
Presidente y Representante Legal  
Sociedad Colombiana de Geotecnia

VoBo:

*Mauricio Tarias Camacho*  
**ING. MAURICIO TARIAS CAMACHO**  
Grupo de Conocimiento  
DPAE