

**FORMATO  
AYUDA DE MEMORIA**

REUNION DE INTERVENTORÍA

Fecha: Agosto 2 de 2007	Hoja: 1	De: 6
Lugar: Sala de Juntas - Dirección Red Matriz Acueducto		
Hora de iniciación: 9:30 a.m.		Hora de finalización: 11:00 a.m.
<b>ASISTENTES :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carlos Eduardo Bernal – Director Proyecto - CONSORCIO TIBITOC 2006</li> <li>• Sergio Laurens T. – Coordinador Proyecto - CONSORCIO TIBITOC 2006</li> <li>• Hernando Álvarez Rocha - Director Asesoría - ESTUDIOS TÉCNICOS S. A.</li> <li>• Edgar Forero Muñoz - Especialista Dinámica de Suelos - Asesor de la Interventoría - ESTUDIOS TÉCNICOS S.A.</li> <li>• Mauricio Muñoz – Ingeniero Asesoría - ESTUDIOS TÉCNICOS S.A.</li> <li>• Edgar Eduardo Rodríguez – Especialista en Dinámica de Suelos – Contratos HMV INGENIEROS y CONSORCIO TIBITOC 2006</li> <li>• José Puentes – Ingeniero Geotecnia HMV y CONSORCIO TIBITOC 2006</li> <li>• Jorge Alberto Rodríguez – Especialista en Geotecnia - HMV INGENIEROS</li> <li>• Eduardo Castell – Coordinador Proyecto – HMV INGENIEROS</li> <li>• María Paula Cano – Coordinadora de Calidad – HMV INGENIEROS</li> <li>• Erika Alexandra Buitrago – Ingeniera de Geotecnia – HMV INGENIEROS</li> <li>• Néstor Raúl García – Asesor Gerencia Corporativa Sistema Maestro – EAAB</li> <li>• Gino González Rodríguez – Líder Grupo Apoyo Técnico - DRMA – EAAB</li> <li>• Fabián Santa López – Interventor Contratos HMV, Consorcio Tibitoc 2006 y Estudios Técnicos S.A. – DRMA – EAAB</li> </ul>		
<b>ORDEN DEL DIA:</b> Definición de las señales sísmicas y su escalamiento a utilizar para los Contratos de Consultoría: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>1-02-25400-495-2006 / HMV INGENIEROS /</b> Estudios de Respuesta Sísmica e Interacción Dinámica del Suelo – Tubería y Diseño de las soluciones en las Líneas Wiesner – Suba y Silencio – Casablanca.</li> <li>• <b>1-02-25400-514-2006 / CONSORCIO TIBITOC 2006 /</b> Estudio y Diseño para la Rehabilitación de la Línea Red Matriz de 78" Tibitoc – Casablanca.</li> </ul>		
<p>La reunión tiene como objeto definir la conveniencia o no de escalar las señales sísmicas empleadas para los análisis de respuesta sísmica e interacción dinámica suelo-tubería de las líneas de red matriz Wiesner – Suba, Silencio - Casablanca y Tibitoc - Casablanca. De las dos primeras conducciones HMV está encargada de su estudio y análisis según el Contrato No. 1-02-25400-495-2006, mientras que la última conducción que se menciona está a cargo del Consorcio Tibitoc 2006, según Contrato No. 1-02-25400-514-2006. El asunto tiene dos aspectos principales: por una parte la normatividad vigente, y por otra la justificación técnica de hacerlo. Como resultado de la discusión se acordó seguir los lineamientos descritos presentados a continuación.</p>		

**FORMATO  
AYUDA DE MEMORIA**

**Aspectos Normativos**

En la actualidad la legislación acerca del tema se encuentra manifiesta en la NSR-98 (Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998) y el Decreto 193 del 8 de junio de 2006.

Al respecto, la NSR-98 en el literal A.1.2.3 establece su alcance, indicando que contiene los “requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones nuevas”. Por otra parte en el numeral A.1.2.4.1 se señalan las excepciones a la NSR-98 mencionando que no aplica para “puentes, torres de transmisión, torres y equipos industriales, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas estructuras cuyo comportamiento dinámico difiera del de edificaciones convencionales...”. En consecuencia, los estudios de respuesta dinámica de redes de acueducto se encuentran fuera del alcance de la NSR-98. De manera explícita el Código de Construcción en su Artículo 8 delimita su aplicabilidad sobre edificaciones y construcciones.

En cuanto al Decreto 193 de 2006 de la Alcaldía de Bogotá, en su Artículo número 1 expresa que “*modifica y complementa el Código de Construcción de Bogotá*”. El código de construcción fue adoptado a través del Acuerdo 20 de 1995, y fija su alcance principalmente sobre políticas y normas de desarrollo urbanístico sin establecer normas relacionadas con el desarrollo de estudios de respuesta dinámica para redes de acueducto. Igualmente, el Decreto 193 de 2006 expresa su carácter obligatorio para el diseño y construcción de edificaciones nuevas en el Artículo 4 y en su Artículo 9 menciona que aquellos aspectos no contemplados en dicho decreto se regirán por lo establecido en la Ley 400 de 1997, la NSR-98. Por lo tanto el Decreto 193 no aplicaría en este caso.

Las anteriores consideraciones muestran que en la actualidad no existe una normatividad destinada específicamente a estudios de interacción dinámica suelo-tubería, que es el objeto de este proyecto. Por lo tanto, los requerimientos de dichas normas no son exigibles para los estudios de Tuberías Enterradas Existentes. Este vacío jurídico permite con toda libertad adoptar los criterios técnicos que se consideren adecuados y relevantes para el proyecto.

La posición de la Empresa de Acueducto en este sentido, y compartida por los Consultores, es que lo más importante es tener claro los aspectos técnicos, es decir, establecer los criterios de análisis dinámico que a partir de las normas existentes pueden ser aplicados a las tuberías en estudio, de manera que dentro del cumplimiento de las normas se logre definir e implementar las acciones que reduzcan la vulnerabilidad de las tuberías ante un evento sísmico.

**Aspectos Técnicos Expuestos por los Especialistas**

Se considera que hay aspectos técnicos asociados con las normas que es importante usarlos como punto de referencia para este tema a saber:

**FORMATO  
AYUDA DE MEMORIA**

El estudio nacional de Amenaza Sísmica, base de la norma NSR-98, establece la amenaza sísmica para Bogotá en 0,2g. Este valor corresponde al valor máximo esperado de aceleración en roca, y se calcula como la suma de las probabilidades de excedencia del movimiento sísmico en la ciudad proveniente de todas las posibles fuentes sísmicas, en un período de exposición de 50 años con una cobertura por incertidumbre del 90%. En otras palabras, es de esperarse con base en los datos utilizados en el estudio (magnitud y recurrencia de las posibles fuentes y ecuaciones de atenuación), que se pueda exceder este nivel de movimiento en 50 años con una probabilidad del 10% de excedencia a nivel de roca. La contribución a la amenaza en Bogotá esta dada por:

- Sismos cercanos, que pueden tener aceleraciones altas pero baja probabilidad de ocurrencia
- Sismos lejanos que provienen de la zona de subducción del Pacífico y sólo pueden tener aceleraciones bastante bajas y relativamente alta probabilidad
- Sismos fuertes de rango intermedio de distancias y probabilidad relativamente alta, como los que pueden ocurrir en la falla frontal de la cordillera oriental.

De acuerdo con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (EMZSB), se calculó que las aceleraciones máximas del terreno (con criterios no necesariamente similares a los de la NSR-98) para cada fuente fueran 0,038g para la fuente lejana, 0,25g para la fuente cercana y 0,2g para la fuente intermedia. De acuerdo con los resultados técnicos de los estudios recientes de INGEOMINAS y UNIANDES la amenaza sísmica para un período de retorno de 475 años en la ciudad de Bogotá es de 0,175g, y los valores máximos de aceleración del terreno para la fuente cercana pueden ser de 0,16g, la fuente intermedia 0,14g y la fuente lejana a 0,038g.

De lo anterior se deduce que el valor probabilístico de amenaza de 0,2g (o 0,175g según estimaciones recientes mencionadas), no corresponde al de un sismo en particular ni a un sismo de diseño. Para seleccionar los sismos de diseño es necesario identificar las posibles fuentes sísmicas, su tipo, magnitud y distancia, y con base en eso seleccionar registros preferiblemente de sismos reales representativos de esas condiciones. Esto es lo que hizo el INGEOMINAS y que fue la base para la selección de los sismos que la DPAE ha definido para análisis de respuesta local de edificaciones de acuerdo con el Decreto 193 de 2006. Estos sismos fueron adoptados por la DPAE desde el comienzo de la vigencia del Decreto 193 hasta el 13 de marzo de 2007, cuando se publicó en la página web que debían ser escalados. En dicha fecha se cambiaron los sismos sin escalar por los mismos sismos pero escalados linealmente, de manera que los valores máximos de aceleración de los registros coincidieran con los del Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (EMZSB), con el ánimo de respetar dichos niveles de amenaza. Adicionalmente, se anotó que para trabajar con los sismos escalados se debía diseñar con el promedio de los valores máximos.

**FORMATO  
AYUDA DE MEMORIA**

Con respecto al escalamiento se analizó y discutió por los Especialistas, de una parte, que los valores probabilísticos, por trabajar con niveles de cobertura por incertidumbre, en realidad se deben relacionar con las envolventes de resultados que se obtengan con el análisis de sismos representativos, y de otra parte, que el escalar linealmente un registro de un sismo no tiene ninguna justificación física, sismológica o matemática, ya que se trata de un fenómeno donde hay componentes tales como la distribución de energía en los diferentes componentes del movimiento ondulatorio, así como las fases de esos componentes que dependen de aspectos básicos de la física del movimiento tales como tipo de fuente, magnitud del sismo, distancia al sitio de registro y ambiente tectónico, entre otros, ninguno de los cuales se puede considerar linealmente proporcional a la aceleración máxima del registro.

El escalamiento lineal tiene efectos muy fuertes sobre las características del movimiento, no sólo sobre la aceleración máxima del registro, que hace que los sismos escalados de esta forma realmente no sean representativos del fenómeno que se quiere analizar. En la reunión se mostraron resultados de espectros de respuesta de los registros así como de análisis bidimensionales de respuesta ilustrando estos efectos, anexos a este documento, en los que se evidencia que utilizar los sismos escalados cambia sustancialmente las condiciones del problema en una condición que no es representativa de la realidad. Estos resultados son muy altos, y aunque se podría argumentar que para un diseño nuevo son seguros, no son razonables para evaluar las condiciones de comportamiento de una estructura existente.

Con base en lo anterior se discutieron opciones y se concluyó por los Especialistas de las Consultorías y de la Asesoría que para el propósito de los estudios se considera adecuado trabajar con algunos de los sismos seleccionados por el Ingeominas sin escalar ya que son representativos de sismos reales similares a los que pueden ocurrir en las fuentes sísmicas que afectan a Bogotá. Se debe trabajar con las envolventes de los resultados que se obtengan de los análisis con estos sismos. Por otra parte, dado que los análisis probabilísticos arrojan valores más altos de aceleración máxima del terreno que los que tienen algunos de estos sismos sin escalar, se harán análisis adicionales con un número limitado de los sismos escalados con el fin de acotar por lo alto los posibles resultados de respuesta que se obtengan.

Con base en el análisis de los sismos considerados, a continuación se indica el nombre y principales características de los sismos sin escalar que se acordó utilizar para los dos proyectos, según recomendación de los Especialistas de Dinámica de Suelos y Geotecnia.

**FORMATO  
AYUDA DE MEMORIA**

Fuente Cercana	Mammoth
	Coalinga
	Umbría
Fuente intermedia	Mt. Baldy
	Deer Canyon
	Okayama
Fuente Lejana	México CUIP
	México CUMV
	México CU01

Adicionalmente, los sismos que se emplearán escalados para un nivel de amenaza para fuente cercana de  $A_{máx}=0,16g$  y para fuente intermedia de  $A_{máx}=0,14g$ , en su orden, son los siguientes:

- F. Cercana: Coalinga
- F. Intermedia: N. Deer Canyon

Información Adjunta, presentada por los Especialistas en la reunión:

- Gráfica de señales sísmicas – papel tripartita (Desplazamiento, Velocidad y Aceleración)
- Resultados de los Espectros de respuesta obtenidos con el escalamiento previo.

**FORMATO  
AYUDA DE MEMORIA**

<b>COMPROMISOS:</b>		Hoja: 6	De: 6
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>FECHA</b>	
Documentar los aspectos técnicos de las decisiones tomadas en la presente reunión para la protocolización de la Ayuda de Memoria	Especialistas en Dinámica de Suelos y Geotécnica HMV INGENIEROS y CONSORCIO TIBITOC 2006	3/08/2007	
<p>Aprobado por:</p> <p><b>Carlos Eduardo Bernal Latorre</b> – Director Proyecto - CONSORCIO TIBITOC 2006</p> <p><b>Sergio Laurens Tapias</b>. – Coordinador Proyecto - CONSORCIO TIBITOC 2006</p> <p><b>Jorge Alberto Rodríguez</b> – Especialista en Geotécnica – HMV INGENIEROS</p> <p><b>Eduardo Castell</b> – Coordinador Proyecto - HMV INGENIEROS</p> <p><b>Erika Alexandra Buitrago</b> HMV INGENIEROS</p> <p><b>Edgar Eduardo Rodríguez</b> – Esp. Dinámica de Suelos HMV y CONSORCIO TIBITOC 2006</p> <p><b>Hernando Álvarez Rocha</b> - Director Asesoría - ESTUDIOS TÉCNICOS S. A.</p> <p><b>Edgar Forero Muñoz</b> Esp. Dinámica de Suelos – ESTUDIOS TÉCNICOS S.A.</p> <p><b>Néstor Raúl García</b> – Asesor Gerencia Corporativa Sistema Maestro – EAAB</p> <p><b>Gino González Rodríguez</b> – Líder Grupo Apoyo Técnico - Dirección Red Matriz- EAAB</p> <p><b>Fabián Santa López</b> Interventor Contratos HMV, Consorcio Tibitoc 2006 y Estudios Técnicos S.A. – EAAB</p>			