



# Protecciones antisísmicas

**U**n tema que ha evolucionado bastante desde que yo empecé a diseñar sistemas de protección contra incendios son las protecciones antisísmicas en los sistemas de agua contra incendios. Aunque la norma de diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos, NFPA 13, incorporó desde 1947 criterios para la protección antisísmica, no fue hasta después de importantes terremotos en California en 1971, 1989 y 1994 que la norma abordó este tema con incrementada especificidad. Hoy día los criterios establecidos en NFPA 13, *Instalación de sistemas de rociadores*, sobre este tema han sido adoptados por varias normas como las de columnas de agua y conexiones para mangueras (NFPA 14); sistemas de agua pulverizada (NFPA 15); bombas estacionarias contra incendios (NFPA 20); y agentes limpios (NFPA 2001).

Estos criterios tienen como objetivo evitar un daño importante en sistemas contra incendios durante un terremoto y así permitir que el sistema continúe funcionando después del terremoto. NFPA 13 (para este artículo se hace referencia a la edición 2013) busca proteger la tubería durante un terremoto, mediante lo siguiente (A.9.3.1):

1. Las tensiones que se desarrollarían en las tuberías como consecuencia de los movimientos diferenciales del edificio se minimizan mediante el uso de uniones flexibles o de espacios libres.
2. Se utilizan riostras para mantener a las tuberías suficientemente rígidas cuando son sostenidas desde un componente del edificio que se prevé se mueva como una unidad, como un cielo raso.

## El problema sísmico de Latinoamérica

En Latinoamérica hemos vivido terremotos de gran impacto social y económico. Según datos tomados de "Detalles de Terremotos" (*Earthquake Details*) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey o USGS), el terremoto más violento que ha ocurrido en el mundo ocurrió en Chile, un 22 de mayo del 1960. Ese terremoto tuvo una magnitud de 9.5 en la escala de Richter y su epicentro fue cerca de la costa pacífica, afortunadamente no muy cerca de áreas densamente pobladas. Sin embargo, a raíz de este evento, 16,500 personas perdieron la vida, 30,000 personas quedaron heridas y 200,000 más perdieron su vivienda. Afortunadamente, de este y otros terremotos ocurridos en la

región, hemos aprendido valiosas lecciones. Los códigos de construcción de Chile, así como los de Colombia, Costa Rica y México, por nombrar unos pocos países, han requerido que edificaciones nuevas y existentes se construyan o refuercen con estructuras resistentes a los movimientos telúricos.

En el 2010 ocurrieron dos terremotos en nuestro hemisferio, uno en Chile y otro en Haití que demuestran la eficacia de estos códigos antisísmicos y la devastación cuando no existen. El 12 de enero de ese año un terremoto con una magnitud de 7.0, con epicentro en las afueras de Puerto Príncipe, devastó gran parte de Haití. Aunque aún no se han consensuado totalmente las estadísticas de este terremoto, estimados oficiales indican que 316,000 personas perdieron la vida y que otras 300,000 resultaron heridas. Solo en la ciudad de Puerto Príncipe, 97,000 casas fueron destruidas y otras 188,000 resultaron dañadas. Este es el terremoto más devastador en el mundo en el último siglo.

Seis semanas después, el 27 de febrero, un terremoto de 8.8 en la escala de Richter que—basado en cálculos del USGS (<http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/calculator.php>)—liberó 501 más energía que el de Haití, tuvo epicentro en el Océano Pacífico a 17 Km de localidad de Cobquecura en la VIII Región del Bio Bio en Chile. Este terremoto resultó en 523 muertos, y 370,000 casas dañadas. Se debe aclarar que el terremoto de Haití fue en medio de un área densamente poblada y ocurrió solo 13 km debajo de la tierra, mientras que el terremoto de Chile tuvo su epicentro a 325 km de Santiago y ocurrió 34 km debajo de la tierra. Aunque la intensidad del terremoto se disipa significativamente con la distancia, el terremoto de Chile demuestra la importancia de la existencia de una normativa local, de su fiscalización y su cumplimiento.

## Donde se requieren las protecciones anti-sísmicas

La Sección 9.3 de NFPA 13 establece la "protección de tuberías contra daños cuando están expuestas a terremotos". Sin embargo el primer apartado de esta sección incluye una de esas "perlas" que nos dejan a todos los que estamos en este negocio sin saber para donde mirar. La sección 9.3.1.1. dice textualmente "Cuando se requiera que los sistemas de protección contra incendios a base de agua se protejan contra el daño provocado por terremotos, deben aplicarse los requisitos de la Sección 9.3, a

menos que se cumplan los requisitos de 9.3...”. Y la pregunta entonces es ¿dónde se requieren estos requisitos? Bueno aquí empieza un calvario. Aunque NFPA establece los criterios de diseño e instalación, no especifica donde geográficamente son estos criterios requeridos. Muchos recordarán que en ediciones anteriores de NFPA 13 se incluían mapas sísmicos de los Estados Unidos, pero estos fueron eliminados pues el comité técnico concluyó que definir donde geográficamente se requiere la aplicación de la Sección 9.3 no es potestad de la norma.

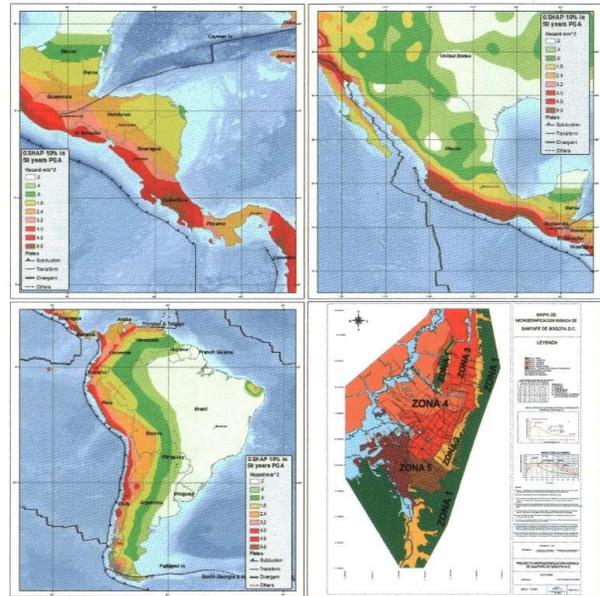
En Estados Unidos son las Autoridades Competentes (AC) o los códigos de construcción los que establecen donde geográficamente hay que cumplir la Sección 9.3. En la edición 2013 del *Manual de Rociadores Automáticos* (página 494) se publica una pregunta frecuente hecha al comité de la NFPA 13 sobre este respecto, la cual indica que “la AC y el diseñador deberían llegar a un común acuerdo... acerca de si los requisitos de la Sección 9.3 serían requeridos”. Esto no nos ayuda mucho para los que trabajamos en Latinoamérica.

### Que dicen los códigos de construcción

La edición 2012 de NFPA 5000, *Código de Seguridad y Construcción de Edificios*, en su artículo 35.10 dice que todas las estructuras y sus componentes no estructurales, como los rociadores automáticos, deben ser diseñados y construidos para resistir los efectos de movimientos sísmicos, como se prescribe en los capítulos 11 y 23 de ASCE/SEI 7-10, *Cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras* (*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*). Esta norma es publicada por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) y su última edición data del 2013.

Afortunadamente, NFPA 13, desde la edición 2010, incluye en el Apéndice E una metodología de diseño para cumplir los requerimientos de SEI/ASCE 7-10. En términos generales NFPA utiliza un “Factor Sísmico Simplificado” ( $C_p$ ) bajo el cual la única información necesaria, luego de redondeos conservadores efectuados por NFPA, es el valor de la “Aceleración Espectral de Periodo Corto para el Terremoto Máximo Considerado” (*Short Period Mapped Spectral Acceleration for the Maximum Considered Earthquake*), llamada también  $S_s$ .

Se debe aclarar que en la Sección 9.3 de NFPA 13,  $C_p$  se le llama el “Coeficiente Sísmico” y  $S_s$  “Coeficiente de Respuesta de Periodo Corto”. El artículo 9.3.5.9.3.1 de NFPA 13 indica que el  $S_s$  se debe obtener de la AC o de los mapas de riesgo sísmico. Pero dice también que en aquellos casos donde no se consiga el  $S_s$ , se puede utilizar un  $C_p$  de 0.5 (NFPA 13: 9.3.5.9.5), lo que corresponde a un  $S_s$  de 0.95. A falta de mayor información, la mayoría de los diseñadores en nuestra región utilizan un  $C_p$  de 0.5. Pero un  $S_s$  de 0.95 es muy conservador para la aceleración sísmica que puede ocurrir en la mayoría de las ciudades Latinoamericanas, como se puede constatar de los mapas sísmicos.



Mapas: Cortesía del Global Seismic Hazard Assessment Program (México, Centro América y Sur América) y del Servicio Geológico Colombiano (Bogotá)

Para entender esta aseveración, el Programa Global de Evaluación de Riesgo Sísmico (*Global Seismic Hazard Assessment Program* o G SHAP), desarrolló mapas generales de la Aceleración Pico en el Piso (*Peak Ground Acceleration* o PGA) para nuestro hemisferio (*ver mapas*). Los valores representados en estos mapas tienen que ser divididos por la aceleración de la gravedad, o  $9.8 \text{ m/s}^2$  para obtener algo equivalente al  $S_s$ . Se darán cuenta ustedes mismos que aceleraciones de  $9.3 \text{ m/s}^2$ , o sea un  $S_s$  de 0.95, ocurren solo en áreas geográficas muy limitadas. Estos mapas desafortunadamente no son muy específicos, sobre todo para áreas pobladas, pero afortunadamente existen para muchas ciudades de la región micro-mapas sísmicos, como la figura que muestra uno para la ciudad de Bogotá.

En conclusión, tenemos hoy más información que nos permite hacer esta importante parte del diseño de cualquier sistema de protección contra incendios de una manera más detallada y acotado al riesgo reinante. Yo sugiero también asesorarse de un ingeniero civil con conocimiento de las características sísmicas de la región. Es una buena idea también consultar al asegurador y consensuar estas conclusiones con la AC. 🔥

**JAIME A. MONCADA P.E., SFPE**, es director de IFSC, una firma consultora en ingeniería de protección contra incendios con sede en Washington, DC. y con oficinas en Latinoamérica.

**Nota:** *Quisiera agradecer ayuda de los ingenieros Rafael Torres, CEPI y Federico Cveteznik, instructores de la NFPA, quienes me ayudaron a entender este tema en más detalle y quienes revisaron este artículo.*