

PRESENTACIÓN DE LA VERSIÓN EN ESPAÑOL

Muchos de los países de América Latina y el Caribe están ubicados en zonas de alta amenaza sísmica y con frecuencia se ven afectados por terremotos de gran poder destructivo. Subestimar los daños potenciales de esos terremotos en la infraestructura de agua y saneamiento pone en riesgo la meta de desarrollo del milenio que pretende reducir para el año 2015 a la mitad el número de personas que carecen de acceso adecuado y económicamente asequible al agua potable.

La sostenibilidad de la infraestructura de agua y saneamiento ubicada en zonas de riesgo a terremotos solo se puede lograr si se incorporan aspectos para reducir la vulnerabilidad, incluyéndose medidas de prevención y mitigación necesarias en los procesos de planificación y desarrollo de las mismas. El adecuado conocimiento sobre gestión del riesgo permitirá incluir esas medidas en el diseño, planificación, operación y mantenimiento de la infraestructura de agua y saneamiento, que resulta de vital importancia en situaciones de emergencia.

Reducción del daño sísmico – Guía para las empresas de agua presenta información técnica de gran valor para la prevención de los daños que podría provocar un terremoto en los distintos componentes que forman parte de un sistema de abastecimiento de agua potable. La información se basa en situaciones reales en las que se han producido daños. Se describen también las soluciones técnicas que se han implementado para reconstruir sistemas afectados o evitar daños en nueva infraestructura.

La Organización Panamericana de la Salud agradece la generosidad de la American Water Works Association (AWWA) por permitir la traducción y adaptación del documento originalmente publicado por esa Asociación en el año 1994, con el nombre de “Minimizing Earthquake Damage. A guide for Water Utilities”.

Aprovechamos la oportunidad para reconocer el trabajo del Dr. Carlos Zavala del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, en la revisión técnica del texto en español y sus aportes que han permitido resaltar aquellos aspectos de especial interés para los países de América Latina y el Caribe.

Dr. Mauricio Pardón
Director, CEPIS/OPS

Dr. Jean Luc Poncelet
Jefe, Área de Preparativos
para Desastres, OPS/OMS

PREFACIO

El 17 de enero de 1994 a las 4:31 a.m., un terremoto de 6,8 de magnitud remeció la comunidad de Northridge, California, en el valle de San Fernando en Los Ángeles. En el área del epicentro se midieron aceleraciones máximas superiores a la aceleración de la gravedad. Hubo un enorme daño a los sistemas de agua tanto en el valle de San Fernando como en el valle de Santa Clarita al norte. El informe preliminar sobre los daños al sistema se basó en parte en el informe de reconocimiento preliminar de la *American Society of Civil Engineers, Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering*, preparado por LeVal Lund, con adiciones del autor.

El terremoto dañó tuberías de 54, 77, 85 y 120 pulgadas (1.370, 1.955, 2.160, y 3.050 mm) de diámetro que distribuían agua desde el norte de California. La reparación de esas tuberías matrices tomó cerca de 10 días. En los valles de San Fernando y Santa Clarita se produjeron más de 1.500 averías en el servicio y en las tuberías del sistema de abastecimiento como resultado del terremoto. Las tuberías fueron dañadas por el movimiento tectónico y por el paso de ondas sísmicas. No se reportó licuefacción o flujo lateral significativos en el área. Después del terremoto, se emitió la orden de “hervir el agua” en la zona, la que se derogó en Los Ángeles el 29 de enero, pero se mantuvo en el valle de Santa Clarita hasta el 4 de febrero.

La tubería cilíndrica de concreto reforzado de 54 pulgadas (1.370 mm) que suministraba agua tratada al valle de Santa Clarita se rompió, en promedio, cada 1,5 kilómetros. Las rupturas se produjeron principalmente en las uniones, algunas soldadas y otras de espiga y campana. La campana se rajó circunferencialmente en las uniones soldadas, mientras que las uniones de espiga y campana se separaron. La campana también se rajó circunferencialmente en la tubería de acero soldado que suministraba agua no tratada a la planta de tratamiento Jensen. Dicha tubería tenía un diámetro de 85 pulgadas (2.160 mm) y un espesor de 13/16 pulgadas (20 mm). Se produjo un aparente movimiento lateral de la tubería. Las otras averías ocurrieron en los acueductos de Los Ángeles que suministraban agua a la planta de tratamiento de Los Ángeles.

Dos tuberías matrices de acero soldado para la conducción de agua resultaron dañadas en el Boulevard de Balboa. Los televidentes vieron las imágenes espectaculares de las llamas de dos tuberías de gas natural a alta presión que iluminaron la calle inundada por las líneas de conducción rotas. Un bloque de suelo de aproximadamente 1.000 pies (300 m) de largo se desplazó longitudinalmente a través de Balboa y rompió las tuberías por tracción en un extremo y por compresión en el otro.

Existen tres plantas de tratamiento de agua ubicadas en la zona afectada por el terremoto. Las plantas de tratamiento de Jensen y Los Ángeles suministran diariamente más de un billón de galones de agua tratada a la región de Los Ángeles. La tercera planta está ubicada en el valle de Santa Clarita y suministra agua a dicho valle. Las tres plantas de tratamiento sufrieron solo daños menores. La planta de tratamiento Jensen, que estuvo en construcción durante el terremoto de San Fernando de 1971, resultó gravemente afectada por dicho sismo. A partir de entonces, se ha venido implementando un programa de mitigación de sismos en la planta. Las otras dos plantas se construyeron alrededor de 1980 e incorporaron muchos de los conceptos de diseño sismorresistente identificados en el evento de San Fernando.

Los daños menores en las plantas de tratamiento incluyeron:

- fugas en las juntas de construcción de concreto dañadas;
- daño a los deflectores de los tanques de sedimentación y a los soportes de los deflectores debido al movimiento oscilatorio del agua;
- daño a las líneas de vacío de cloro debido al asentamiento diferencial, y
- daño al cojinete de suspensión de vagones ferroviarios debido al intenso movimiento en la dirección de volteo del vagón.

El diseño sismorresistente y los elementos que fueron reforzados incluyeron:

- el diseño a prueba de averías en las líneas de vacío que dio como resultado que no se liberara cloro de la tubería de cloro rota;
- la válvula sísmica que interrumpió el suministro de oxígeno al sistema de ozonización;
- las uniones flexibles en las tuberías de la planta y los cruces en las juntas de construcción; los desalineamientos en desplazamiento se pudieron notar en la estructura, y
- el mejoramiento del suelo del área que se licuó en 1971, tuvo un buen comportamiento.

No se reportó ningún daño en las instalaciones de bombas ni de pozos. Estas instalaciones, que no contaban con una fuente de energía de emergencia, dejaron de operar hasta que se restauró la energía en toda la región.

Las instalaciones afectadas por el terremoto de Northridge son propiedad y están operadas por empresas que estuvieron expuestas al terremoto de San Fernando de 1971. Muchos de los diseños empleados en esas instalaciones son los mejores que se encuentran en el mercado. Los sistemas de agua más típicos que se encuentran en otras partes de América del Norte podrían haber sido afectados con mayor gravedad.

El propósito de este libro es servir de orientación a las empresas de agua para que identifiquen las deficiencias y refuercen sus instalaciones a fin de que sus diseños sismorresistentes sean iguales o mejores a aquellos utilizados por las empresas afectadas por el terremoto de Northridge.

AGRADECIMIENTOS

Este documento fue preparado por Donald B. Ballantyne bajo el patrocinio del Geological Survey de los Estados Unidos de América (USGS) para el proyecto titulado *TRANSFER OF HAZARDS INFORMATION AND ASSESSMENT METHODS TO WATER PROVIDERS in the PACIFIC NORTHWEST* (Transferencia de información sobre amenazas y métodos de evaluación para proveedores de agua en el Noroeste del Pacífico). Durante la preparación de este documento, el Sr. Ballantyne se encontraba trabajando con Kennedy/Jenks Consultants. Actualmente trabaja para Dames & Moore en Seattle, Washington.

Los miembros del Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering (TCLEE) del Water and Sewage Committee de la American Society of Civil Engineers (ASCE), bajo el respaldo financiero del National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER), han contribuido con información técnica y con la revisión de este documento. Se agradece su contribución. Se reconoce particularmente los esfuerzos de Michael J. O'Rourke, del Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, N.Y., miembro de la ASCE TCLEE, cuyos comentarios y revisión se centraron en la sección sobre tuberías.

La preparación de la versión original en inglés de este documento fue subvencionada por la US Geological Survey del Ministerio del Interior de los Estados Unidos y por el NCEER. Las opiniones y conclusiones contenidas en este documento pertenecen a los autores y no deben interpretarse necesariamente como que representan las políticas oficiales, explícitas o implícitas, del gobierno de los Estados Unidos.

La mayor parte del texto en este documento fue desarrollado originalmente por el autor en otras publicaciones, y por otros autores en proyectos de financiamiento público. Parte del texto sobre descripción de amenazas en el capítulo 2 y la sección sobre represas en el capítulo 3 se discutieron en la publicación de la Federal Emergency Management Agency, *A model methodology for assessment of seismic vulnerability and impact of disruption of water supply systems* (Una metodología modelo para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y el impacto de la interrupción de los sistemas de abastecimiento de agua) (1993), y se modificaron para este documento.

Muchas de las fotografías incluidas en esta publicación fueron tomadas por el autor y otros miembros del TCLEE durante varios viajes de reconocimiento de sismos, incluidos aquellos que se mencionan a continuación. Los gastos de dichos viajes fueron financiados por el NCEER, la ASCE y la National Science Foundation (NSF) a través del Earthquake Engineering Research Institute.

- Seattle, Washington, 1965, magnitud 6,5
- San Fernando, California, 1971, magnitud 6,5
- Coalinga, California, 1984, magnitud 6,7
- Whittier Narrows, California, 1987, magnitud 5,9
- Loma Prieta (San Francisco), California, 1989, magnitud 7,1
- Luzón (Dagupan, Baguio), Filipinas, 1990, magnitud 7,8
- Limón (Moin), Costa Rica, 1991, magnitud 7,5
- Erzincan, Turquía, 1992, magnitud 6,8
- Landers-Big Bear, California, 1992, magnitud 7,4
- Cape Mendocino, California, 1992, magnitud 7,1
- Scotts Mills, Oregon, 1993, magnitud 5,6