

**Serie Mitigación de Desastres**

# **Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario**

**Guías para el análisis de vulnerabilidad**



**Organización Panamericana de la Salud  
Oficina Regional de la  
Organización Mundial de la Salud**

**Washington, D.C., 1998**

Publicado en inglés con el título:  
*Natural Disaster Mitigation in Drinking Water and Sewerage Systems:  
Guidelines for Vulnerability Analysis*

Foto de la cubierta: OPS/OMS

ISBN 92 75 32250 3

### **Catalogación por la Biblioteca de la OPS:**

Organización Panamericana de la Salud  
Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y  
alcantarillado. Washington, D.C.; OPS, c1998. 110 p. -- (Serie  
Mitigación de Desastres).

ISBN 92 75 32250 3

I. Título. II. (series)

1. MITIGACIÓN PREVIA AL DESASTRE. 2. DESASTRES NATU-  
RALES. 3. ANALISIS DE VULNERABILIDAD. 4. ABASTECIMIENTO  
DE AGUA — normas. 5. EMERGENCIAS EN DESASTRES.

LC HV553

© **Organización Panamericana de la Salud, 1998**

Una publicación del Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastre, OPS/OMS.

Las opiniones expresadas, recomendaciones formuladas y denominaciones empleadas en esta publicación no reflejan necesariamente los criterios ni la política de la OPS/OMS ni de sus estados miembros.

La Organización Panamericana de la Salud dará consideración favorable a las solicitudes de autorización para reproducir o traducir, total o parcialmente, esta publicación. Las solicitudes deberán dirigirse al Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastre, Organización Panamericana de la Salud, 525 Twenty-third Street, N.W., Washington, D.C. 20037, EUA; fax: (202) 775-4578; correo electrónico: [disaster@paho.org](mailto:disaster@paho.org).

La realización de esta publicación ha sido posible gracias al apoyo financiero del Ministerio de Relaciones Exteriores de la República Federal de Alemania, Grupo de Trabajo Ayuda Humanitaria, la División de Ayuda Humanitaria Internacional de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (IHA/CIDA) y la Oficina de Asistencia al Exterior en Casos de Desastre de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (OFDA/AID).

# Contenido

<b>Prefacio y Agradecimientos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Planificación para la atención de emergencias y desastres</b> .....	<b>5</b>
Introducción .....	5
Programa de Atención de Emergencias y Desastres .....	5
Institucionalización y organización del programa .....	6
Aspectos legales .....	7
Organización institucional .....	7
Coordinación interinstitucional .....	9
Análisis de vulnerabilidad .....	9
Plan de mitigación .....	9
Plan de emergencia .....	10
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Fundamentos para el análisis</b> .....	<b>13</b>
Introducción .....	13
Concepto de vulnerabilidad .....	14
Naturaleza del problema .....	15
Comportamiento esperado de los componentes físicos de los sistemas de saneamiento .....	15
Cuantificación de la vulnerabilidad .....	15
Cuándo debe hacerse un análisis de vulnerabilidad .....	16
Cálculo de la vulnerabilidad física .....	16
Esquema general .....	16
Matrices de probabilidad de daños y/o falla .....	17
Vulnerabilidad de los sistemas .....	18
Matrices 1A y 1B: Aspectos operativos .....	19
Matriz 2: Aspectos administrativos .....	19
Matriz 3: Aspectos físicos .....	20
Matriz 4A y 4B: Medidas de mitigación y emergencia .....	21
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Descripción de las amenazas naturales y de sus efectos en los sistemas de agua potable y alcantarillado</b> .....	<b>23</b>
Introducción .....	23
Características de las amenazas y principales efectos .....	24
Terremotos .....	24

Intensidad de Mercalli .....	27
Cálculo de la vulnerabilidad física del sistema .....	27
Efectos generales de los terremotos .....	29
Daños producidos por terremotos .....	29
Huracanes .....	38
Cálculo de la vulnerabilidad y tipificación de los componentes .....	40
Cálculo de la vulnerabilidad física del sistema .....	40
Efectos generales de los huracanes .....	41
Daños producidos por huracanes .....	41
Inundaciones .....	42
Generalidades .....	42
Factores que afectan la escorrentía en una cuenca .....	42
Variación y patrones de precipitación .....	43
Evaluación de la amenaza y mapas de riesgos .....	43
Efectos generales de las inundaciones .....	43
Contaminación del agua potable por inundaciones .....	44
Daños por inundaciones .....	44
Deslizamientos .....	45
Antecedentes históricos .....	46
Geología de la región .....	46
Topografía y estabilidad .....	47
Pluviosidad .....	47
Erosión .....	47
Licuefacción debido a sismos .....	47
Tipos más importantes de deslizamientos .....	48
Efectos generales de los deslizamientos .....	49
Daños producidos por los deslizamientos .....	50
Erupciones volcánicas .....	52
Áreas de impacto .....	52
Evaluación de la amenaza .....	52
Recurrencia .....	53
Efectos generales de erupciones volcánicas .....	53
Daños producidos por erupciones volcánicas .....	53
Sequías .....	54
Efectos generales de las sequías .....	54
Daños producidos por las sequías .....	54

## Capítulo 4

<b>Análisis de vulnerabilidad .....</b>	<b>57</b>
Introducción .....	57
Identificación de la organización y la legislación vigentes .....	57
Descripción de la zona, del sistema y su funcionamiento .....	58
Metodología .....	58
Matriz 1A - Aspectos operativos (sistemas de agua potable) .....	58
Matriz 1B - Aspectos operativos (alcantarillado sanitario) .....	61
Matriz 2 - Aspectos administrativos y capacidad de respuesta .....	61

Organización institucional .....	61
Operación y mantenimiento .....	63
Apoyo administrativo .....	63
Matriz 3 - Aspectos físicos e impacto en el sistema .....	63
Componentes expuestos .....	65
Estado del componente .....	65
Daños estimados .....	65
Tiempo de rehabilitación (TR) .....	66
Capacidad remanente .....	68
Impacto al servicio .....	68
Matriz 4A - Medidas de mitigación y de emergencia (aspectos administrativos y operativos) .....	68
Matriz 4B - Medidas de mitigación y de emergencia (aspectos físicos) .....	70
<b>Anexos</b>	
<b>Anexo 1: Ejemplos de efectos de sismos en sistemas de tuberías .....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo 2: Ejemplo de aplicación en la ciudad de Limón, Costa Rica .....</b>	<b>81</b>
Introducción .....	81
El estudio de caso, ciudad de Limón, Costa Rica .....	81
Amenaza sísmica en la ciudad de Limón .....	83
Matriz 1A - Aspectos operativos .....	84
Matriz 1B - Aspectos operativos .....	85
Matriz 2 - Vulnerabilidad administrativa de la empresa y capacidad de respuesta .....	86
Matriz 3 - Aspectos físicos y de impacto en el servicio .....	88
Matriz 4A - Medidas de mitigación y emergencia (Aspectos administrativos y operativos) .....	90
Matriz 4B - Medidas de mitigación y emergencia (Aspectos físicos) .....	93
<b>Anexo 3: Método aproximado para la estimación de daños en tuberías como consecuencia de sismos intensos .....</b>	<b>95</b>
Introducción .....	95
Evaluación de la amenaza sísmica .....	95
Estimación de la vulnerabilidad .....	96
Cálculo del número esperado de fallas por kilómetro .....	97
<b>Definiciones .....</b>	<b>99</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>101</b>

# Prefacio y Agradecimientos

Desde hace varios años la Organización Panamericana de la Salud ha venido prestando apoyo técnico para que las empresas administradoras de los sistemas de agua potable y alcantarillado en América Latina y el Caribe mejoren su preparación y planificación frente a los desastres y las emergencias. En 1993 se publicó el cuaderno técnico "Planificación para atender situaciones de emergencia en sistemas de agua potable y alcantarillado", una guía de gran utilidad para organizar y planificar la respuesta a las emergencias que se pudiesen presentar.

Conscientes de que para asegurar la continuidad y calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado durante situaciones de emergencias y desastres, además de contar con los planes de atención de emergencia, era necesario identificar e implementar las medidas de prevención y mitigación frente a desastres en los distintos componentes de estos sistemas, damos ahora un paso adelante con esta nueva publicación sobre aspectos de mitigación de desastres.

El libro es una caja de herramientas básicas que las empresas prestadoras de estos servicios pueden utilizar para estudiar e identificar las vulnerabilidades existentes en sus sistemas frente a las más importantes amenazas naturales que les pueden afectar (terremotos, huracanes, inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas y sequías), y una vez identificadas, puedan planificar y ejecutar las necesarias medidas de mitigación.

La obra es el final de un largo proceso. Ha sido elaborado partiendo de las "Guías para la elaboración del análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario", preparadas por Herber Farrer para el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) en 1996, y con la aportación de cuatro estudios de casos realizados con el apoyo financiero del Ministerio de Relaciones Exteriores de la República Federal de Alemania, Grupo de Trabajo Ayuda Humanitaria. El propósito de estos cuatro estudios fue validar la metodología planteada en el libro que presentamos. Fueron los siguientes: uno frente a terremotos hecho en Costa Rica por Saúl Trejos, otro frente a deslizamientos elaborado por José Grases en Venezuela, un tercero sobre inundaciones realizado en Brasil por Ysnard Machado, y el cuarto ejecutado en Barbados por David Lashley sobre huracanes y erupciones volcánicas. Gracias a la importante contribución técnica de todos ellos ha sido posible esta nueva publicación.

Hay que agradecer también a Vanessa Rosales de Costa Rica sus importantes comentarios y sugerencias para la versión final de este texto.