

## **Anexo 2**

# **Ejemplo de aplicación en la ciudad de Limón, Costa Rica**

### **Introducción**

Los datos que a continuación se presentan se han recopilado de un estudio de caso<sup>22</sup> realizado por el Ing. Saúl Trejos en el sistema de agua potable y alcantarillado sanitario de la ciudad de Limón, Costa Rica, frente a amenazas sísmicas. Las diferencias que existen en la forma en que aparecen en dicho estudio de caso y la que se utiliza aquí, se deben a que la metodología ha sufrido algunas variaciones en el método de recopilar y presentar los datos relevantes para la identificación de la vulnerabilidad.

El estudio de caso realizado en Costa Rica, junto a otros tres realizados en Brasil, Venezuela y Montserrat sobre inundaciones, deslizamientos, huracanes y erupciones volcánicas, sirvieron para validar la metodología presentada en esta publicación como una herramienta de fácil uso para que las empresas que prestan los servicios de agua potable y saneamiento, puedan realizar los estudios de análisis de vulnerabilidad frente a las amenazas naturales más comunes.

### **El estudio de caso, ciudad de Limón, Costa Rica**

El estudio de vulnerabilidad se realizó en 1996, haciendo un análisis retrospectivo de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, porque los datos técnicos utilizados sobre los diferentes componentes correspondían a información de 1991, anterior incluso al terremoto que en el mes de abril de ese año impactó gravemente la zona. Con el estudio, se logró concluir que hubiese sido más efectivo y económico haber ejecutado un plan de mitigación sísmica en los sistemas de saneamiento de la ciudad de Limón que la reconstrucción posterior: hubiesen costado cuatro millones de dólares menos, y se hubiese evitado el daño (o parte del mismo) provocado a los miles de usuarios afectados.

Aunque en el estudio se analiza al completo el sistema de agua potable y alcantarillado sanitario de la zona, en este caso, y como modelo para rellenar las matrices de vulnerabilidad, se ha considerado uno de los subsistemas de agua potable que abastecía la ciudad de Limón, el del Río Banano, y el sistema de alcantarillado sanitario.

La ciudad de Limón es la cabecera provincial de la provincia del mismo nombre, y se encuentra ubicada a 160 kms. de San José, capital de Costa Rica. En 1991 la población servida por el acueducto de la ciudad ascendía a cerca de 55.000 habitantes, lo cual correspondía a 10.764 conexiones domiciliarias. La cobertura de abastecimiento de agua potable era de casi el 100%; en cambio la de alcantarillado sólo alcanzaba al 20%.

---

<sup>22</sup> OPS/OMS. Estudio de caso: Terremoto del 22 de abril de 1991. Limón, Costa Rica , 1996

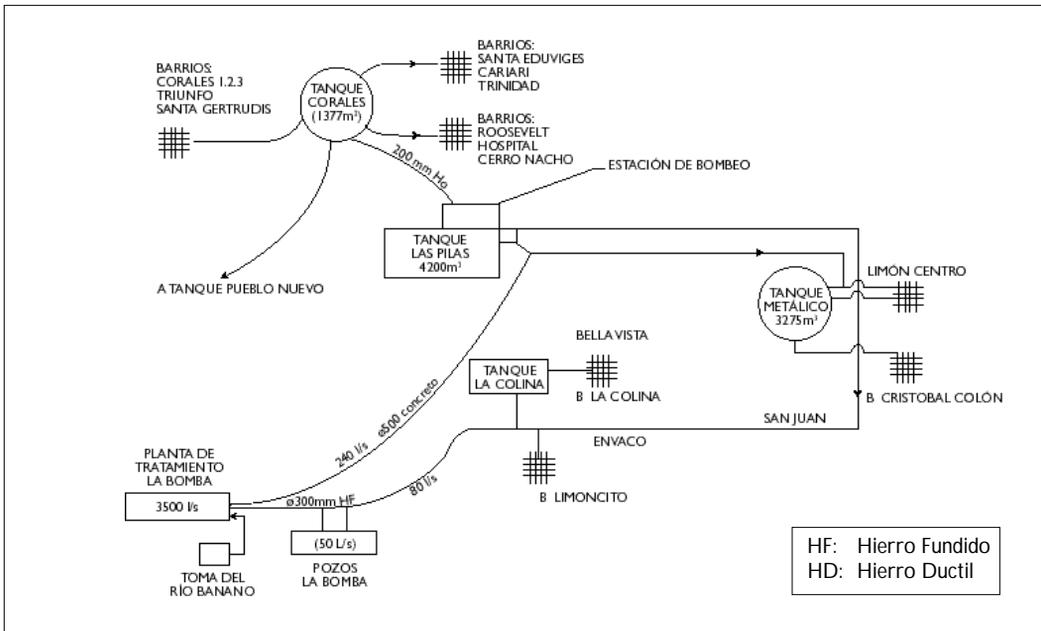
En 1991 el sistema de abastecimiento de agua de Limón, tenía tres fuentes de abastecimiento, con una capacidad máxima instalada de 500 l/s y promedio de producción de 391 l/s. El sistema de agua se podía dividir en los siguientes tres subsistemas: Río Banano (producía el 71% del agua que abastecía a la ciudad de Limón), Moín (producía el 21%) y campo de pozos La Bomba (producía el 8%).

A continuación se resumen las características más importantes, del subsistema río Banano (ver figura A.1), con los cuales se ejemplificará el uso de las matrices de vulnerabilidad:

- Captación: El Subsistema del Río Banano, extraía el agua cruda mediante una estación de bombeo (tres motobombas) ubicada en el Río Banano, de donde se podía aprovechar desde 120 l/s a 350 l/s.
- Línea de conducción: estaba formada principalmente por tubería de 350mm. de diámetro, instalada en 1981, donde sus uniones eran del tipo Tyton. La tubería se ubica principalmente sobre terreno aluvial y arcilloso.
- Planta de tratamiento: El sedimentador consistía en un tanque de concreto reforzado, además se contaba con unidades de mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración.

Una descripción más detallada de las características de cada uno de los componentes de este subsistema, así como de cualquiera de los otros subsistemas que abastecen a la ciudad de Limón, se pueden encontrar en la publicación Estudio de Caso: Terremoto del 22 de Abril de 1991. Limón Costa Rica.

**Figura A1.**  
**Conducción y distribución de las aguas del sistema del río Banano**



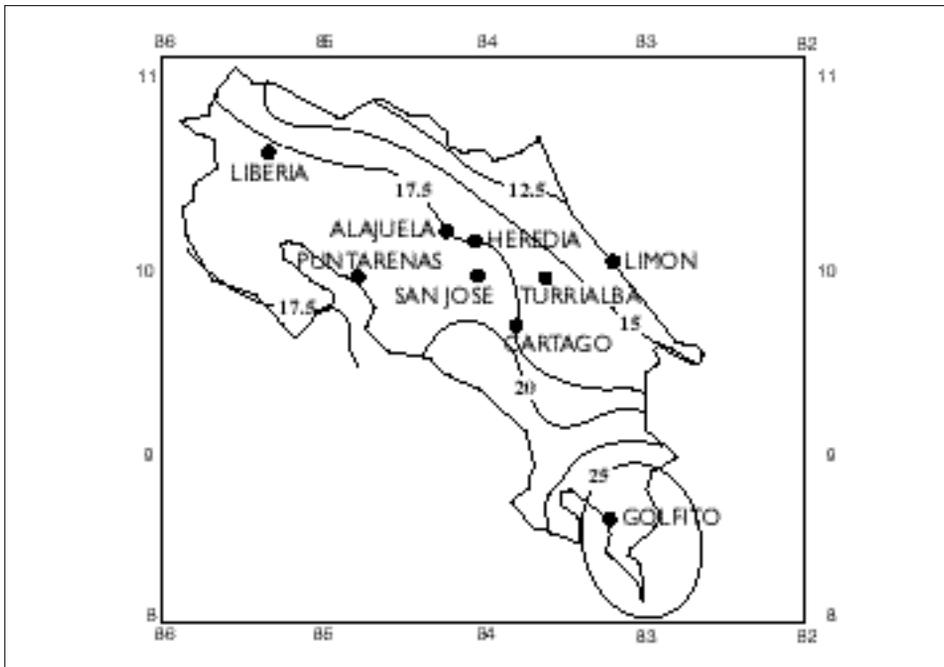
## Amenaza sísmica en la ciudad de Limón

Dentro de la historicidad sísmica propia de la zona atlántica de Costa Rica, donde se ubica la ciudad de Limón, se tiene información de sismos fuertes que afectan la región del Fuerte de San Fernando de Matina (1798) y del terremoto de San Estanislao (1822), con una magnitud estimada de 7,50 en la escala de Richter (Ms), que afectó fuertemente la región de Matina y provocó licuefacción de suelos y un pequeño tsunami en la costa caribeña y fue sentido desde Monkey Point hasta Bocas del Toro, Panamá. Posteriormente, está el terremoto del 20 de diciembre de 1904, originalmente ubicado en la zona del Golfo Dulce, pero se tienen fuertes indicios para ubicarlo en la zona caribeña y no en el Pacífico sur del país; el terremoto de Bocas del Toro del 26 de abril de 1916; el terremoto de Limón del 7 de enero de 1953 con una magnitud no menor de Ms 5,50 y el reciente terremoto en el Valle de La Estrella del 22 de abril de 1991, con una magnitud de 7,4 Ms. Existe también una serie de pequeños eventos con magnitudes entre Ms 4,0 y 5,0 que se cree fueron generados en la región Atlántica, pero debido a lo poco poblado de la zona no existen mayores reportes de los mismos o no fueron sentidos del todo. Dado que esta zona no había sido considerada como cercana a fuentes sísmicas importantes no existían acelerógrafos instalados en la ciudad de Limón ni en sus cercanías antes del terremoto del 22 de abril de 1991.

El riesgo sísmico de Costa Rica queda ilustrado en la figura A.2. Se puede ver que a pesar de que la ciudad de Limón está ubicada en las zonas de menor riesgo sísmico del país, los daños sufridos con el terremoto de 1991 fueron de gran importancia.

A continuación se presentan las cinco matrices con los datos recolectados a partir de este estudio de caso.

**Figura A2**  
**Isoaceleraciones para período de retorno de 100 años**



Fuente: Referencia (6)

**Matriz 1A - Aspectos operativos**

Nombre Sistema Agua Potable: Subsistema río Banano (ciudad de Limón, Costa Rica)				
COMPONENTE	CAPACIDAD COMPONENTE	REQUERIMIENTO ACTUAL	DÉFICIT (-) SUPERÁVIT (+)	SISTEMAS REMOTOS DE ALERTA
Cuenca	38000 1/s	252 1/s	3548 1/s	
Toma río Banano	350 1/s	252 1/s	98 1/s	
Línea de impulsión	350 1/s	252 1/s	98 1/s	
Planta de tratamiento	350 1/s	252 1/s	98 1/s	
Pozos río Banano	51 1/s	51 1/s	01 1/s	
Líneas de conducción 300mm	68 1s	83 1s	-15 1s	
Líneas de conducción 500 mm	240 1/s	218 1/s	22 1/s	
Tanque metálico	3275 m <sup>3</sup>	1334 m <sup>3</sup>	1941 m <sup>3</sup>	
Tanque la Colina <sup>(1)</sup>	150 m <sup>3</sup>	2147 m <sup>3</sup>	-1997 m <sup>3</sup>	
Estación de rebombeo	4200 m <sup>3</sup>	2374 m <sup>3</sup>	1826 m <sup>3</sup>	
Tanque de Corales	1377 m <sup>3</sup>	2927 m <sup>3</sup>	-650 m <sup>3</sup>	
Redes	374 1/s	453 1/s	-79 1/s	
SISTEMAS DE INFORMACION Y ALERTA INTERINSTITUCIONAL <input checked="" type="checkbox"/> Defensa Civil <input type="checkbox"/> Instituto Meteorológico <input type="checkbox"/> Instituto Vulcanológico <input type="checkbox"/> Instituto Sismológico <input checked="" type="checkbox"/> Otro: Cruz Roja <input checked="" type="checkbox"/> Otro: Bomberos <input checked="" type="checkbox"/> Otro: ICE <input checked="" type="checkbox"/> Otro: Poder Ejecutivo		SISTEMAS DE INFORMACION Y ALERTA EN LA EMPRESA <input checked="" type="checkbox"/> Radio UHF - Red 30 KHz <input type="checkbox"/> Radio VHF <input checked="" type="checkbox"/> Teléfono - no confiable en emergencias <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/> Otro  SISTEMAS DE INFORMACION A LOS USUARIOS <input checked="" type="checkbox"/> Radio <input checked="" type="checkbox"/> Televisión <input type="checkbox"/> Circulares <input checked="" type="checkbox"/> Otro: Comunicados de prensa		

(1) Solamente abastece a un pequeño sector.







### Matriz 3 - Aspectos físicos y de impacto en el servicio

NOMBRE DEL SISTEMA: Acueducto de la ciudad de Limón, Costa Rica (subsistema río Banano)

TIPO DE SISTEMA:  AGUA POTABLE  ALCANTARILLADO

TIPO DE AMENAZA: Sísmica PRIORIDAD(1):  1  2  3

AREA DE IMPACTO: Provincia de Limón, Costa Rica

COMPONENTES EXPUESTOS	ESTADO DEL COMPONENTE	DAÑOS ESTIMADOS	TR 100 (días)	CAPACIDAD REMANENTE INMEDIATA		IMPACTO EN EL SERVICIO(2) (conexiones)
				[ ]	%	
Cuenca	n/a	Aumento de turbiedad a 600 UNT	365	0	0	7148
Toma río Banano	Vulnerable a averías	Volcamiento de paneles de control	4	0	0	7148
Línea de impulsión	Uniones rígidas	No se esperan	0	350 l/s	100	0
Planta de tratamiento	Buen estado	Fallas de pantallas	60	0	0	7148
Pozos la Bomba	Buen estado	Corte de suministro eléctrico	4	0	0	1140
Líneas de conducción 300mm.	Su antigüedad la hace crítica	54 fallas en uniones	19	0	0	2280
Líneas de conducción 500 mm.	Tuberías de material frágil	144 fallas en uniones	56	0	0	6008
Tanque metálico	Buen estado	No se esperan	0	3275m <sup>3</sup>	100	0
Tanque la Colina	Regular estado	Agrietamiento de paredes	6	0	0	3683
Estación de bombeo	Aceptable	Agrietamientos en la base	10	0	0	0
Tanque de Corales	Buen estado	No se esperan	0	1377m <sup>3</sup>	100	0

- (1) Prioridad 1 (Alta): >50% de componentes afectados y/o afectación de la captación o conducción  
 Prioridad 2 (Media): 25 - 50% de componentes afectados, sin afectación de la captación o conducción  
 Prioridad 3 (Baja): <25% de componentes afectados, sin afectación de la captación o conducción

- (2) Número de conexiones afectadas en términos de calidad, cantidad y/o continuidad del servicio

### Matriz 3 - Aspectos físicos y de impacto en el servicio

NOMBRE DEL SISTEMA: Red colectora de la ciudad de Limón, Costa Rica

TIPO DE SISTEMA:  AGUA POTABLE  ALCANTARILLADO

TIPO DE AMENAZA: Sísmica PRIORIDAD(1):  1  2  3

AREA DE IMPACTO: Provincia de Limón, Costa Rica

COMPONENTES EXPUESTOS	ESTADO DEL COMPONENTE	DAÑOS ESTIMADOS	TR 100 (días)	CAPACIDAD REMANENTE INMEDIATA		IMPACTO EN EL SERVICIO(2) (conexiones)
				[ ]	%	
Colectores Cuenca Central	Buen estado	17 roturas y 22 daños	21	58 l/s	80	270
Pinta	Buen estado	4 roturas y 5 daños	6	13,5 l/s	85	45
Corales	Buen estado	4 roturas y 1 daño	6	15,8 l/s	89	37
Cangrejos	Buen estado	3 roturas y 4 daños	5	9,4 l/s	80	44
Portete	Regular estado	1 daño	2	0,6 l/s	75	4
Estación de bombeo	Regular estado	Falta de suministro eléctrico	4	0	0	1183
Línea de impulsión	Buen estado	No se esperan	0	75 l/s	100	0

(1) Prioridad 1 (Alta): >50% de componentes afectados y/o afectación de la captación o conducción  
 Prioridad 2 (Media): 25 - 50% de componentes afectados, sin afectación de la captación o conducción  
 Prioridad 3 (Baja): <25% de componentes afectados, sin afectación de la captación o conducción

(2) Número de conexiones afectadas en términos de calidad, cantidad y/o continuidad del servicio

## Matriz 4A - Medidas de mitigación y emergencia (Aspectos administrativos y operativos)

Nombre del sistema: Acueducto ciudad de Limón, Costa Rica

 Agua potable  Alcantarillado

AREA	MITIGACION		EMERGENCIA	
		COSTO US\$		COSTO US\$
A) ORGANIZACION INSTITUCIONAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración del programa para la atención de emergencias y desastres de acuerdo con las guías de la OPS/OMS</li> <li>- Institucionalización y organización del programa</li> <li>- Elaboración de análisis de vulnerabilidad (Nivel 1)</li> <li>- Elaboración del plan de mitigación</li> <li>- Elaboración del plan de emergencias</li> <li>- Capacitación y divulgación</li> <li>• Dentro de este programa especialmente:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• generar directrices para elaboración de planes de emergencia, creación del Comité de Emergencias; de la Comisión Nacional de Formulación de Planes de Mitigación y Emergencias; implementación del Centro Regional de Emergencia, formalizar convenios de coordinación interinstitucional</li> </ul> </li> </ul>	20.000,00	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguir las ruinas de emergencia conocidas</li> <li>- Improvisar Centro de Emergencia en el plan-tel de operación y mantenimiento</li> <li>- A través de los comités regionales de emergencia coordinar con otras instituciones y lograr las primeras comunicaciones Sede-Región e integración</li> </ul>	5.000,00  5.000,00
B) OPERACION Y MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completar la red radial (Aya - Limón)</li> <li>• Recopilar y documentar los programas de operación y mantenimiento</li> <li>• Vía el fabricante obtener información sobre reparación de tubería TCCR</li> <li>• Contar a nivel local con listados de personal clave de la empresa y de otras instituciones</li> </ul>	27.450,00	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar diagnóstico de daño</li> <li>- Solicitar a la sede movilizar el personal de operación y mantenimiento con experiencia en el manejo de emergencia de las zonas no afectadas hacia el área de desastre</li> <li>- Priorizar reparación de daños</li> </ul>	15.000,00 (Global)

<p>C) APOYO ADMINISTRATIVO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detallar y especificar el listado de materiales y accesorios mencionados en la columna (2B)</li> <li>• Detallar y especificar los equipos indicados en columna (2B); además de 2 compresores, 1 retroexcavador, 1 planta eléctrica, 2 bombas para instalar en tanques cisterna, equipo para limpieza y desobstrucción del alcantarillado sanitario, para tener a nivel local</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programar, dirigir y controlar las labores de rehabilitación</li> <li>- Proceder a la contratación de personal y maquinaria local</li> <li>- Solicitar a la sede el apoyo de equipo y materiales de otras áreas operativas (vehículos, radios, bombas de achique, retroexcavadores, tuberías, accesorios de reparación cortadores, etc.)</li> <li>- Establecer horario de racionamiento y reparto de agua</li> <li>- Mantener bitácoras de acciones efectuadas y registro de las intervenciones</li> <li>- Trasladar de inmediato dinero a la zona afectada e incrementar los fondos de las cajas chicas de dicha zona, así como de las áreas de compras y transportes</li> <li>- Girar instrucciones para atender de inmediato los requerimientos del área afectada (dinero, personal, materiales y equipos) durante las 24 horas del día, inclusive fines de semana</li> </ul>	<p>5.000,00 (Global)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer normas y reglamentos para asegurar la disponibilidad de recursos financieros para emergencias, con procedimientos ágiles para su uso.</li> <li>• Establecer procedimientos que faciliten el traslado de personal de zonas no afectadas al área de desastre y sobre todo flexibilizar la contratación de personal de la zona</li> <li>• Establecer mecanismos para trasladar a las regiones regularmente, listados actualizados del stock de materiales y repuesto y del equipo y vehículos de la institución</li> <li>• Levantar, vía departamento de adquisiciones listado de empresas constructoras privadas con su disponibilidad de equipo</li> </ul>	<p>25.000, 00 (Global)</p>		

<p>D) ASPECTOS OPERATIVOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arriastre de paneles de control</li> <li>• Instalación de un equipo a diesel (250 HP)</li> <li>• Establecer convenio AYA-ICE para atención prioritaria de suministro eléctrico</li> <li>• Construcción de un sistema de pretratamiento</li> <li>• Arristrar cilindros de cloro</li> <li>• Sustituir subestructura de madera y pantalla de AC de floculadores y sedimentadores por un material menos frágil (aluminio, fibra de vidrio, plástico, etc.)</li> <li>• Incluir en convenio AYA-ICE de atención prioritaria de suministro eléctrico</li> <li>• Instalación de dos equipos a diesel (100 y 30 HP)</li> </ul>	<p>100,00 75.000,00 300.000,00 100,00 200.000,00 40.000,99</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enviar cuadrilla electromecánica para reparación</li> <li>- Instalar alternate provisional (alquilado)</li> <li>- Reparar subestructura de madera y sustituir pantallas con materiales disponibles en la zona (madera, por ejemplo)</li> <li>- Ver medidas para toma río Banano arriba indicada</li> </ul>	<p>3.600,00 20.000,00 3.600,00</p>
<p>TOTAL</p>		<p>198.290,00</p>		

### Matriz 4B - Medidas de mitigación y emergencia (Aspectos físicos)

Nombre del sistema: Acueducto de la ciudad de Limón, Costa Rica

Agua potable

Alcantarillado

COMPONENTE	PLAN DE MITIGACION		PLAN DE EMERGENCIA	
		COSTO US\$		COSTO US\$
Cuenca Río Banano	Realizar estudio de vulnerabilidad sísmica de segundo nivel	80.000	Plan de racionamiento para 3 meses del Subsistema Moin (realizar interconexiones y reparto de agua en camiones cisternas)	161.900
	Estudios de fuentes alternativas	10.000	Perforar pozos adicionales en La Bomba	70.900
	Mejorar condición de 2 pozos en La Bomba	5.000	Captar y conducir a la planta de tratamiento fuentes superficiales cercanas	130.000
	Arriostre de paneles de control	100	Enviar cuadrilla electromecánica para reparación	
Planta de tratamiento	Instalación de planta generadora	75.000	Instalar equipo electrógeno provisional (rentar)	360.000
	Construcción de sistema de pretratamiento	300.000	Reparar subestructura de madera y pantallas de floculadores	20.000
	Arriostre cilindros de cloro	100		
Pozos la Bomba	Substituir subestructura de madera y pantallas de floculadores y sedimentadores por material menos frágil	200.000		
	Realizar convenio con ICE sobre atención prioritaria	0		
	Instalación de 2 equipos generadores eléctricos (100 y 50 HP)	40.000		
Línea de conducción (300mm)	Substitución total de la línea	1.092.500	Adquirir tubería de 300mm. y reparar los 54 daños esperados	90.000
	Realizar estudio de vulnerabilidad sísmica	40.000		
Línea de conducción (500mm)	Instalar juntas antisísmicas en 52 juntas	390.000	Adquirir tubería de 500mm. y reparar las 144 fallas esperadas	360.000
	Identificar personal de soldadura y equipos de reparación en la zona	0		
<b>TOTAL</b>		<b>2.232.700</b>		<b>1.192.800</b>