

Resiliencia sísmica del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida, Venezuela

Seismic resilience of water pipelines system in Merida city, Venezuela

Astorga N., Ariana L.^{1*}, Mora M., Luis E.²

¹Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos (CIGIR), Venezuela

²Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT-ULA),

Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela,

*arilagua@gmail.com

Resumen

Este trabajo evalúa la resiliencia sísmica del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida, Venezuela, con la finalidad de estimar su capacidad de respuesta y el tiempo de recuperación necesario para retomar las condiciones normales de funcionamiento, en caso de un evento sísmico. La resiliencia del sistema se presenta en función de varios parámetros: el índice de utilidad posterior al evento, el índice de daños, el tiempo estimado para la recuperación del sistema y las curvas de fragilidad. También se determina la capacidad de respuesta de la empresa hidrológica y se establecen los puntos críticos del sistema para diversos escenarios sísmicos. En caso de sismos con intensidad V, VI o VII en la escala de Mercalli Modificada, el sistema de acueductos presentaría niveles aceptables de desempeño. Para sismos con VIII, IX y X de intensidad, se espera una considerable disminución del índice de utilidad, incrementándose notablemente el índice de daños, así como los tiempos para la reparación de fallas. La vulnerabilidad del sistema, la falta de redundancia y la carencia de un sistema alternativo adecuado, son factores que afectan la capacidad resiliente del acueducto. Por otra parte, la falta de planificación ante desastres, la inexistencia de registros históricos, la falta de capacitación de los trabajadores para atender una emergencia sísmica, entre otros; disminuyen la capacidad de respuesta de la empresa hidrológica.

Palabras clave: Vulnerabilidad sísmica, acueducto, resiliencia, curva de fragilidad.

Abstract

This paper attempts to evaluate the seismic resilience of the water pipelines system in Mérida city, Venezuela, in order to estimate its response ability, as well as the recovery time necessary to restore normal operation conditions, in case of a seismic event. The system's seismic resilience is given in function of several parameters: utility index after the event, damages index, estimated time to restore the system and its fragility curves. The ability of response of the water supply company is also determined, and critical system points are established for several seismic scenarios. In case of earthquakes with intensities of V, VI or VII degrees at Modified Mercalli Scale, the pipelines system would show acceptable performance levels. Meanwhile, for VIII, IX and X degrees of seismic intensity, a considerable decrease of the utility index is expected, showing a noticeable increment of both the damage index and the required time to repair the failures. The system vulnerability, lack of redundancy and deficiency of an appropriate alternative supply system, are some of the facts that affect the seismic resilient ability of the city's pipelines system. On the other hand, the absence of disaster planning, the unavailability of historical seismic data, and the lack of seismic preparedness and training of the water company employees, among other things, are factors that decrease the response ability of the water supply company.

Key words: Seismic vulnerability, water system, resilience, fragility curve.

1 Introducción

Los daños en sistemas de acueductos suelen ser muy

comunes durante y luego de la ocurrencia de eventos de naturaleza sísmica. Estos daños pueden ser capaces de causar un fuerte impacto negativo, generando grandes problemas a las comunidades y a su entorno, e incrementando los efectos

colaterales que normalmente ocasiona el impacto de un sismo regional. Las carencias y necesidades en estos momentos son diversas; sin embargo, ninguna es tan importante como la necesidad de contar con agua potable. Si el sistema de suministro no es capaz de restablecerse rápidamente, las consecuencias sobre la población serían enormes, por lo que la capacidad de respuesta es fundamental en este tipo de situaciones. Son muchos los ejemplos de acueductos que han sufrido daños a causa de movimientos sísmicos; sólo por citar uno de ellos, el terremoto de Chile de 2010 causó miles de daños en tuberías, el proceso de restauración del sistema fue lento y el suministro de agua estuvo interrumpido hasta por más de un mes, en algunas poblaciones. Este sistema no había sido diseñado con criterios sismorresistentes. Por otro lado, el fuerte sismo de Japón en el año 2011, causó también afectaciones en el sistema de acueductos de varias ciudades, ocasionando la interrupción del servicio por varios días en ciertas áreas. Sin embargo, hubo tramos de tubería que no presentaron fallas luego del sismo, éstos habían sido recientemente adecuados con criterios sismorresistentes. Este es un simple ejemplo de la importancia de aplicar la gestión del riesgo sísmico en los sistemas de agua, permitiéndonos contar con acueductos que brinden un mínimo de seguridad, y que garanticen el servicio continuo aún en condiciones de emergencia. La gestión de riesgo sísmico implica lograr sistemas confiables, poco vulnerables y que posean un nivel aceptable de resiliencia.

La ciudad de Mérida, Venezuela, está expuesta a múltiples amenazas de origen tectónico, meteorológico e hidrológico. Diversos estudios han evidenciado que distintos sectores de la ciudad son altamente vulnerables ante estas amenazas, muy especialmente a las de origen sísmico. Además, el crecimiento urbano y el desarrollo de actividades industriales han generado situaciones ante las cuales pueden presentarse niveles de riesgo que pueden conllevar a desastres. Adicionalmente, no existen planes de mitigación y gestión del riesgo sísmico que puedan contribuir a reducir el impacto que un sismo pueda ocasionar sobre el sistema de acueductos de la ciudad. Todo esto conlleva a un nivel de vulnerabilidad y riesgo que puede afectar gravemente la funcionalidad del sistema y su capacidad de recuperación.

En este trabajo, se estima preliminarmente la resiliencia sísmica de los acueductos de la ciudad de Mérida. La longitud total de tuberías a evaluar es de unos 240 km, y la población involucrada es de, aproximadamente, 200100 habitantes. Se pretende aportar algunos elementos fundamentales que contribuyan con el desarrollo y construcción de estrategias claves para promover y lograr el desarrollo sostenible, generando información que pueda servir como base para futuras investigaciones orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

2 Metodología

En principio, se realizó la sectorización del sistema en función de las zonas de presión generadas por la ubicación

de los estanques de almacenamiento a lo largo de la ciudad: de las diez (10) zonas de presión existentes, se agruparon las cinco más cercanas a la entrada de la línea de aducción principal de la ciudad, “zona norte”, y las cinco restantes se consideraron como zonas del “sur de la ciudad”, según se muestra en la Fig. 1.

Luego se estimó la cantidad de daños por kilómetro de tubería utilizando la metodología propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS 1998); entendiéndose como “daños” a las fisuras a lo largo de la longitud de tubería y a los desplazamientos o roturas de conexiones, causados tanto por las fuerzas axiales de tensión y compresión, como por la flexión que induce la propagación de ondas sísmicas y la deformación permanente del terreno sobre el sistema de tuberías.

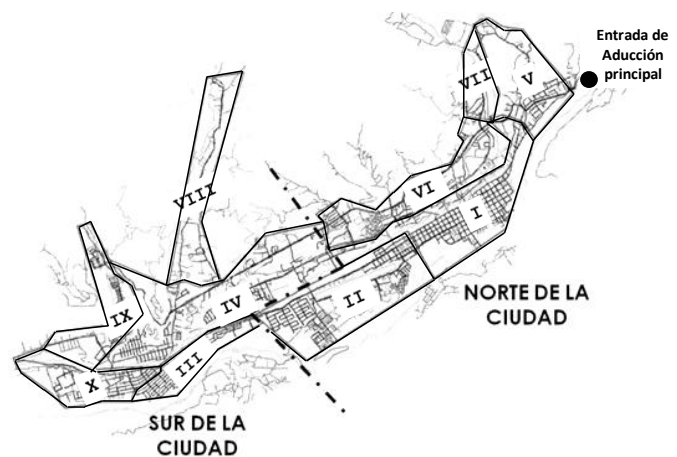


Fig. 1. Sectorización del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida, según las zonas de presión.

El procedimiento aplicado considera la amenaza sísmica de la localidad, tomando en cuenta las características generales del perfil de suelo, la susceptibilidad a la licuefacción y la capacidad de deformación permanente del terreno; aquí se asumió la presencia de suelos “firmes”, con bajo nivel de licuefacción y alta tendencia a la deformación permanente del terreno, ya que Mérida se encuentra dentro de un área con fallas geológicas y cauces de ríos. Por otro lado, la metodología aplicada considera la vulnerabilidad física de las tuberías, donde las variables tomadas en cuenta son el diámetro, el tipo de material y el estado en el que se encuentran. Esta evaluación se realizó considerando que las tuberías se encuentran en un estado “regular”, pensando en una posible condición de deterioro del sistema producto de sus más de 40 años de servicio, de la probable corrosión en los elementos metálicos, entre otros factores que deterioran sus condiciones físicas. Finalmente, el tamaño del sismo esperado se valoró mediante la utilización de la escala de Intensidad de Mercalli Modificada (IMM). La metodología no considera la presión interna del agua.

Con todos estos datos se obtuvo el índice básico de daños esperado en las tuberías, como indicador del grado de

vulnerabilidad de las mismas y la intensidad del evento sísmico. Luego se estimó la cantidad de daños en cada sector de la ciudad, con base en los planos del sistema, la longitud, el diámetro y el material de las tuberías (Astorga y col., 2009). Con esta información y empleando el algoritmo de daños propuesto por National Institute of Building Sciences (NIBS 1996), se determinó el índice de utilidad del sistema posterior a eventos sísmicos de distintas intensidades, y con ello fue posible generar las curvas de fragilidad del sistema (ALA 2001), según se muestra en la Fig. 2.

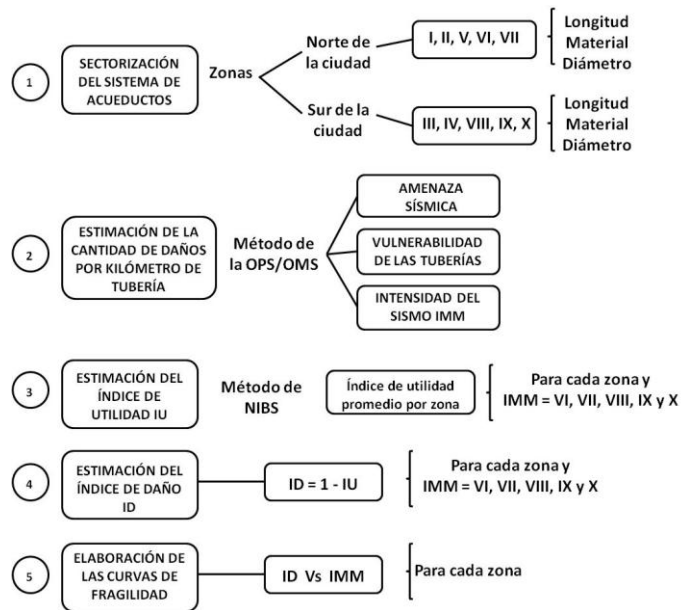


Fig. 2. Pasos para la determinación de las curvas de fragilidad del sistema.

La resiliencia administrativa-operativa del sistema, fue estimada en función de la capacidad de respuesta de la empresa hidrológica para atender una emergencia sísmica. Para ello se tomó en cuenta la disponibilidad de personal, de materiales y de equipos, la existencia de planes de contingencia, y la capacitación de los trabajadores para afrontar un posible evento sísmico que afecte al sistema. Los parámetros para estimar la resiliencia administrativa-operativa, fueron evaluados con un valor comprendido entre 0 y 3 de acuerdo al siguiente criterio: 0, inexistencia o muy mal estado del parámetro; 1, parámetro deficiente; 2, parámetro aceptable y 3, disponibilidad absoluta o funcionamiento pleno del parámetro.

La resiliencia se calculó mediante el índice dado por la relación entre la sumatoria de los valores asignados a cada parámetro considerado, y el puntaje máximo posible que sumarían todos los parámetros en caso de que a cada uno se le asignara el valor máximo (Astorga 2011).

$$R_o = \frac{\sum \text{ValoresAsignados}}{N^{\circ} \times V_{\text{máximo}}} \quad (1)$$

donde: N° es el número de parámetros evaluados ($N^{\circ} = 5$), $V_{\text{máximo}}$ es el valor máximo que se puede asignar a cada parámetro ($V_{\text{máximo}} = 3$) y R_o es la resiliencia administrativa-operativa.

Para estimar el tiempo necesario para la reparación de fallas del sistema luego de la ocurrencia de un sismo, se consultó a personal de la empresa encargada sobre los antecedentes de reparaciones de tuberías, y sobre el número de personas disponibles para llevar a cabo trabajos de reparación en campo. Se estimó el número de días que posiblemente serían necesarios para la reparación de las fallas, considerando una función lineal entre el personal y el tiempo requerido, que las fallas sean reparadas en serie, y que las cuadrillas trabajen a igual intensidad.

Tomando en cuenta el criterio que considera la resiliencia como el tiempo de recuperación necesario para restablecer la funcionalidad de un sistema a un nivel deseado luego de ser embestido por el impacto de alguna amenaza (Cimellaro y col., 2006), se elaboraron gráficas que simulan la resiliencia sísmica por zonas de presión del acueducto, para distintos escenarios sísmicos y en función del índice de utilidad promedio de las tuberías de la zona. La recuperación se simula como una función lineal, ya que se recomienda este tipo de función cuando no hay información disponible con respecto a la reacción de la sociedad y del sistema ante el impacto de un evento sísmico.

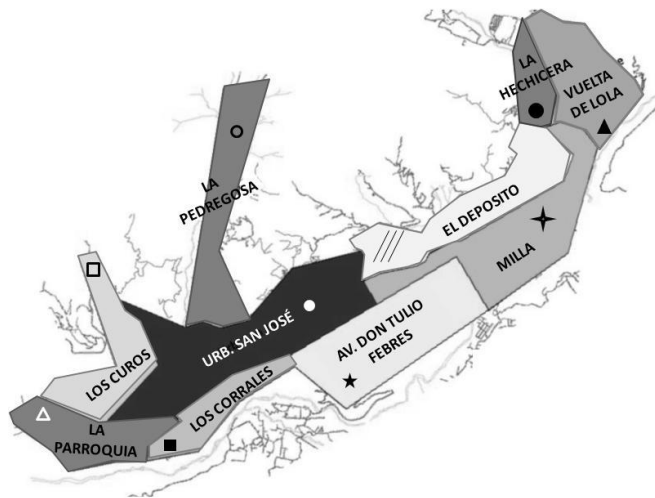
3 Resultados

Los resultados obtenidos están sujetos a las hipótesis de trabajo, son dinámicos y corresponden a una evaluación realizada en un momento determinado, bajo condiciones operativas de la empresa que pueden variar con el día a día.

3.1. Sobre la estimación de escenarios en función de la cantidad de daños por sector

En la Fig. 3 se muestra la cantidad de daños esperado en las tuberías de cada una de las zonas del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida.

- En las zonas ubicadas al norte de la ciudad, se espera que ocurran más del doble de las roturas estimadas en las zonas ubicadas al sur de la ciudad.
- En todo el sistema se esperan: 2 roturas en caso de sismo con IMM = VI, 16 roturas en caso de sismo con IMM = VII, 98 roturas en caso de sismo con IMM = VIII, 709 roturas en caso de sismo con IMM = IX, y 5320 roturas en caso de sismo con IMM = X.



IMM =	VI	VII	VIII	IX	X
●	0.02	0.20	1.22	8.84	66.30
○	0.05	0.41	2.48	18.04	135.30
■	0.06	0.54	3.28	23.87	178.99
□	0.08	0.66	4.05	29.41	220.55
▲	0.14	1.27	7.78	56.59	424.37
△	0.16	1.45	8.86	64.45	483.35
▨	0.19	1.68	10.24	74.45	558.38
●	0.20	1.74	10.65	77.42	580.57
★	0.38	3.31	20.19	146.88	1101.55
✦	0.53	4.72	28.79	209.44	1570.75

Fig. 3. Número estimado de daños en tuberías del sistema para distintas intensidades de sismo.

3.2. Sobre el índice de utilidad promedio esperado por zona

Las zonas del sur de la ciudad son las que presentarían un mayor porcentaje de tuberías en funcionamiento luego de un evento sísmico (figuras 4, 5, 6 y 7).

- Para sismos que generen una IMM = VI, se estima que el índice de utilidad del sistema sea del 91%, como mínimo. Entre el 54% y el 92% de los componentes del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida, podría quedar en funcionamiento luego de un sismo de IMM = VII.
- Para una intensidad de VIII grados, se espera que el sistema funcione en un 25% como máximo, mostrando mejor comportamiento las tuberías del sur de la ciudad. Para sismos con intensidades de IX y X grados, se espera que el sistema quede completamente fuera de servicio.

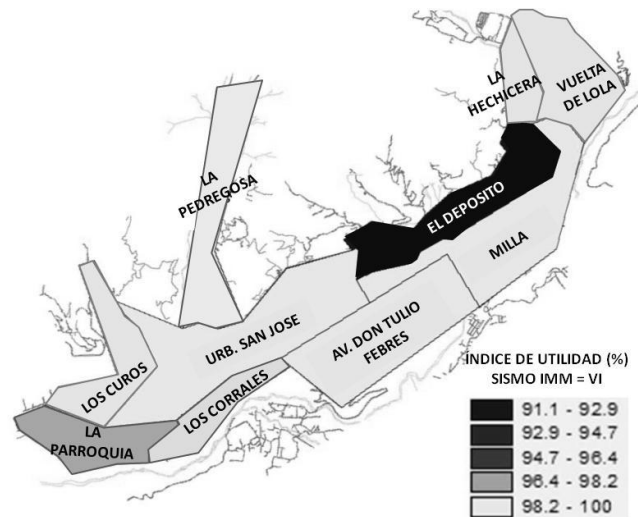


Fig. 4. Índice de utilidad del sistema, luego de un sismo que genere una IMM = VI.

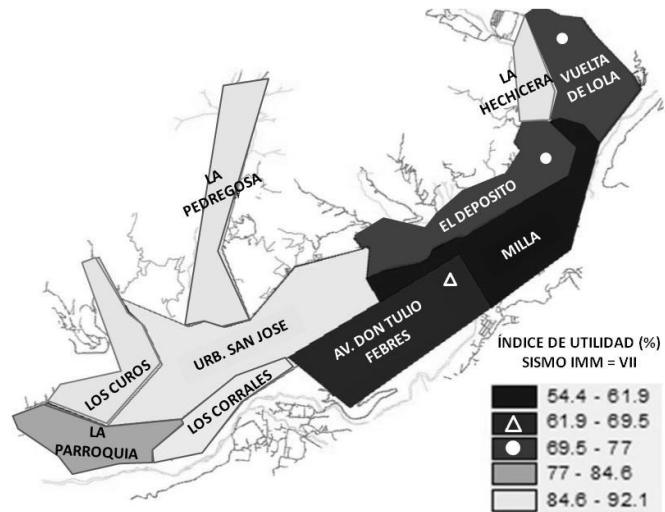


Fig. 5. Índice de utilidad del sistema, luego de un sismo que genere una IMM = VII.

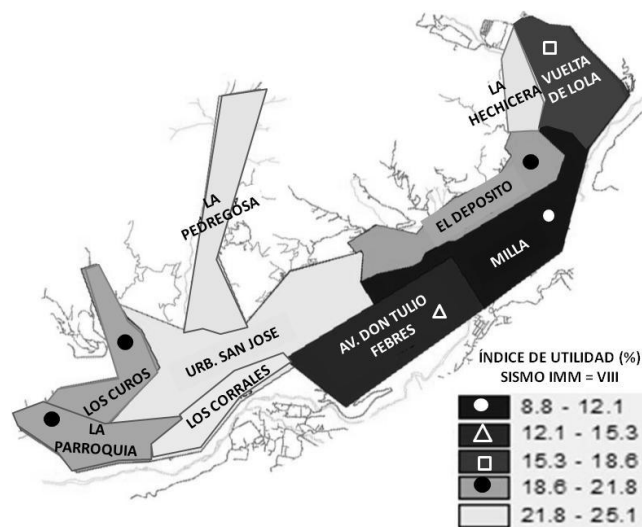


Fig. 6. Índice de utilidad del sistema, luego de un sismo que genere una IMM = VIII.

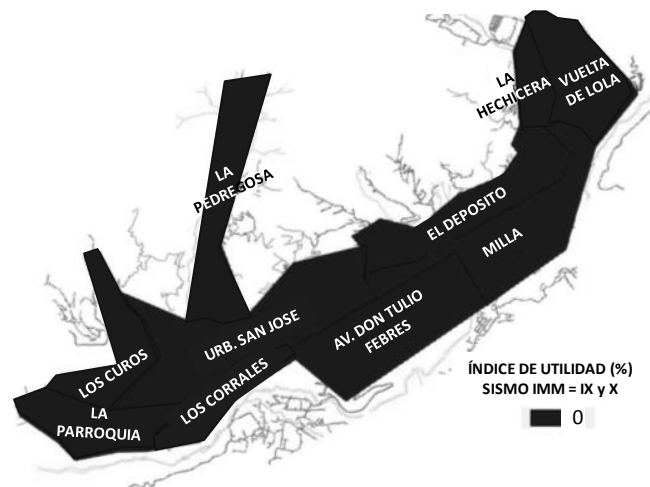
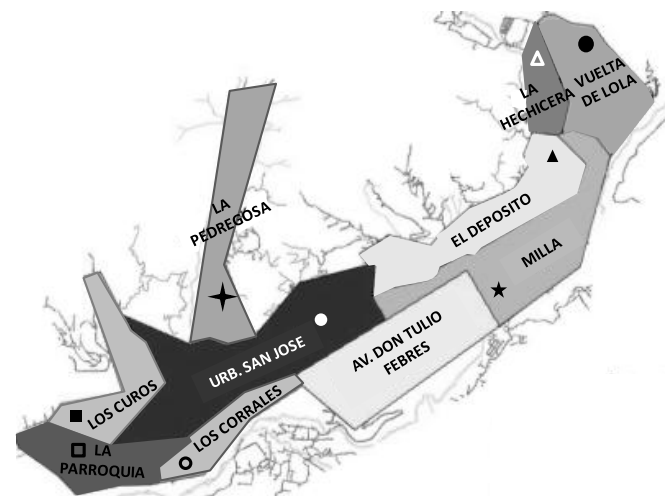


Fig. 7. Índice de utilidad del sistema, luego de un sismo que genere una IMM = IX ó X

3.3. Sobre el índice de daños en el sistema y las curvas de fragilidad

El porcentaje de tuberías que, probablemente, presenten fallas durante un evento sísmico (Fig. 8), se estimó en función del índice de utilidad promedio de cada zona del sistema.

- Para intensidades de sismo de IX y X grados, el daño en las tuberías es del 100%. Para sismos que ocasionen una intensidad de VI en la escala de Mercalli Modificada, se espera que los daños en el sistema de tuberías no sean superiores al 1,8%, salvo en el caso de la zona VI, donde se espera un nivel de daños del 9%.



IMM =	VI	VII	VIII	IX	X
▲	0.00	7.89	74.94	100.00	100.00
●	0.00	7.97	77.05	100.00	100.00
○	0.04	9.91	75.97	100.00	100.00
■	0.00	9.97	78.79	100.00	100.00
●	0.54	23.60	81.46	100.00	100.00
■	1.84	19.50	79.60	100.00	100.00
▲	8.92	27.77	81.35	100.00	100.00
●	0.21	13.47	77.62	100.00	100.00
■	0.81	32.66	86.92	100.00	100.00
★	1.27	45.64	91.21	100.00	100.00

Fig. 8. Índice de daños por zona del sistema de acueductos, para distintas intensidades sísmicas

Evidentemente, el nivel de daños estimado en las tuberías está en función de la intensidad sísmica, de las características del suelo, del estado físico de las tuberías, del tipo de material y del tamaño de su diámetro. Para una misma intensidad de sismo, e iguales características del suelo, puede decirse que:

- Los materiales que parecen mostrar un comportamiento más desfavorable son, en primer lugar, el asbesto-cemento y luego el hierro fundido. El PVC también tiende a ser frágil; por el contrario, el acero, el hierro dúctil, el hierro galvanizado y el PEAD son, probablemente, los materiales que mejor se comportarían ante la ocurrencia de un evento sísmico.

La Fig. 9 presenta las curvas de fragilidad en función del índice de daños para las tuberías ubicadas en el sector norte de la ciudad (zonas I, II, V, VI y VII). Para los sectores ubicados al sur de la ciudad (III, IV, VIII, IX y X), se muestran las curvas de fragilidad en la Fig. 10. La curva promedio del sistema completo, está representada en la Fig. 11.

Según la curva de fragilidad promedio del sistema, para intensidades sísmicas iguales o superiores a VIII grados en la escala de Mercalli Modificada, se alcanza un estado de daños crítico y, por lo tanto, pudiera esperarse la interrupción del suministro en todas las zonas del acueducto.

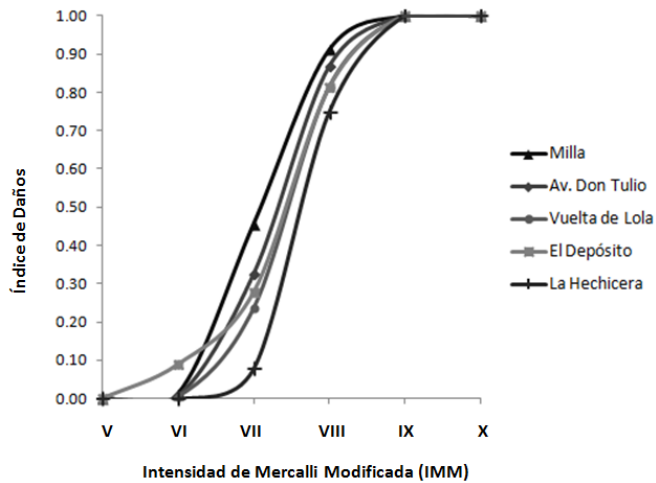


Fig. 9. Curvas de fragilidad de las tuberías ubicadas en el norte de la ciudad de Mérida

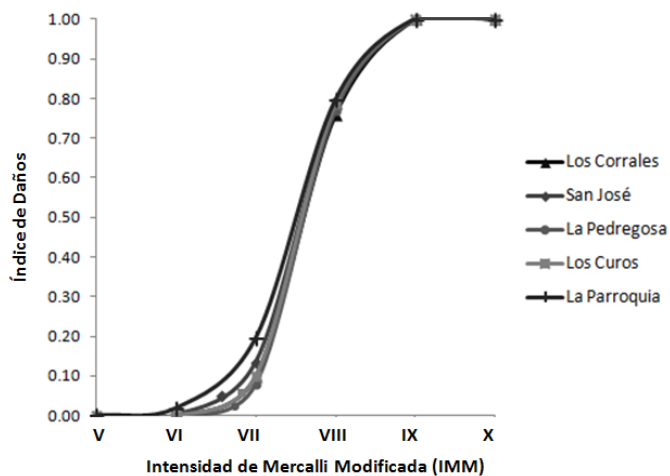


Fig. 10. Curvas de fragilidad de las tuberías ubicadas en el sur de la ciudad de Mérida

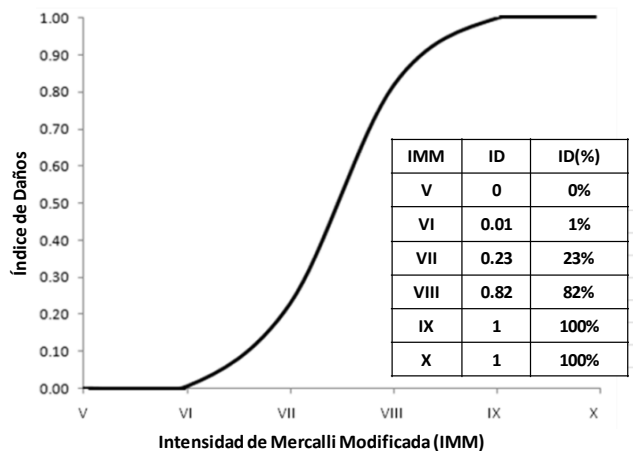


Fig. 11. Curva de fragilidad promedio de las tuberías de la ciudad de Mérida

3.4. Sobre la capacidad de respuesta de la empresa ante eventos sísmicos

La resiliencia administrativa – operativa de la empresa es de 20%, aproximadamente. Esto muestra una posible debilidad en la manera de cómo la empresa pudiera hacerle frente al impacto de la amenaza sísmica sobre el sistema de acueductos de la ciudad.

3.5. Sobre el tiempo estimado para la recuperación del sistema

El tiempo estimado para la recuperación del sistema (Tabla 1) está en función del índice de daños determinado para cada zona. Ese tiempo de reparación es inversamente proporcional a la cantidad de personas disponibles en la empresa hidrológica, capaces de atender las fallas en el sistema. También está relacionado con la eficiencia o rapidez con la que ese personal logra la reparación de las fallas, y con la existencia de materiales y equipos disponibles para atender la emergencia.

- Los resultados indican que para un evento sísmico de intensidad IMM = VI, serían necesarios 5 días para la recuperación de todo el sistema.
- Para un sismo que genere una IMM = VII, se espera que el sistema sea reparado en, aproximadamente, una semana. En caso de que la intensidad sea de VIII grados, se estima que será necesario al menos, un mes para la reparación de los daños.

Si no se mejora la resiliencia administrativa – operativa de la empresa hidrológica, es posible que se ameriten unos 7 meses para reparar los daños en las tuberías en caso de ocurrir un sismo de IMM = IX. Si el evento genera una intensidad de X grados, se estima que el sistema permanezca en reparación unos 4 años.

Tabla 1. Días estimados para la reparación de daños en las tuberías del sistema.

		Intensidad del sismo				
	Zona	IMM = VI	IMM = VII	IMM = VIII	IMM = IX	IMM = X
Norte de la ciudad	I	0,5	2	9	63	471
	II	0,5	1	6	44	330
	V	0,5	0,5	2,5	17	127
	VI	0,5	0,5	3	22	168
	VII	0,5	0,5	0,5	3	20
Sur de la ciudad	III	0,5	0,5	1	7	54
	IV	0,5	1	3	23	174
	VIII	0,5	0,5	1	5,5	41
	IX	0,5	0,5	1,5	9	66
	X	0,5	0,5	3	19	145
Total días de recuperación Norte de la ciudad		2,5	4,5	21,0	149,0	1116
Total días de recuperación Sur de la ciudad		2,5	3,0	9,5	63,5	480
Total días de recuperación Sistema completo		5,0	7,5	30,5	212,5	1596
Total de tuberías		240,0 Km				

3.6. Representación gráfica de la resiliencia sísmica del sistema

En las figuras de la 12 a la 21 se muestran cómo el sistema viene funcionando a un 100% (Índice de utilidad) bajo condiciones normales. Luego, en el tiempo “0” ocurre un sismo que genera la disminución del índice de utilidad hasta cierto valor (que depende de la vulnerabilidad de las tuberías presentes). Posteriormente, con el paso del tiempo el sistema irá retornando a condiciones normales, hasta llegar al punto de partida (100% de utilidad) o hasta un valor cercano que garantice un buen funcionamiento.

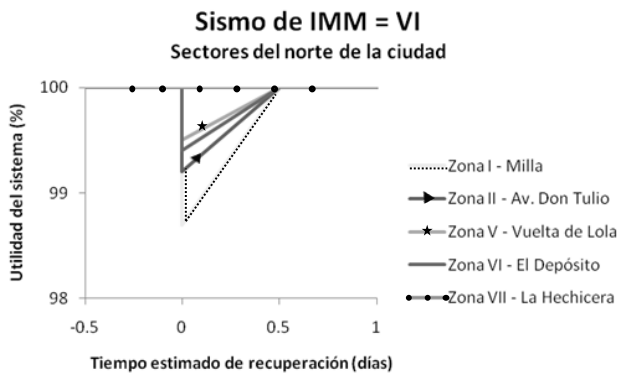


Fig. 12. Resiliencia sísmica para tuberías del norte de la ciudad, para una IMM = VI.

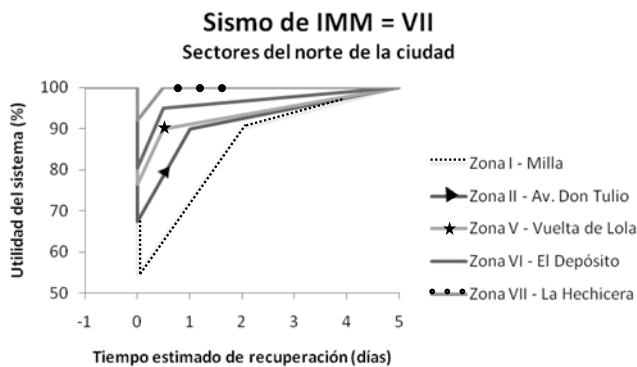


Fig. 13. Resiliencia sísmica para tuberías del norte de la ciudad, para una IMM = VII.

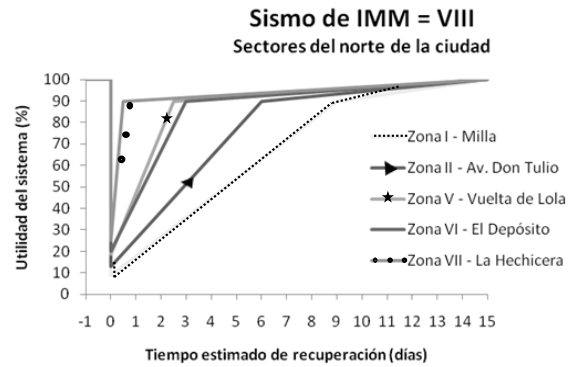


Fig. 14. Resiliencia sísmica para tuberías del norte de la ciudad, para una IMM = VIII.

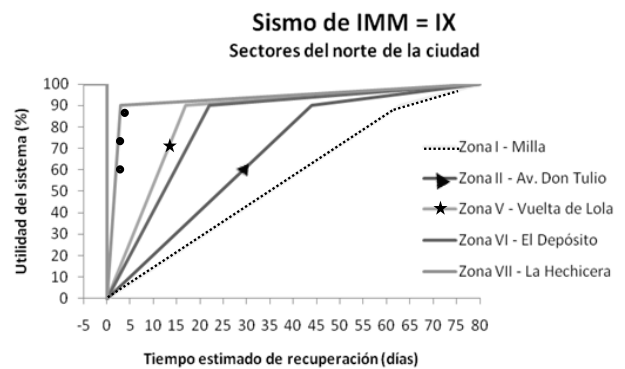


Fig. 15. Resiliencia sísmica para tuberías del norte de la ciudad, para una IMM = IX.

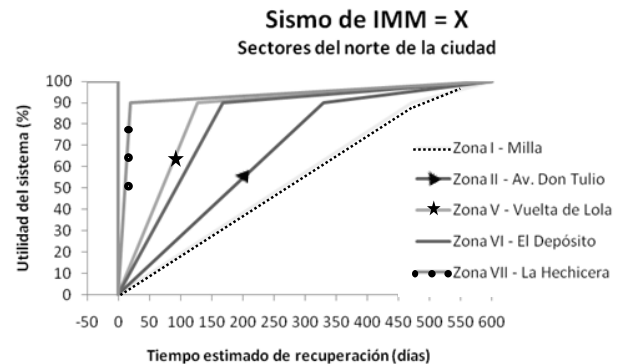


Fig. 16. Resiliencia sísmica para tuberías del norte de la ciudad, para una IMM = X.

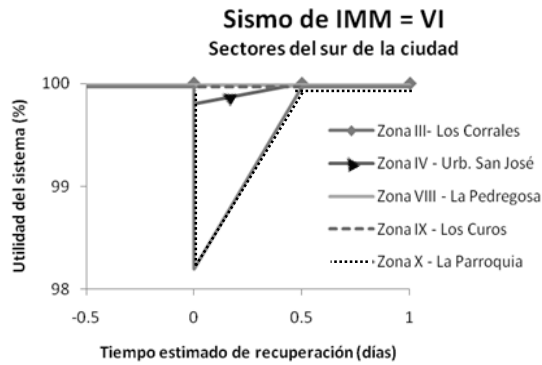


Fig. 17. Resiliencia sísmica para tuberías del sur de la ciudad, para una IMM = VI.

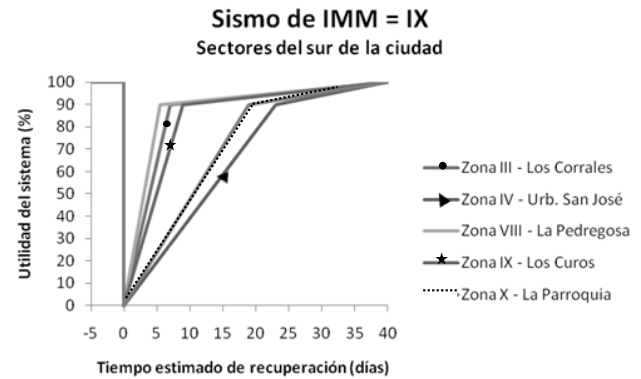


Fig. 20. Resiliencia sísmica para tuberías del sur de la ciudad, para una IMM = IX.

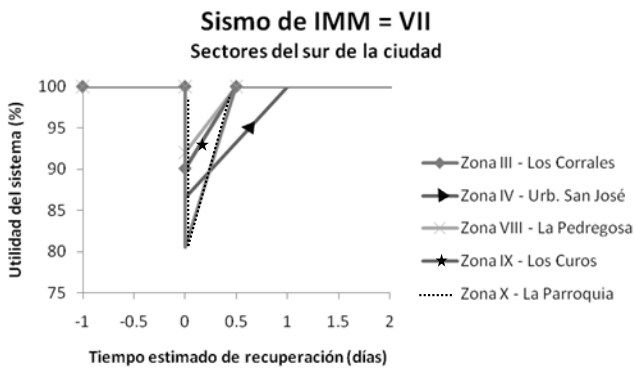


Fig. 18. Resiliencia sísmica para tuberías del sur de la ciudad, para una IMM = VII.

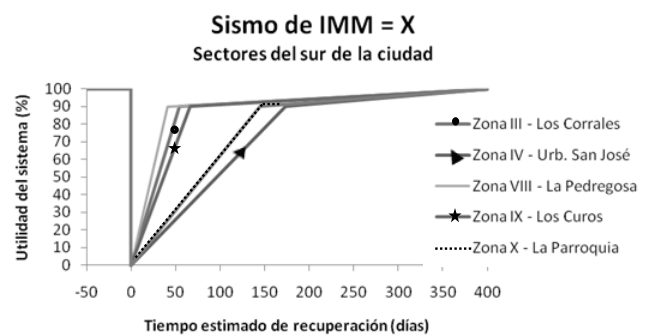


Fig. 21. Resiliencia sísmica para tuberías del sur de la ciudad, para una IMM = X.

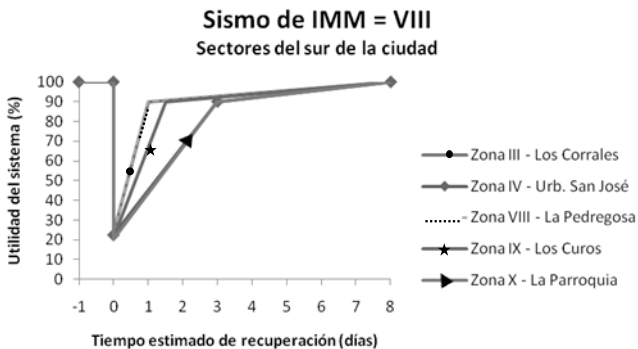


Fig. 19. Resiliencia sísmica para tuberías del sur de la ciudad, para una IMM = VIII.

4 Conclusiones

- Se estima que para sismos de intensidad V, VI o VII en la escala de Mercalli Modificada, el sistema de acueductos presente niveles aceptables de desempeño sísmico; hay pocas probabilidades de que se presenten fallas y, en caso de que éstas ocurran, se espera que sean pocas y que puedan ser reparadas rápidamente.
- Para escenarios sísmicos de IMM = VIII, IX y X, se espera una considerable disminución del índice de utilidad del sistema. Por lo tanto, se incrementaría notablemente el índice de daños, así como los tiempos para la reparación de fallas.
- Posiblemente, en caso de un evento sísmico que produzca una IMM = IX o X, el sistema de acueductos quedaría colapsado casi en su totalidad. El índice de utilidad sería prácticamente cero, con gravísimas consecuencias para la ciudad y sus habitantes.
- El “norte” de la ciudad dispone de una capacidad de resiliencia sísmica inferior a la del “sur” de la ciudad, en cuanto al sistema de acueductos se refiere. Esto afecta también a los sectores ubicados al “sur”, debido a la falta de redundancia del sistema.
- La resiliencia administrativa-operativa que presenta la empresa hidrológica encargada ante eventos sísmicos es

de 20%, aproximadamente. Se hace importante aumentar este valor mediante la formulación e implementación de un plan de gestión del riesgo sísmico, para reducir los tiempos de reparación de daños del sistema en caso de sismos considerables.

- La disponibilidad de personal de la empresa hidrológica parece ser insuficiente para afrontar una situación de emergencia mayor.

No es posible determinar con precisión cuál será el comportamiento del sistema ante un evento sísmico, ni mucho menos saber qué tan eficiente será su rehabilitación. Lamentablemente, la resiliencia sísmica real del sistema, la conoceremos cuando ocurra el evento detonante.

5 Agradecimiento

Este trabajo es parte de un proyecto financiado por el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos (CIGIR).

Referencias

ALA (American Lifelines Alliance), 2001, Seismic Fragility Formulation for Water Systems. FEMA, American Society of Civil Engineers, ASCE. Part 1- Guideline.

Astorga A, Ron J, 2009, Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida. Trabajo de Grado para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad de Los Andes de Mérida, Venezuela.

Astorga A, 2011, Resiliencia sísmica del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida, Proyecto del Trabajo Especial para optar al grado de Especialista en Gestión de Sistemas de Abastecimiento, Recolección y Tratamiento de Aguas. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Cimellaro G P, Reinhorn A M Bruneau M, 2006, Quantification of Seismic Resilience. Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering. Paper N° 1094, California.

NIBS (National Institute of Building Sciences), 1996, Development of a standard earthquake loss estimation methodology, Risk Management Solutions, Inc, February 15, vol. II.

OPS/OMS, 1998, Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Guías para el análisis de vulnerabilidad. Washington, D.C.

Recibido: 28 de enero de 2013

Revisado: 04 de Julio de 2014

Astorga N., Ariana L.: Ingeniero Civil (ULA), Especialista en Sistemas de Aguas (CIDIAT-ULA), Investigadora y Coordinadora de proyectos del Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos (CIGIR).

Mora M., Luis E.: Ingeniero Civil (UCLA), Ingeniero en Gestión des Eaux (Francia), M.Sc. en Recursos Hidráulicos. Profesor Asociado (CIDIAT-ULA). Área de investigación: Hidrología superficial y subterránea. Correo electrónico: luismora@ula.ve

