

PRISMA ODS
REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE
ISSN: 3072-8452

REDUCCIÓN DE FUGAS EN REDES DE AGUA INTERMITENTES MEDIANTE VÁLVULAS DE AIRE

*REDUCTION OF LEAKS IN
INTERMITTENT WATER NETWORKS
USING AIR VALVES*

AUTORES

**DANIEL CARLOS REYES
REYES**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
MÉXICO

**ADÁN REYES
REYES**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
MÉXICO

**JUAN ANDRÉS REYES
REYES**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
MÉXICO

**ARTURO DUFOUR
CANDELARIA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
MÉXICO

Reducción de Fugas en Redes de Agua Intermitentes Mediante Válvulas de Aire

Reduction of Leaks in Intermittent Water Networks Using Air Valves

Daniel Carlos Reyes Reyes

daniel.reyes@uaslp.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6285-8000>

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

San Luis Potosí - México

Adán Reyes Reyes

adan.reyes@uaslp.mx

<https://orcid.org/0009-0003-3261-1770>

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

San Luis Potosí – México

Juan Andrés Reyes Reyes

A316156@alumnos.uaslp.mx

<https://orcid.org/0009-0002-3397-3311>

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

San Luis Potosí – México

Arturo Dufour Candelaria

adifurt@uaslp.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9843-8697>

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

San Luis Potosí - México

Artículo recibido: 02/06/2026

Aceptado para publicación: 11/07/2026

Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

En la presente nota se pretende estudiar la relación que existe entre el suministro intermitente de agua, el aire atrapado en tuberías y las fugas presentes en una red de agua potable. Como es bien sabido, el suministro intermitente del agua (tandeo), es una práctica realizada ante la falta del recurso en diferentes lugares del mundo; misma que provoca múltiples problemas en la red; una de ellas el aire atrapado en las tuberías, ya que tras el vaciado el aire ingresa y en el llenado éste busca una manera de salir, y si no se cuenta con las salidas necesarias, se generan atrasos en suministro, así como problemas con las presiones. Se presenta un análisis realizado a una red de agua potable ubicada en la ciudad de San Luis Potosí, México, en una zona de topografía irregular, presentando crestas y valles; de igual manera, esta red tiene un suministro intermitente de agua, generando una acumulación de bolsas de aire en los puntos altos, presiones muy elevadas, así como depresiones que dañan las tuberías. Se plantea la utilización de válvulas de admisión y expulsión de aire, las cuales permiten la entrada y salida de aire, además, se realiza la comprobación por medio de un modelo de simulación de la red que permite conocer el comportamiento antes y después de la colocación de válvulas.

Palabras clave: suministro intermitente de agua, aire atrapado, fugas, topografía irregular, válvulas de aire

ABSTRACT

In this note we intend to study the relationship between intermittent water supply, air trapped in pipes and leaks in a water network. As it is well known, the intermittent water supply is a practice carried out due to the lack of water in different parts of the world; it causes multiple problems in the network; one of them is the air trapped in the pipes, since after emptying the air enters and when filling it looks for a way to get out, and if the necessary exits are not available, delays in supply are generated, as well as problems with pressures. An analysis of a drinking water network located in the city of San Luis Potosi, Mexico, in an area of irregular topography with ridges and valleys is presented; in the same way this network has an intermittent water supply; generating an accumulation of air pockets in the high points, very high pressures, as well as depressions that damage the pipes. The use of air inlet and outlet valves is proposed, which allow the entry and exit of air and it is verified by means of a simulation model of the network that allows to know the behavior before and after the use of valves.

Keywords: intermittent water supply, trapped air, leaks, irregular topography, air valves

INTRODUCCIÓN

La escasez hídrica, el crecimiento de la demanda y las deficiencias de gestión han favorecido el suministro intermitente en distintas ciudades mexicanas (Guevara, 2008; Ilaya Ayza, 2016). Este problema se agrava en contextos de sequía y vulnerabilidad hídrica, como ocurre en México y en San Luis Potosí (EL PAIS, 2022; Robledo, 2022). Aunque el tandeo permite repartir temporalmente un recurso limitado, también altera el régimen hidráulico de las redes y traslada parte del problema a la infraestructura y a los usuarios.

Cuando una red se vacía, el aire ingresa por puntos altos y por fugas existentes; cuando vuelve a llenarse, ese aire puede comportarse como un tapón, retrasar la llegada del agua y generar sobrepresiones locales (Fuertes-Miquel et al., 2011). A ello se suman presiones negativas durante la interrupción del servicio, riesgo de intrusión de contaminantes y deterioro acelerado de tuberías y conexiones (Dozal, 2021).

En sectores con crestas y valles, estos efectos se intensifican porque la geometría favorece la acumulación de bolsas de aire y la aparición de variaciones bruscas de presión. Por ello, las fugas no deben analizarse solo como un problema de mantenimiento, sino también como una consecuencia del modo de operación, la intermitencia del servicio y el comportamiento hidráulico de la red (Ilaya-Ayza et al., 2015; Fuentes-Mariles, 2011).

Una alternativa para controlar este fenómeno es instalar válvulas de admisión y expulsión de aire en puntos estratégicos. Sin embargo, su efectividad depende de un diagnóstico confiable de la topografía, presiones y sitios donde el aire tiende a concentrarse o ingresar, pues una selección inadecuada puede limitar su funcionamiento o generar nuevos problemas hidráulicos (Fuertes-Miquel et al., 2011).

Con base en lo anterior, este trabajo analiza la relación entre tandeo, aire atrapado y fugas en un sector de la ciudad de San Luis Potosí, cuya vulnerabilidad hídrica ha sido documentada previamente (Servín, 2008). El objetivo fue diagnosticar el problema mediante trabajo de campo, mediciones de presión y modelación hidráulica, para evaluar si la instalación estratégica de válvulas de aire puede reducir presiones críticas y mejorar la operación del servicio.

DESARROLLO

Descripción Del Caso

Localización y descripción de la red

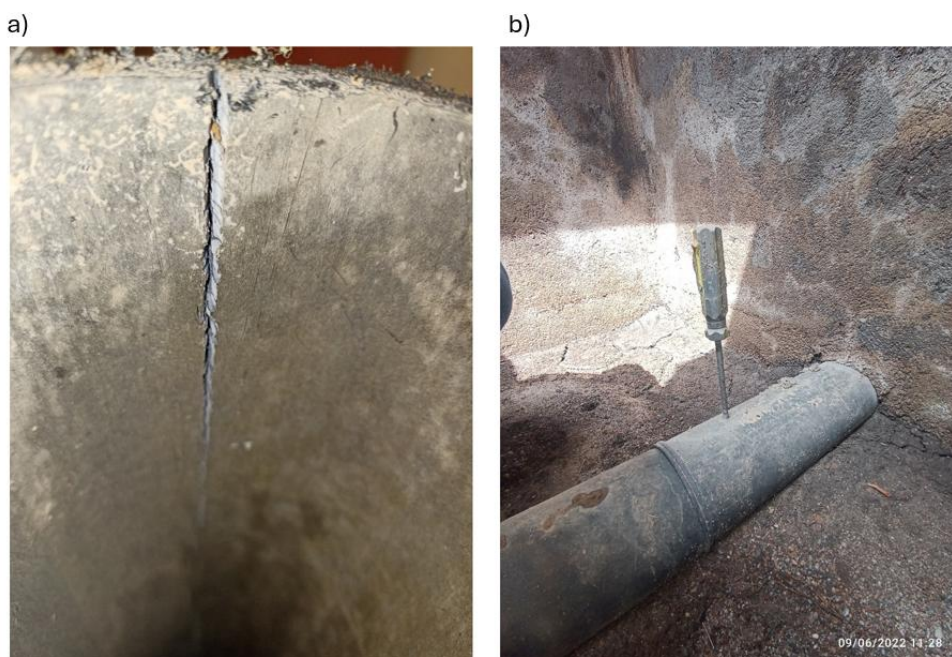
El caso de estudio corresponde a la red 5 del segundo tanque de abastecimiento, ubicada al este de la ciudad de San Luis Potosí. Se trata de una zona alta, con topografía accidentada y operación por tandeo. La combinación de crestas, valles y ciclos de vaciado y relleno favorece la presencia de aire atrapado, retrasos en el suministro y eventos de presión que afectan el desempeño hidráulico.

Análisis de tuberías

La red está construida principalmente con tuberías de PEAD y PVC. La inspección de tramos reparados permitió identificar grietas longitudinales, deformaciones y deterioro asociado a esfuerzos repetidos. Estas evidencias indican que las fallas no se explican solo por envejecimiento del material, sino por la combinación de presiones elevadas, ciclos de llenado y vaciado, acumulación de aire y maniobras frecuentes de operación. La Figura 1(a) resume el deterioro observado en campo.

El diagnóstico físico sugirió que el problema no se explicaba únicamente por envejecimiento o por reparaciones aisladas. Las fallas se concentraban en puntos donde la red combina pendientes pronunciadas, acumulación de aire y maniobras frecuentes de apertura y cierre, lo que reforzó la necesidad de analizar el funcionamiento hidráulico de manera integral.

Figura 1. Diagnóstico de campo: (a) estado físico de las tuberías dañadas; (b) perforación de tuberías para desalojar el aire.



Fuente: Elaboración propia.

Incidencias en la red

Además del estado físico de la red, se revisaron los reportes operativos del organismo operador. Estos registros permitieron localizar los sectores con mayor recurrencia de fugas y falta de agua, así como distinguir el periodo previo a la intervención. Los meses de abril y mayo de 2022 se tomaron como referencia de la condición original del sistema.

La Tabla 1 resume los reportes de la red antes de la instalación de válvulas y muestra que los problemas de suministro y las fugas ya eran frecuentes incluso antes de aplicar mejoras en campo.

Tabla 1. Reportes de fugas y de falta de agua en la red 5 antes de la colocación de las válvulas de admisión y de expulsión de aire.

<i>FECHA</i>	<i>TIPO DE REPORTE</i>	<i>SUBTIPO</i>	<i>SECTOR</i>
07-abr-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
08-abr-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
08-abr-22	Fugas de agua	Fuga	R5
08-abr-22	Fugas de agua	Fuga	R5
18-abr-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
20-abr-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
21-abr-22	Fugas de agua	Fuga	R5
28-abr-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
28-abr-22	Fugas de agua	Fuga	R5
29-abr-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
02-may-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
02-may-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
02-may-22	Fugas de agua	Fuga	R5
03-may-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
04-may-22	Fugas de agua	Fuga	R5
12-may-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
23-may-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
25-may-22	Fugas de agua	Fuga	R5
25-may-22	Fugas de agua	Fuga	R5
27-may-22	Falta de agua	Se envió pipa	R5
31-may-22	Fugas de agua	Fuga	R5

Fuente: Elaboración propia.

Generación del modelo

Para comprender el problema se integró un modelo hidráulico apoyado en trabajo de campo. El levantamiento incluyó localización de cajas de válvulas, verificación del trazo real, revisión de accesorios, identificación de fugas visibles y digitalización de la información disponible. Este proceso permitió corregir discrepancias entre los planos existentes y la configuración operativa real de la red.

Levantamiento de cajas de válvulas y trazo de la red

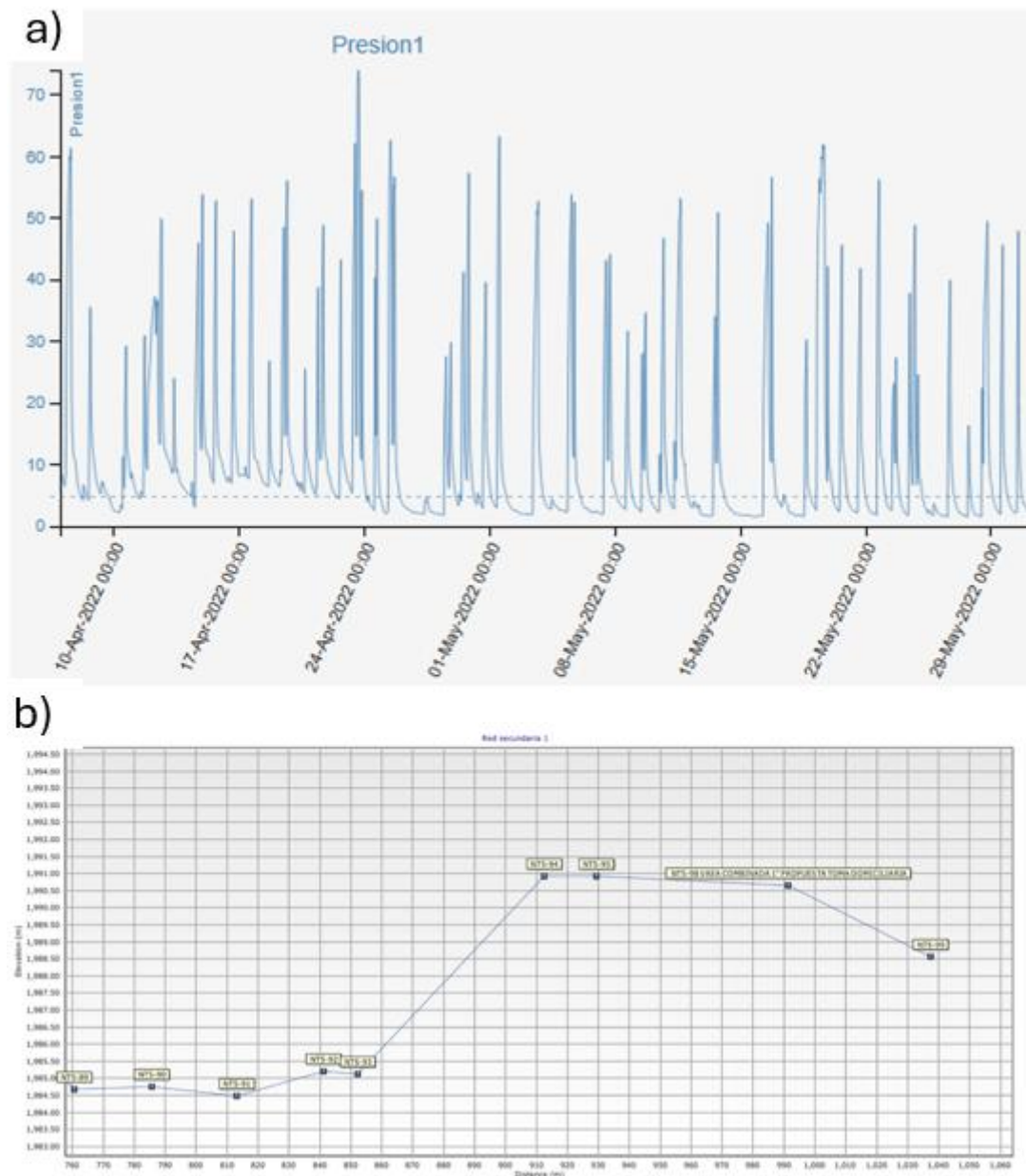
Durante los recorridos se observó que el organismo operador había perforado tuberías para liberar aire y acelerar la llegada del agua a viviendas en zonas altas. Esta práctica evidenció la severidad del problema: en ciertos casos el agua tardaba hasta tres horas en llegar, dentro de un servicio aproximado de cuatro horas. Por ello, se confirmó la necesidad de una solución controlada y permanente, basada en el comportamiento hidráulico de la red y no en intervenciones reactivas. La Figura 1(b) muestra una de estas prácticas.

La información recopilada se contrastó con la infraestructura existente para definir el trazo operativo real del sector. Con ello se consolidó una base geométrica confiable para la modelación y para la identificación de puntos altos, zonas bajas y sitios con mayor probabilidad de acumulación o ingreso de aire.

Mediciones de presiones

El comportamiento hidráulico se evaluó mediante mediciones de presión y caudal en puntos críticos, en particular en las partes bajas de la red y en las salidas de los tanques. Se instalaron abrazaderas, manómetros digitales y dataloggers con el fin de registrar tanto el proceso de llenado como el vaciado del sector y detectar transitorios asociados con el tandeo. En la red 5 el punto instrumentado se ubicó donde se esperaba la presión máxima. Los registros mostraron un comportamiento cíclico, con ascensos rápidos durante el llenado y descensos durante la interrupción del servicio. Como se observa en la Figura 2(a), se registró una presión máxima de 74.1 m.c.a. y una mínima de -0.3 m.c.a., evidencia de sobrepresiones y succiones capaces de agravar fugas y dañar la infraestructura.

Figura 2. Diagnóstico hidráulico del sector: (a) comportamiento de la presión en el punto de medición; (b) perfil de un tramo de la red.



Fuente: Elaboración propia.

Creación del modelo

Con la información geométrica y las mediciones de campo se calibró un modelo en EPANET para reproducir la operación original de la red. El modelo permitió estimar envolventes de presión, localizar puntos críticos y comparar el comportamiento previo y posterior a la incorporación de válvulas de aire, utilizando como referencia los valores observados en sitio.

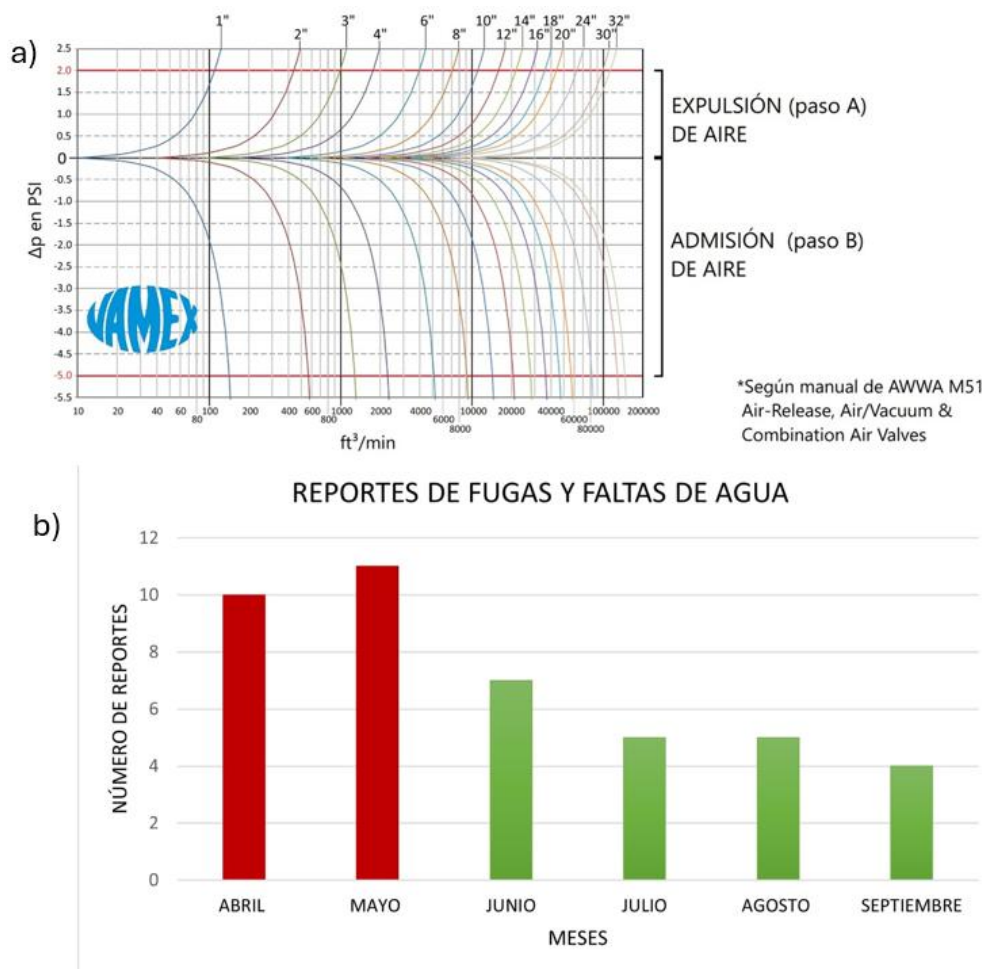
Perfiles de la red

El trazado resultante confirmó que la topografía del sector favorece la formación de crestas y valles pronunciados. La Figura 2 ilustra el diagnóstico hidráulico del sector: en la subfigura 2(b) se observa uno de los perfiles representativos y se aprecia por qué el aire se concentra en puntos altos, mientras las presiones negativas y positivas se intensifican durante los ciclos de vaciado y llenado.

Propuestas de solución

A partir del diagnóstico se propuso instalar válvulas de admisión y expulsión de aire en salidas de tanque, crestas y puntos donde el aire tiende a acumularse o ingresar. La selección se apoyó en la geometría de la red, el comportamiento observado de presiones y los criterios del fabricante para el llenado y vaciado seguro de tuberías (Yépez Heredia, 2019; VAMEX, 2017). La Figura 3(a) sintetiza el criterio gráfico empleado para el dimensionamiento de las válvulas.

Figura 3. Diseño e impacto de la intervención: (a) criterio gráfico para la selección del diámetro de válvulas de aire; (b) disminución de los reportes de fuga.



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se ubicaron cinco válvulas de 1 pulgada. Tres se colocaron en tomas domiciliarias situadas en las partes más altas y las restantes en cajas de válvulas existentes en zonas bajas. La propuesta se incorporó al modelo para estimar su efecto sobre las presiones y después contrastarlo con la evolución de los reportes operativos de la red.

DISCUSIÓN

Una vez instaladas las válvulas e incorporadas al modelo hidráulico, las simulaciones sugieren que las presiones máximas en puntos críticos bajaron de valores cercanos a 115 m.c.a. a aproximadamente 40 m.c.a., un rango más favorable para la infraestructura y cercano a recomendaciones nacionales para tomas domiciliarias (CONAGUA, 2015). Como no se contó con monitoreo posterior, este efecto debe interpretarse principalmente como resultado del modelo.

La evolución de los reportes operativos fue consistente con la mejora estimada en el modelo. Como muestra la Figura 3(b), entre abril y septiembre de 2022 se observó una disminución de incidentes de fugas y falta de agua, aunque estos no desaparecieron por completo debido al desgaste acumulado de la red. Esta tendencia sugiere que el control del aire contribuyó a estabilizar la operación y a acelerar la llegada del agua a los usuarios.

El estudio muestra que, en redes con topografía accidentada y servicio intermitente, la acumulación y movilización de aire es un factor clave en la aparición de presiones negativas, sobrepresiones, retrasos de suministro y fugas. En el caso analizado, el problema no dependía solo del estado físico de la tubería, sino también de la combinación entre la geometría del sistema y la forma en que este se llenaba y vaciaba.

La instalación estratégica de válvulas de admisión y expulsión de aire mostró ser una medida práctica para mejorar la operación. El modelo hidráulico y la reducción posterior de reportes sugieren que esta intervención puede disminuir presiones críticas y mejorar la continuidad del servicio. Por ello, el control del aire debe considerarse como parte del diagnóstico y la rehabilitación de redes urbanas operadas por tandeo.

REFERENCIAS

CONAGUA. (2015). MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLAO Y SANEAMIENTO. MÉXICO.

Dozal, S. L. (2021). Agua y Salud Pública. Síntesis sobre políticas de salud, 123.

EL PAIS (2022) La sequía que arrasa México <https://elpais.com/mexico/2022-07-25/la-sequia-que-golpea-mexico.html>

Fuentes-Mariles, O. A.-N.-V. (2011). Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 235-242.

Fuertes-Miquel, V. S.-R.-J.-S.-P. (2011). Utilización de las ventosas para la expulsión del aire durante el llenado de las tuberías: Comportamiento adiabático frente a isoterma. *Tecnología y ciencias del agua*, 33-50.

Guevara, V. (2008). El tandeo en el abasto de agua en San Luis Potosí. (Breve reseña). *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

Ilaya Ayza, A. E. (2016). Propuesta para la transición de un sistema con suministro de agua intermitente a suministro continuo. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Ilaya-Ayza, A. E.-G. (2015). La problemática de los sistemas de suministro de agua intermitentes. Aspectos generales. *Revista Ingeniería de Obras Civiles-RIOC*, 5, 31-39.

Robledo, C. (24 de Agosto de 2022). El 74% de SLP presenta sequía severa: Conagua. *El Sol de San Luis*.

Servín, C. C. (2008). Abasto futuro de agua potable, análisis espacial y vulnerabilidad de la ciudad de San Luis Potosí, México. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 127-137.

VAMEX. (2017). VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE. Obtenido de https://www.wpes.mx/wp-content/uploads/2017/07/aire_completo.pdf

Yépez Heredia, A.H. (2019) Modelación y evaluación del sistema de agua de consumo humano de la comunidad niño loma, perteneciente a la parroquia pungalá. *Propuestas de mejora Escuela superior politécnica de chimborazo*.

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.



 <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i3.283>

Cómo citar este artículo (APA 7ª edición):

Reyes Reyes, D. C. ., Reyes Reyes, A. ., Reyes Reyes, J. A. ., & Dufour Candelaria, A. . (2026). Reducción de Fugas en Redes de Agua Intermitentes Mediante Válvulas de Aire. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 5(3), 307-317. <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i3.283>