

# Problema del abastecimiento de agua potable en sistemas de conducción a gravedad

> M.I. Rodrigo Ruiz Santos, Dr. Humberto Silva Hidalgo, Dr. Cornelio Álvarez Herrera y M.I. José Santos García.

Universidad Autónoma de Chihuahua /Facultad de Ingeniería  
FINGUACH Año 6, Núm. 20, junio - agosto del 2019

El abastecimiento de agua potable ha representado un problema que ha evolucionado a lo largo del tiempo por su complejidad y una de las razones para ello, es que anteriormente las fuentes que proveían el vital líquido se encontraban cercanas a las comunidades y era relativamente sencilla la captación y conducción.

En la actualidad debido a muchos factores, pero principalmente por el aprovechamiento a niveles superiores a los recomendables en cuencas y acuíferos, las

fuentes de abastecimiento se localizan más alejadas y en condiciones topográficas más adversas para su conducción.

En sistemas a bombeo, la presencia de aire se refleja en un incremento en el consumo de energía eléctrica en los equipos; mientras que en sistemas a gravedad la acumulación de aire puede reducir la sección hidráulica del paso de agua, afectando su capacidad de conducción (ver Figura 1).

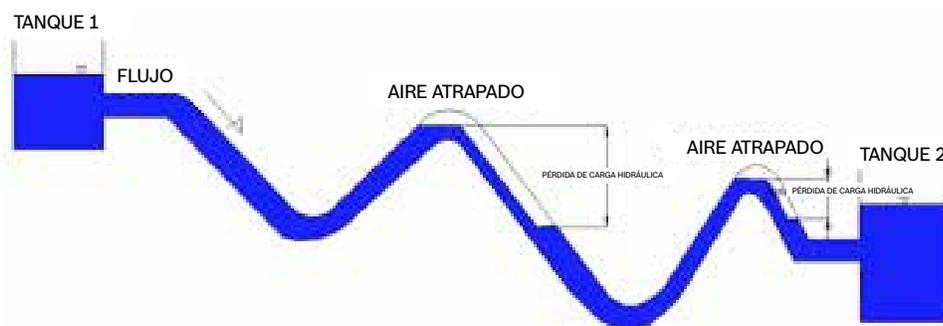


Figura 1. Acumulación de aire típica en un sistema de conducción de agua a gravedad.

Cuando se encuentra aire atrapado en algún tramo de un conducto se genera un obstáculo compresible al paso del agua. Esto genera una pérdida de carga hidráulica en el sistema que aumenta conforme el volumen ocupado por el aire es mayor.

Cuando se encuentra aire atrapado en algún tramo de un conducto se genera un obstáculo compresible al paso del agua. Esto genera una pérdida de carga hidráulica en el sistema que aumenta conforme el volumen ocupado por el aire es mayor.

El análisis hidráulico de una línea de conducción a gravedad se realiza actualmente asumiendo que la tubería funciona a tubo lleno, es decir, sujeta a presión (referencias). Por otro lado, en diversas investigaciones se han analizado de forma aislada los diferentes tipos de flujos y régimen que se presentan (referencias), y muestran que los sistemas en contadas ocasiones funcionan como se conceptualiza en su diseño. A pesar de lo anterior, no ha podido homogenizar un criterio de diseño que incorpore todos estos aspectos.

El aire atrapado en un flujo en conducciones a gravedad provoca condiciones de baja eficiencia en el funcionamiento hidráulico del sistema, por lo que es deseable su remoción total con medios hidráulicos o

mecánicos, pero en los casos en los que sea imposible lo anterior se debería cuantificar el efecto del aire residual en el diseño de los sistemas hidráulicos con la finalidad de que no se vea afectada la capacidad de conducción requerida. Lo que posiblemente implique la integración de diferentes teorías y procedimientos de cálculo existentes o quizás del desarrollo de nuevos procedimientos y formulaciones adicionales.

Para ejemplificar el problema se realizó un experimento que permitió verificar la problemática descrita en este artículo. Se instaló una línea a gravedad con tubería de policloruro de vinilo de 3/4" de diámetro (trasparente) y una longitud de 12 m, con una configuración topográfica típica de sistemas a conducción a gravedad construidos en terreno accidentado. El sistema se alimentó mediante un depósito funcionando con carga constante (Figura 2). Se colocaron válvulas y piezómetros para expulsar y admitir aire o en su defecto observar la carga hidráulica (Figuras 2 y 3).

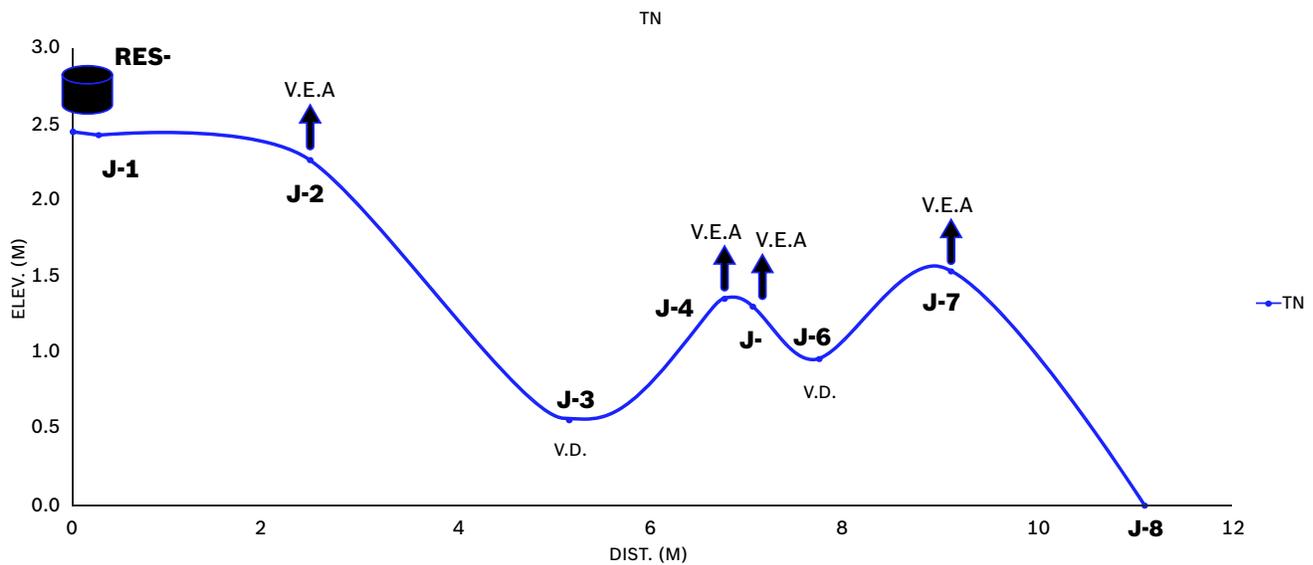


Figura 2. Geometría del experimento.

Mediante un análisis hidráulico convencional, bajo el supuesto de que la tubería funciona a tubo lleno se calculó el caudal teórico, sin embargo el caudal observado (aforo volumétrico) resultó diferente y sensiblemente menor al teórico (Tabla 1).

Caudal teórico	Caudal medido	Diferencia
l/s	l/s	l/s
0.40558177	0.03803545	0.36754631

Tabla 1. Caudal teórico y aforado.

Además de la sensible reducción en el caudal, se observó que en algunas secciones el sistema funciona a superficie libre, sin embargo, se presentan oscilaciones en el flujo en las que se observa flujo a presión en dos fases (líquido y aire).

Mediante un análisis hidráulico convencional, bajo el supuesto de que la tubería funciona a tubo lleno se calculó el caudal teórico, sin embargo el caudal observado (aforo volumétrico) resultó diferente y sensiblemente menor al teórico (Tabla 1).

Además de la sensible reducción en el caudal, se ob-

servó que en algunas secciones el sistema funciona a superficie libre, sin embargo, se presentan oscilaciones en el flujo en las que se observa flujo a presión en dos fases (líquido y aire).

En México se presenta con mayor frecuencia el diseño de sistemas a gravedad para conducir el agua potable desde lugares más distantes y con configuraciones topográficas cada vez más complejas, por lo que la atención a la problemática descrita puede evitar la construcción de sistemas con capacidad de conducción real, menor a la teórica con la cual fueron diseñados.



**Figura 3.** Montaje del experimento.

### Referencias

- Ochoa Alejo, 2005 "Modelación de Aire Atrapado en flujo de Agua en Conductos", Universidad Autónoma de México, México  
 Kalinske A., Robertson J., 1943 "Closed Conduit Flow", Trans. American Society of Civil Engineering, USA  
 Ahmed A, Ervine D. y Mckeogh E., 1986 " The process of aeration in closed conduit hydraulic structures", BHRA, Int. Conf. on Presures Surges, Hannover, Germany.  
 Thomas H., 1982 "Air demand distortion in hydraulics models", BHRA, Int. Conference on Hydraulic modelling, Coventry, England, sep.  
 Kalinske y Bliss, 1943 "Removal of Air from Pipelines by flowing Water", Civil Engineering, ASCE.