

Tecnología en Breve

PUBLISHED BY THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER

Golpe de Ariete

Por **Z. Michael Lahlou, Ph.D.**, Consultor en Asistencia Técnica

Resumen

El golpe de ariete se refiere a las fluctuaciones causadas por un repentino incremento o disminución de la velocidad del flujo. Estas fluctuaciones de presión pueden ser lo suficientemente severas como para romper la tubería de agua. Los problemas potenciales del golpe de ariete pueden ser considerados al evaluarse el diseño de las tuberías y cuando se realiza un análisis detallado de las oscilaciones de presión, en muchos casos para evitar malos funcionamientos costosos en el sistema de distribución. Cualquier cambio mayor en el diseño del sistema principal o cambio en la operación—tales como aumento en la demanda de los niveles de flujo—deben incluir la consideración de los problemas potenciales de golpe de ariete. Este fenómeno y su significado tanto para el diseño como para la operación de los sistemas de agua, no es ampliamente entendido, como demuestra por el número y la frecuencia de fallos causados por el golpe de ariete.

¿Qué es el Golpe de ariete?

El golpe de ariete (choque hidráulico) es el incremento momentáneo en presión, el cual ocurre en un sistema de agua cuando hay un cambio repentino de dirección o velocidad del agua. Cuando una válvula de rápido cierre cierra repentinamente, detiene el paso del agua que está fluyendo en las tuberías, y la energía de presión es transferida a la válvula y a la pared de la tubería. Las ondas expansivas se activan dentro del sistema. Las ondas de presión viajan hacia atrás hasta que encuentran el siguiente obstáculo sólido, luego continúan hacia adelante, luego regresan otra vez. La velocidad de las ondas de presión es igual a la velocidad del sonido; por lo tanto, su “explosión” a medida que viaja hacia adelante y hacia atrás, hasta que se disipa por la pérdida de fricción. Cualquiera que haya vivido en una casa antigua está familiarizado con la “explosión” que resuena a través de las tuberías cuando una llave de agua es cerrada repentinamente. Esto es un efecto del golpe de ariete.

Una forma menos severa del golpe de ariete es llamada oscilación, que es un movimiento lento en forma de ola de una masa de agua

causado por fluctuaciones internas de presión en el sistema. Esto puede ser visto como una “onda” de presión que se forma lentamente dentro del sistema. Ambos, golpe de ariete y oscilación, se refieren a presiones transitorias. Si no se controlan, ambas darán los mismos resultados: daños a las tuberías, accesorios y válvulas, causando fugas y reduciendo la vida útil del sistema. Ni la tubería ni el agua se comprimirán para absorber el choque del agua.

Investigando las Causas del Golpe de Ariete

Las condiciones de operación de un sistema de transporte de agua casi nunca están en un estado constante. Las presiones y los flujos cambian continuamente a medida que la bomba se enciende y se apaga, la demanda fluctúa y los niveles del tanque cambian. Adicionalmente a estos eventos normales existen acontecimientos imprevistos tales como interrupciones de energía y el mal funcionamiento de los equipos, lo que puede cambiar rápidamente las condiciones de operación de un sistema. Cualquier cambio en el nivel de velocidad del flujo del líquido, sin importar el nivel o magnitud del cambio, requiere que el líquido sea acelerado o desacelerado de su

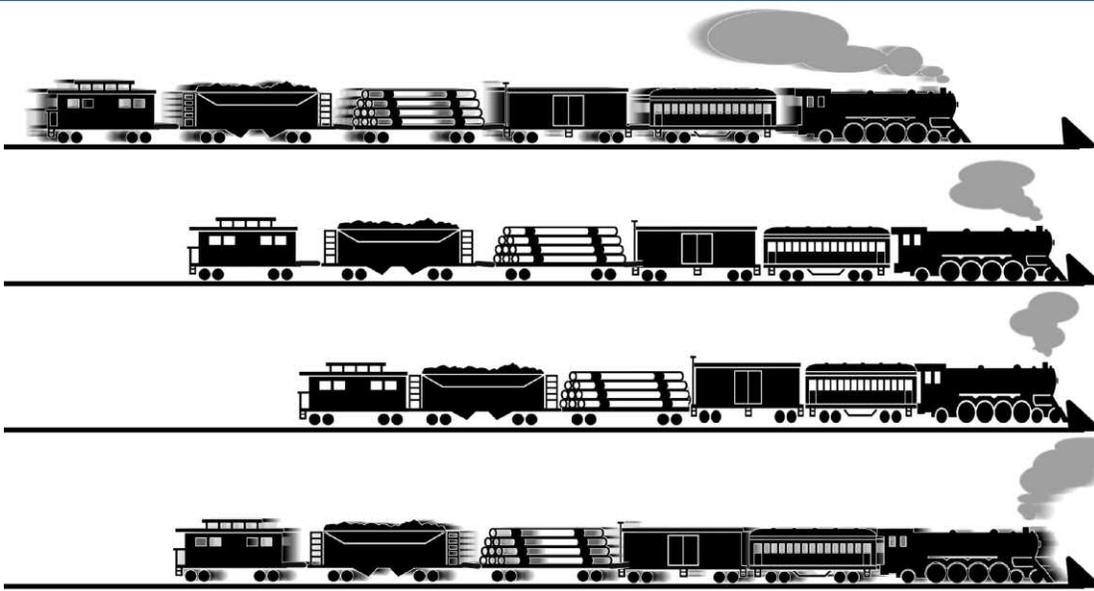


Figura 1 – Ilustración del Golpe de ariete

Fuente: Pickford, John. 1969. *Analysis of Water Surge*. Gordon and Breach Science Publishers.

Una columna de agua actúa como un tren de carga parando repentinamente cuando una válvula de salida es cerrada repentinamente.

velocidad inicial de flujo. Los cambios rápidos en el nivel del flujo requieren grandes fuerzas que son vistas como presiones altas, las cuales causan golpe de ariete.

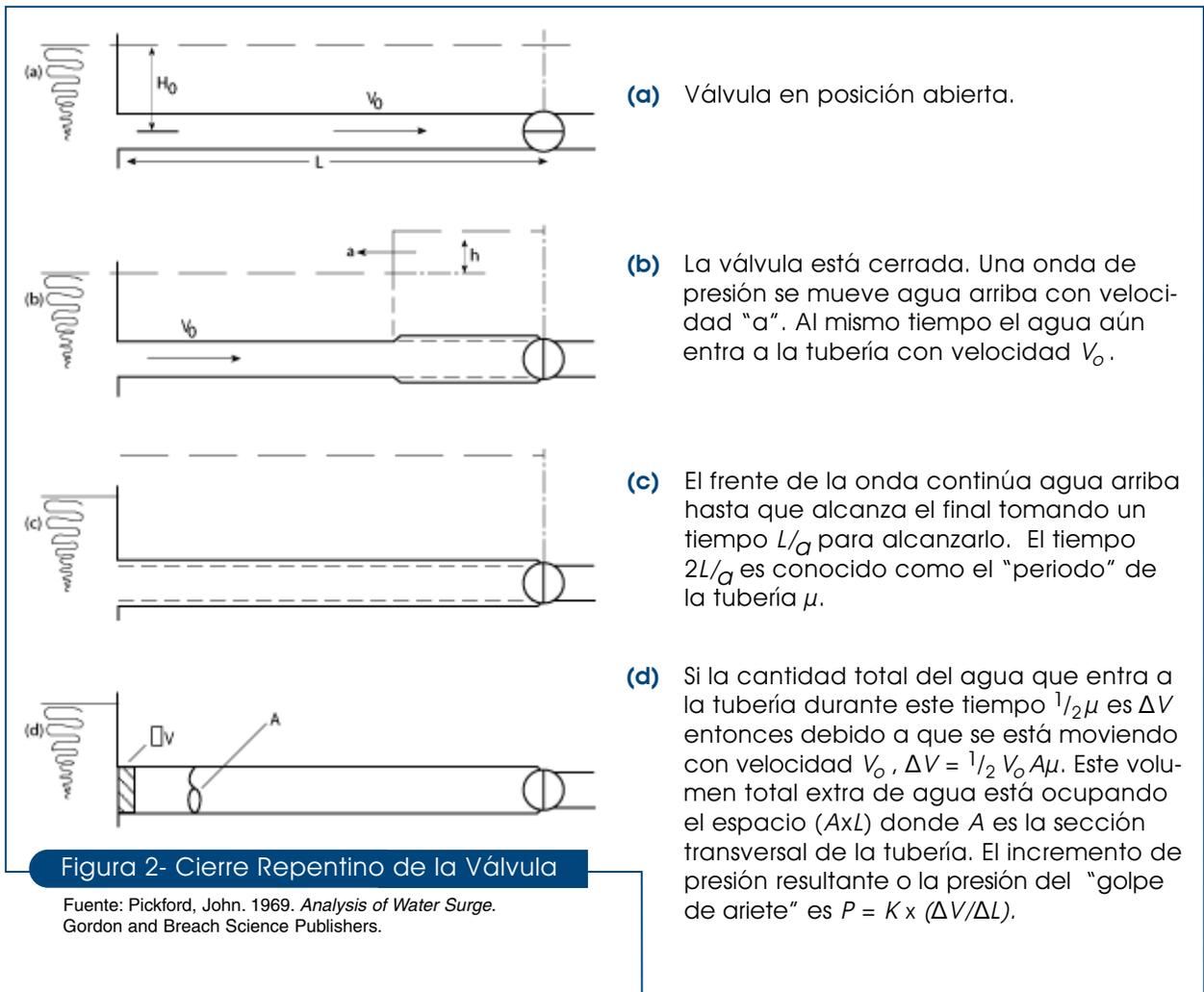
El aire atrapado o los cambios de temperatura del agua también pueden causar excesiva presión en las líneas de agua. El aire atrapado en la línea se comprimirá y ejercerá una presión extra en el agua. Los cambios de temperatura causan que el agua se expanda o se contraiga, afectando también la presión. Las presiones máximas experimentadas en un sistema de tuberías son frecuentemente el resultado de la separación de una columna de vapor, la cuál es causada por la formación de paquetes vacíos de vapor cuando la presión cae tan bajo que el líquido ebulle o se vaporiza. Las presiones dañinas pueden ocurrir cuando estas cavidades se colapsan.

Las causas del golpe de ariete son muy variadas. Sin embargo existen cuatro eventos comunes que típicamente inducen grandes cambios de presión:

1. El arranque de la bomba puede inducir un colapso rápido del espacio vacío que existe aguas abajo de la bomba.
2. Un fallo de potencia en la bomba puede crear un cambio rápido en la energía de suministro del flujo, lo que causa un aumento de la presión en el lado de suc-

ción y una disminución de presión en el lado de la descarga. La disminución es usualmente el mayor problema. La presión en el lado de descarga de la bomba alcanza la presión de vapor, resultando en la separación de la columna de vapor.

3. La abertura y cierre de la válvula es fundamental para una operación segura de la tubería. Al cerrarse una válvula, la parte final aguas debajo de una tubería crea una onda de presión que se mueve hacia el tanque de almacenamiento. El cerrar una válvula en menos tiempo del que toma las oscilaciones de presión en viajar hasta el final de la tubería y en regresar se llama "cierre repentino de la válvula". El cierre repentino de la válvula cambiará rápidamente la velocidad y puede resultar en una oscilación de presión. La oscilación de presión resultante de una abertura repentina de la válvula usualmente no es tan excesiva.
4. Las operaciones inapropiadas o la incorporación de dispositivos de protección de las oscilaciones de presión pueden hacer más daño que beneficio. Un ejemplo es el exceder el tamaño de la válvula de alivio por sobre-presión o la selección inapropiada de la válvula liberadora de aire/vacío. Otro ejemplo es el tratar de incorporar algunos medios de prevención del golpe de ariete cuando este no es un problema.



Encontrando Soluciones Prácticas

La oscilación de presión debe ser incorporada junto con la presión de operación durante el diseño de la tubería. Las recomendaciones y requerimientos con respecto a presiones de las oscilaciones permisibles están dados en los estándares y manuales para la práctica de abastecimiento de agua de los Trabajos Americanos de Agua (AWWA, siglas en inglés) y varían dependiendo del tipo de tubería utilizada. Las siguientes son algunas herramientas para reducir los efectos del golpe de ariete:

Válvulas

El golpe de ariete usualmente daña a las bombas centrífugas cuando la energía eléctrica falla. En esta situación, la mejor forma de prevención es tener válvulas controladas automáticamente, las cuáles cierran lentamente. (Estas válvulas hacen el trabajo sin electricidad o baterías. La dirección del flujo los controla). Al cerrarse la válvula lentamente se puede moderar el aumento en la presión

cuando las ondas de sobre-presión del agua de abajo—resultando del cierre de la válvula—regresan del tanque de almacenamiento.

El aire arrastrado o los cambios de temperatura del agua pueden ser controlados por la válvula de descarga de la presión, los cuales están fijados para abrir con presión excesiva en la línea y luego se cierran cuando la presión cae. Las válvulas de descarga son comúnmente usadas en estaciones de bombeo para controlar la oleada de presión y proteger la estación de bombeo. Estas válvulas pueden ser un método efectivo de control transitorio. Sin embargo, deben ser propiamente clasificadas y seleccionadas para realizar la tarea para la que están previstas sin producir efectos secundarios.

Si la presión pudiera bajar en los puntos elevados, una válvula liberadora de aire y de vacío debe ser usada. Todos los descensos donde las presiones pudieran bajar mucho deben ser protegidas con válvulas liberadoras

de aire. Las válvulas liberadoras de aire si están apropiadamente clasificadas y dimensionadas, pueden ser el medio menos costoso para proteger el sistema de tuberías. Una válvula liberadora de aire deberá ser lo suficientemente larga para admitir suficientes cantidades de aire durante las oscilaciones de presión aguas abajo y para que la presión en las tuberías no baje mucho. Sin embargo, no deberá ser tan larga que contenga un gran volumen de aire innecesario, porque este aire tendrá que ser ventilado lentamente, incrementando el tiempo muerto del sistema. El tamaño de la válvula de descarga de aire es, como se ha mencionado, crítico.

Bomba

Los problemas de operación en el arranque de la bomba pueden usualmente ser evitados incrementando el flujo en la tubería lentamente hasta colapsar o desalojar los espacios de aire suavemente. Incluso, un simple medio para reducir las oscilaciones hidráulicas de presión es el mantener bajas velocidades en la tubería. Esto no solo resultará en oscilaciones bajas de presión, sino también resultará en bajos niveles de caballos de fuerza durante la operación, y así, conseguir una máxima economía de operación.

Tanque de Oscilación

En tuberías muy largas, las oscilaciones pueden ser liberadas con un tanque de agua directamente conectado a la tubería llamado "tanque de oscilación". Cuando la oscilación es encontrada, el tanque actuará para liberar la presión, y poder almacenar el líquido excesivo, dando al flujo un almacenamiento alternativo mejor que el proporcionado por la expansión de la pared de la tubería y compresión del fluido. Los tanques de oscilación pueden servir para ambos, fluctuaciones positivas y negativas. Estos tanques de oscilación también pueden ser diseñados para proporcionar flujo al sistema durante una oscilación agua abajo, de esta manera previene o minimiza la separación de la columna de vapor. Sin embargo, los tanques de oscilación pueden ser un dispositivo de control costoso.

Cámara de Aire

Las cámaras de aire son instaladas en áreas donde se puede encontrar el golpe de ariete frecuentemente, y típicamente pueden ser

vistos detrás de accesorios de los lavabos y la tina de baño. De forma fina como botellas volteadas al revés y con un pequeño orificio conectado a la tubería, están llenos de aire. El aire se comprime para absorber el choque, protegiendo a los accesorios y a la tubería.

Conclusión

El golpe de ariete continuará desafiando a ingenieros, operadores, y directores de sistemas de agua porque está asociado con sistemas que no pueden ser definidos exactamente debido al tamaño y largo del sistema de distribución de agua con un perfil ondulante o por la falta de definición de los componentes del sistema tales como las válvulas o las bombas. Existe una necesidad de un acercamiento más práctico mientras que la investigación continúa proporcionando mejores descripciones de la física del golpe de ariete y mientras que las soluciones computacionales proporcionen herramientas más útiles que incluyan esos principios.

¿Dónde puedo encontrar mayor información?

- Kroon, J. R., M. A. Stoner, and W. A. Hunt. 1984. "Water Hammer: Causes and Effects." *Journal of the American Water Works Association*. 76: 39-45.
- National Drinking Water Clearinghouse. 2001. "Ask the Experts." *On Tap*. Vol. 1, Issue 3: 10-11.
- Parmakian, J. 1963. *Waterhammer Analysis*. Dover Publications.
- Sharp, B.B. and D. B. Sharp. 1996. *Water Hammer: Practical Solutions*. New York: Halsted Press.
- Weis, F. 1996. "Dispelling Common Misconceptions about Water Hammer." *Water Engineering and Management*. 143: 24-30.
- Wood, D. J. 2002. SURGE2000 Software. (Modeling water hammer in pipes and a wide range of hydraulic and surge protection devices are addressed). Civil Engineering Software Center, University of Kentucky Lexington, KY.

