

VERSIÓN DOCENCIA DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN DE TRANSITORIOS TRANS

LIBIA CARMONA, GABRIEL CASTILLO
Y RAFAEL CARMONA

La versión docencia del sistema TRANS (*software* para simular transitorios hidráulicos en conductos a presión) y su manual son los productos terminados del proyecto PAPIME (Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza) PE104017.

Un conducto a presión, es una tubería o conjunto de éstas, que pueden tener diferentes características como diámetro, espesor, material y longitud, que están completamente llenas de un fluido, en este caso, agua.

Al fenómeno que ocurre durante el intervalo de tiempo que le toma a un sistema hidráulico pasar de una condición de operación en flujo permanente que fue perturbado, a otra condición de operación en flujo permanente, se le llama transitorio hidráulico.

Algunas perturbaciones ocurren súbitamente como consecuencia de eventos imprevistos; otras, son consecuencia de las maniobras que deben realizarse de manera programada y controlada para cambiar el modo de operación del sistema, como apertura y cierre de válvulas, así como arranques y paros de equipos de bombeo. Durante el flujo transitorio que se desarrolla después de haber ocurrido un evento imprevisto se presentan las máximas variaciones en la presión interna de las tuberías, en la velocidad del agua y en la velocidad de los elementos rodantes de bombas y turbinas; a este fenómeno se le llama transitorio rápido o golpe de ariete.

En un transitorio producido por golpe de ariete, las tuberías se reventarán si la presión interna en las tuberías es mayor que su resistencia, llegan a colapsar si la presión interna es menor que la externa o presentarse la separación de la columna líquida si la presión disminuye hasta la presión de vapor de agua.

Cambios súbitos en el consumo de energía eléctrica en la red alimentada por un sistema hidroeléctrico y fallas en el suministro de energía eléctrica en plantas de bombeo, generan golpes de ariete. Un golpe de ariete puede causar daños con costos muy altos, tanto económicos como sociales. Los primeros, debido a las reparaciones que se tuvieran que realizar en la infraestructura comunitaria; los segundos, por la suspensión del servicio de entrega de agua o de generación de energía eléctrica.

Debido al alto impacto que puede tener un golpe de ariete, hace imperante que los futuros profesionistas involucrados en el tema de conducción de agua en tuberías a presión adquieran el conocimiento suficiente para diseñar sistemas hidráulicos en los que el golpe de ariete no les cause daño.

El fenómeno del golpe de ariete se analiza a partir de las ecuaciones dinámica y de continuidad del agua en el interior de las tuberías; el modelo matemático está formado por un sistema de dos ecuaciones hiperbólicas en derivadas parciales cuyas variables dependientes son la velocidad del agua, su presión (carga piezométrica), las independientes, el tiempo y la posición; el sistema puede resolverse con el método de las características al tomar en consideración las condiciones iniciales y de frontera. En el modelo se consideran la elasticidad del material de construcción de las tuberías y la compresibilidad del agua. En los cursos de licenciatura, es muy común que este modelo no se estudie y sólo se presenten soluciones obtenidas con métodos simplificados. Para diseñar sistemas hidráulicos con conductos a presión, como los sistemas de bombeo (acueductos), no es suficiente considerar las soluciones que se obtienen con los métodos simplificados.

En la versión docencia del sistema TRANS se resuelve el modelo de golpe de ariete con el método de las características. Con éste se puede simular la operación en flujo transitorio de acueductos formados por una línea de conducción con una aportación y sin derivaciones, incluye los modelos para simular la operación de equipos de bombeo en flujo transitorio, apertura y cierre de válvulas, cambios de tuberías, torres de oscilación, cámaras de aire, tanques unidireccionales, así como válvulas de admisión y expulsión de aire (VAEA).

La versión docencia del sistema TRANS está formado por los archivos ejecutables "TransDocencia2-0.exe" y TransMoMaDoc2-0.exe", descargables en <http://sitios.iingen.unam.mx/Transitorios-Hidráulicos/>. El usuario ejecuta "TransDocencia2-0.exe" para construir digitalmente el acueducto con una pantalla gráfica, figura 1; a través de la pestaña "Simulación" se ejecuta automáticamente TransMoMaDoc2-0.exe, módulo que resuelve los modelos matemáticos que representan la operación de los elementos que forman al acueducto.

De los elementos que pueden simularse, el modelo matemático de los equipos de bombeo es el más complejo, para aplicarlo a un caso real, se necesitan las curvas de operación de las bombas en flujo transitorio, que en la mayoría de las ocasiones se desconocen. Debido a ello, TransDocencia2-0 contiene un catálogo de curvas de bombas, figura 2, el cual se creó a partir del banco de información del Grupo de Hidromecánica, resultado de su participación en el diseño y revisión de la operación hidráulica de muchos acueductos. También incluye la información para simular válvulas de movimiento controlado, figura 3.

Previo a realizar una simulación (pestaña Simulación, figura 1) los datos del acueducto se validan. Al terminar la simulación, se presenta un reporte con las características del acueducto e información de la operación en flujo permanente previa al transitorio y a algunos resultados del cálculo del transitorio, figura 4. Los valores de cargas piezométricas, gastos, velocidad de las bombas, niveles de agua en tanques y volumen

de aire que ingresa a la tubería a través de VAEA se graban, como función del tiempo, en archivos tipo ASCII separados por comas que pueden ser leídos en Excel para su análisis.

Realizar simulaciones de transitorios hidráulicos con la herramienta desarrollada es muy sencillo, los resultados que se adquieren no pueden obtenerse con los métodos simplificados que se presentan en la mayoría de los cursos de licenciatura.

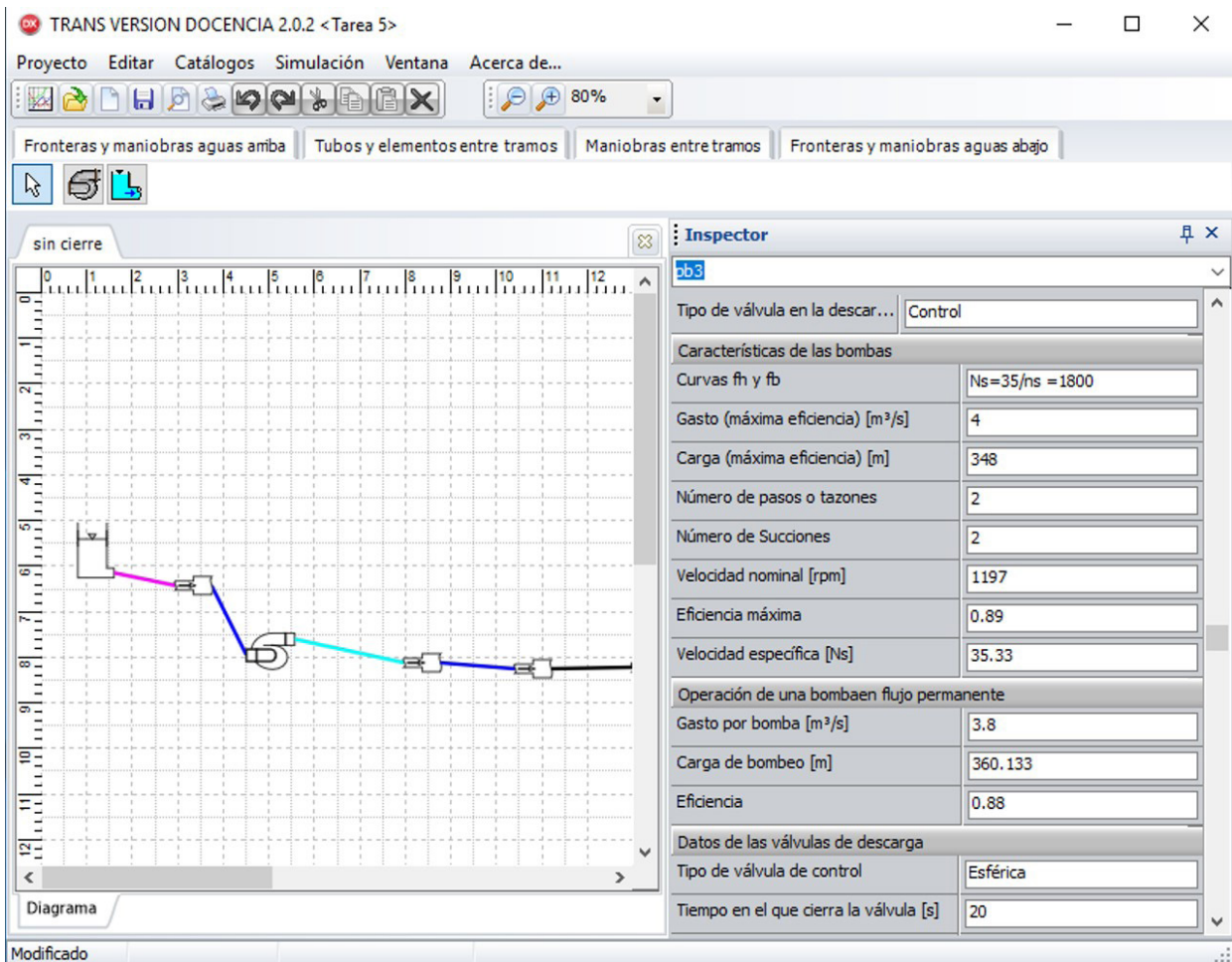


Figura 1. El acueducto se construye digitalmente a través de una interface gráfica

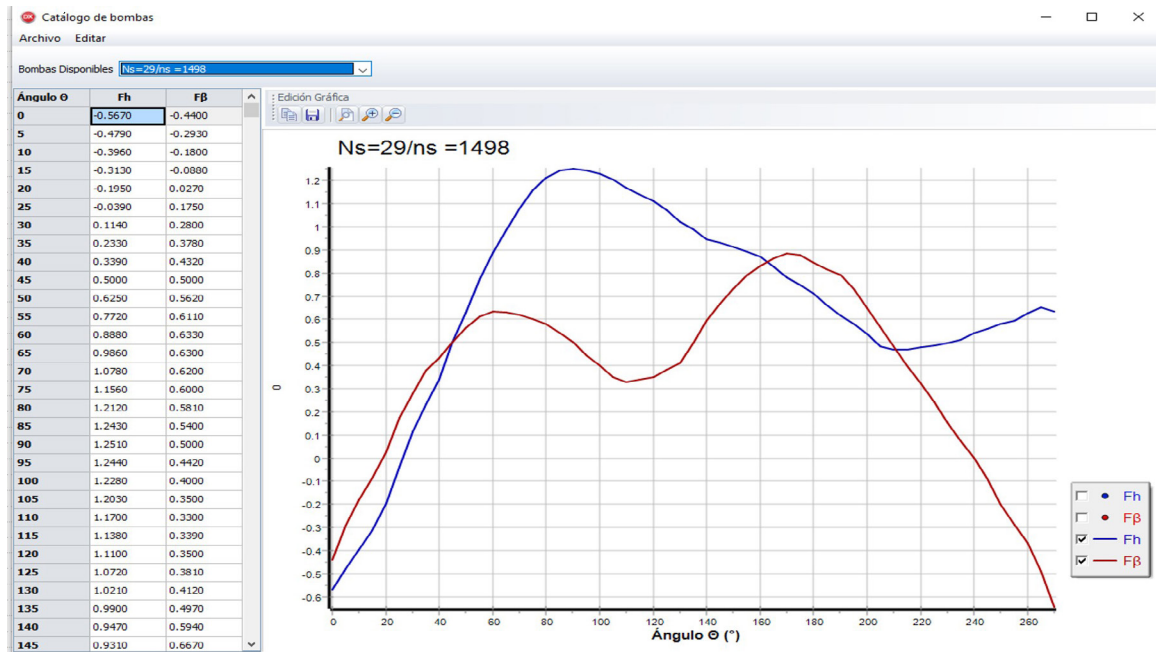


Figura 2. Curvas de la operación de bombas en flujo transitorio disponibles en el catálogo de bombas

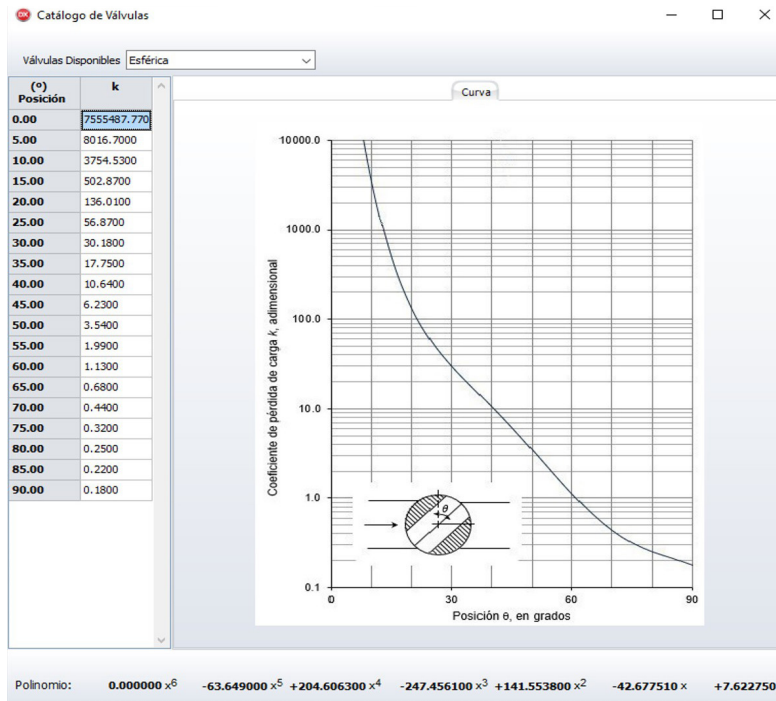


Figura 3. Información para simular válvulas de movimiento controlado en el catálogo de válvulas

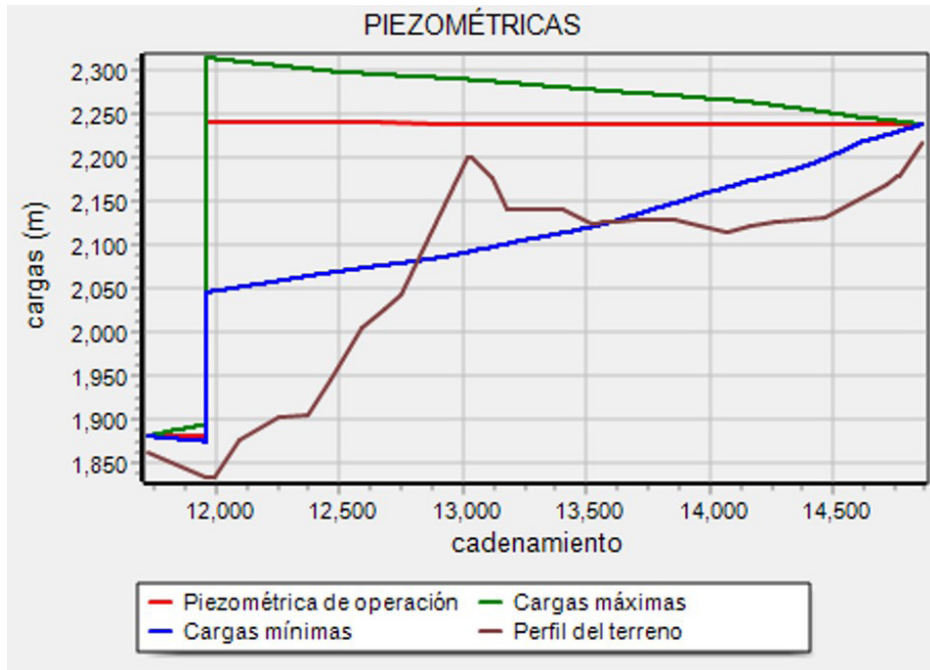


Figura 4. Líneas de carga piezométrica a lo largo del acueducto

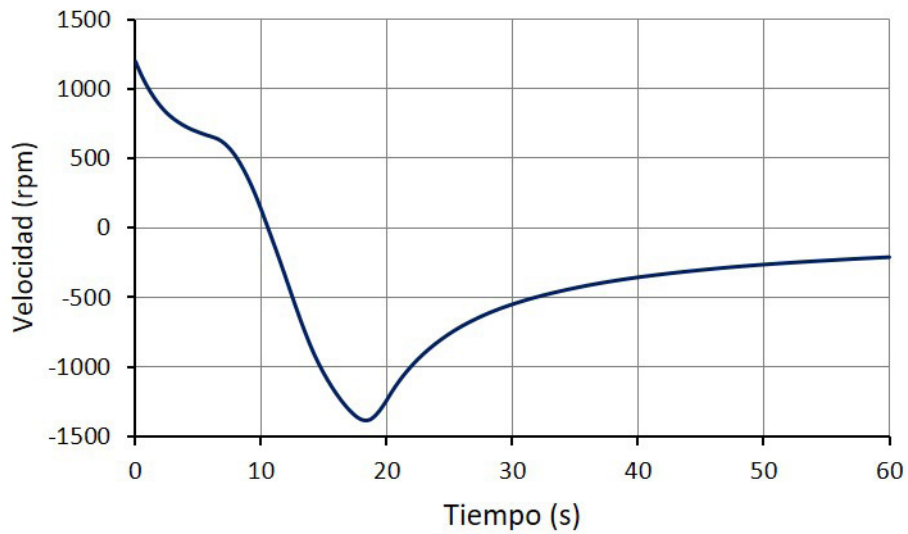


Figura 5. Velocidad de la bomba durante el transitorio