

José Antonio López Meza recibió el grado de maestro en ingeniería el 4 de diciembre de 2009. Su tesis, *Uso de disipadores pasivos de energía sísmica para controlar los desplazamientos transversales de un puente urbano*, fue dirigida por Sonia Elda Ruiz Gómez, investigadora de la Coordinación de Mecánica Aplicada.

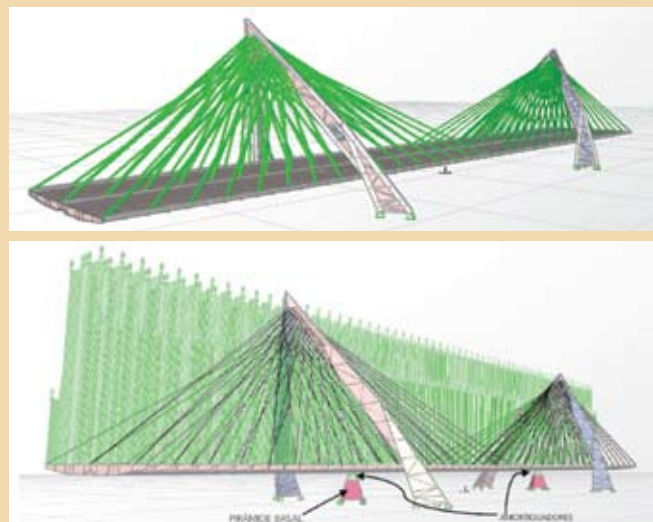
En esta tesis se analiza un puente atirantado urbano (originalmente sin apoyos en sus extremos), el cual presenta desplazamientos transversales muy grandes ante la acción de cargas vehiculares concentradas en un solo lado de la calzada. Si durante la acción de estas cargas desbalanceadas se presentara un sismo intenso en el mismo intervalo de tiempo, entonces los desplazamientos transversales del puente serían aún mayores. Una alternativa para restringir los desplazamientos transversales ante estas condiciones de carga es añadir disipadores pasivos de energía debajo del puente y además restringir el movimiento en sus extremos.

Se proponen y aplican métodos de análisis dinámicos para controlar dichos desplazamientos usando disipadores de energía sísmica. Se estudia el efecto de añadir en la base del puente dos tipos de disipadores: a) viscoelásticos, y b) hysteréticos. Para el diseño de los disipadores viscoelásticos se propone un método modal de análisis que utiliza un sistema de un grado de libertad con rigidez "equivalente" al del sistema completo. En este caso se emplean espectros de peligro uniforme. Por otra parte,

los disipadores hysteréticos se analizan mediante un método dinámico paso a paso en el tiempo.

Los disipadores hysteréticos consisten en barras de pandeo restringido (conocidos también como contraventeos desadheridos). Éstos disipan la energía a través de ciclos estables de tensión-compresión mediante una barra central de acero confinada por una sección tubular hueca, con mortero entre ambas.

Se calculan curvas de vulnerabilidad correspondientes al puente con cada uno de los tipos de disipadores de energía (viscoelásticos e hysteréticos). Se mencionan los pros y contras de cada una de las soluciones.



El pasado 28 de enero, Germán Jorge Carmona Paredes, Técnico Académico del Instituto de Ingeniería, obtuvo el grado de maestro en ingeniería con un trabajo sobre *Control no convencional de bombas centrífugas para la simplificación de los sistemas de regulación en acueductos*.

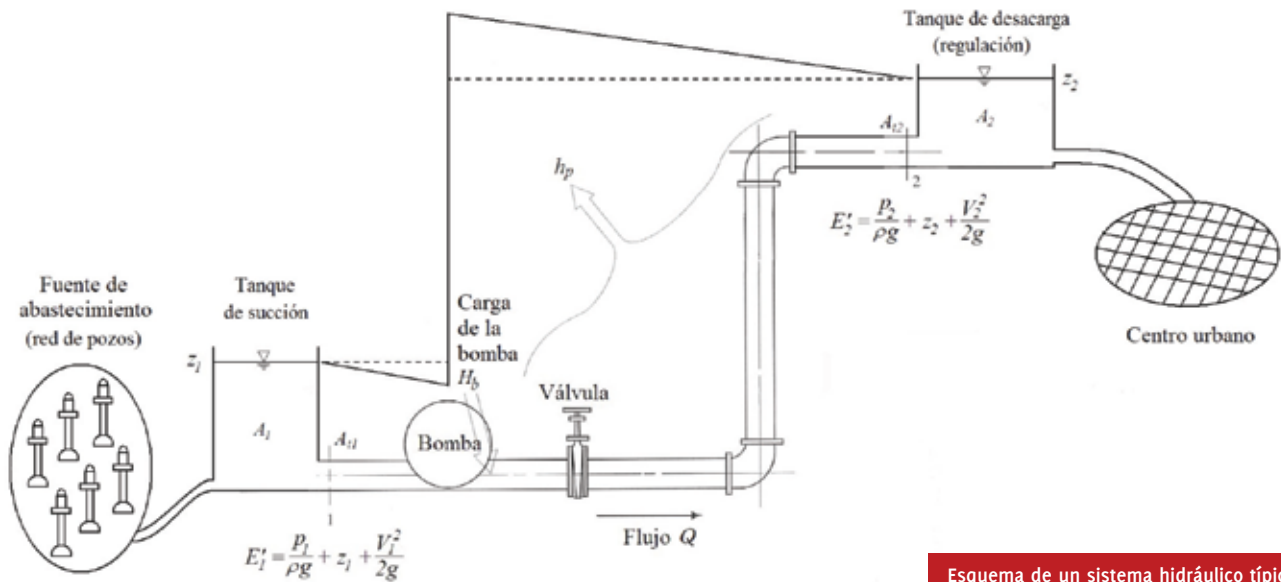
Durante su exposición, Germán Carmona resaltó que es posible eliminar, o al menos disminuir en gran medida, el tamaño de algunos de los grandes tanques de regulación utilizados en sistemas hidráulicos, aplicando la teoría de control para regular de manera dinámica el gasto de bombeo en acueductos, a través de la variación de la velocidad de giro en bombas centrífugas.

La contrastante distribución de la población con respecto a las fuentes disponibles para abastecimiento de agua dulce a lo largo y ancho del país ha originado la necesidad de construir grandes sistemas hidráulicos para llevar este vital

líquido a los centros urbanos. (Ver esquema típico de estos sistemas hidráulicos)

En el diseño de estos sistemas hidráulicos, deben considerarse varios aspectos como los requerimientos de agua de la población y la capacidad de las fuentes de abastecimiento, lo que establecerá el flujo o gasto de diseño del sistema. El desnivel geográfico y la distancia entre estas fuentes de abastecimiento y los centros urbanos establecerán el requerimiento de carga de bombeo, además de otros más.

Describiendo los elementos presentados en el esquema de la fig 1, las fuentes de abastecimiento pueden ser: ríos, lagos, lagunas y presas, de las cuales el agua se toma directamente a través de estructuras conocidas como obras de toma, que guían el agua a los cárcamos de bombeo, o bien de pozos o redes de pozos que extraen el agua del subsuelo y la bombean hacia tanques donde la concentran. Estos



Esquema de un sistema hidráulico típico

tanques sirven como succión para las bombas de la planta de bombeo del acueducto.

La bomba representa un conjunto de bombas que pueden estar funcionando en paralelo o en serie, en una planta de bombeo o en varias plantas a lo largo del sistema; estas bombas suministran al agua la energía necesaria para impulsarla a lo largo de la conducción.

La válvula representa el conjunto de las pérdidas de energía asociadas a los elementos de la conducción como codos, coples, válvulas, etc; y también se deben considerar las pérdidas por fricción a lo largo de la tubería. En muchos de los casos, en estos sistemas hidráulicos se utilizan conducciones cerradas a presión o tuberías, canales abiertos y túneles a través de montañas y, al final de la conducción, comúnmente se descarga el agua en grandes tanques de almacenamiento para suministrarla al centro de consumo conforme se vaya requiriendo.

Tradicionalmente el control de los sistemas hidráulicos se basa en encender o apagar equipos de bombeo para incrementar o disminuir el gasto bombeado dependiendo de los requerimientos del sistema. En los grandes acueductos, el encendido y apagado de las bombas no es una tarea simple ya que es necesario coordinar varias acciones para suavizar los transitorios hidráulicos, e inclusive eléctricos, que se ocasionan con estas maniobras. Por ello, se utilizan grandes tanques de regulación para evitar que perturbaciones en la fuente de abastecimiento, como el encendido y apagado de pozos, o en los centros de consumo, en los que la demanda siempre está variando, no se reflejen en la operación del acueducto.

En este trabajo se analiza un caso muy particular de estos sistemas hidráulicos, en el que la fuente de abastecimiento es una batería de pozos que mandan el agua a un tanque de succión de una planta de bombeo que tiene la finalidad de "aislar" el funcionamiento de la batería de pozos del funcionamiento del acueducto en el que la conducción del agua es a través de una tubería cerrada a presión.

Para este caso particular, se plantea realizar el control de la operación del acueducto regulando la velocidad de giro de las bombas para controlar el gasto de los equipos de bombeo en función del gasto entregado por la batería de pozos, con la finalidad de mostrar la posibilidad de utilizar tanques de regulación mucho más pequeños que los que normalmente se requieren, lo que puede traer beneficios de ahorro en costos de inversión y de operación, al tener una mayor flexibilidad en el control de la operación de los sistemas de bombeo.

