

"MODELADO A FONDO MOVIL DE AZUDES PARA PROTECCIONES DE PILAS DE Puentes EN EL RÍO CUARTO, CBA., RA"

Moya,G., Diaz,A., Muratore,H., Gaspari,E., Martínez,R., Rodriguez,A. y Hillman,G.

Laboratorio de Hidráulica. Universidad Nacional de Córdoba
Av. Velez Sarsfield 1601, ciudad Universitaria. CP: 5000. Córdoba
E-mail: gmoya@com.uncor.edu

Introducción

En las últimas décadas se ha observado un continuo descenso generalizado del cauce natural del río Cuarto, lo cual ha comprometido la estabilidad de diversas estructuras emplazadas sobre el cauce del río. Un ejemplo de éste fenómeno lo constituyen los puentes Carretero y Ferroviario, que emplazados en la ciudad de Río Cuarto, presentan importantes descensos del lecho en las proximidades de las propias pilas de estos dos puentes.



Foto 1.- Descenso del lecho en las pilas del puente Carretero

Por esta razón, y aguas abajo de los puentes Carretero y Ferroviario, se ha proyectado la ejecución de dos azudes, denominados Azud del Puente Carretero y Azud del Puente Ferroviario, en correspondencia a los puentes que protegen. Estos azudes, proyectados a 145 y 27 m aguas abajo de los puentes Carretero y Ferroviario respectivamente, tienen como función principal la de restituir localmente la cota de fondo del lecho en las proximidades de las pilas de los puentes protegiéndolas del descenso del río, y asegurando por lo tanto la estabilidad estructural de los puentes.

Dada la cercanía presente entre las pilas de los puentes y los mismos azudes, principalmente en el caso del Azud del Puente Ferroviario, se genera un complejo mecanismo de interacción hidromorfológica Pila-Azud, de difícil cuantificación por métodos convencionales. Por esta razón se planteó la necesidad de desarrollar dos modelos físicos a fondo móvil que permitan cuantificar la interacción entre las estructuras además de posibilitar el estudio y análisis del diseño óptimo de la estructura, tendiente a verificar su correcto desempeño hidráulico para diferentes escenarios hidrológicos.

Objetivos

Los objetivos planteados sobre los estudios de los modelos físicos a fondo móvil de los azudes de la ciudad de Río Cuarto son:

- Cuantificación de la interacción hidromorfológica Pila-Azud para distintos escenarios hidrológicos y de sedimentación aguas arriba de cada azud;
- Verificación del comportamiento de las protecciones proyectadas aguas abajo tanto a la salida del azud, como en ambas márgenes por el ingreso de caudales

de las planicies;

- Medición de las erosiones inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del azud, en las pilas de los puentes y en el terreno próximo a ambas estructuras;
- Determinación de las presiones hidrodinámicas totales actuantes sobre las estructuras para diferentes escenarios hidrológicos;
- Determinación de la curva Altura – Descarga (H-Q) en ambas estructuras;
- Verificación del comportamiento hidrodinámico del cuenco disipador y su resalto hidráulico para distintos escenarios hidrológicos;
- Análisis y cuantificación de diversas modificaciones al proyecto original, tendiente al funcionamiento óptimo de las estructuras;

La ejecución, ensayo y análisis de los resultados obtenidos fue desarrollado por el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Córdoba.

Metodología

Dada las grandes superficies de inundación involucradas para los escenarios de mayores caudales, y considerando las instalaciones disponibles en el laboratorio, conjuntamente con los requerimientos de semejanza recomendados por la bibliografía especializada, se construyeron cuatro modelos físicos, dos para cada azud, en escalas E_L 1:30 y 1:60, siendo estos, bidimensional fondo fijo y tridimensional a fondo móvil respectivamente.

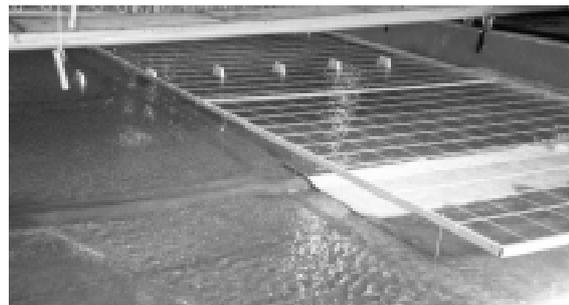


Foto 2.- Modelo físico tridimensional a fondo móvil del Azud Puente Carretero.

Previamente se desarrollaron diversos modelos matemáticos uni y bidimensionales con la finalidad de calibrar diversos parámetros y características hidráulicas de los modelos físicos, entre ellos podemos nombrar:

- Modelo unidimensional de flujo (HEC-RAS 3.1);
- Modelo bidimensional de flujo (RMA-2);
- Modelo unidimensional de erosión generalizada (HEC-6).

En el caso de los modelos físicos tridimensionales estos se han realizado respetando la semejanza geométrica a escala de longitudes E_L 1:60, y sin distorsión geométrica. Los mismos representan adecuadamente la planicie de inundación o cauce mayor del tramo fluvial en estudio, y dos tramos aguas arriba y debajo de la obra proyectada,

de manera de permitir una adecuada representación de las condiciones de contorno para la gama de caudales a ensayar.

El modelo físico del Azud del Puente Ferroviario representa un tramo de río de 582 m de longitud y 544 m de ancho, incluyendo al Puente Ferroviario, el Azud, protecciones y todas sus estructuras auxiliares.

En el caso del modelo físico del Azud del Puente Carretero, este representa un tramo de río de 582 m de longitud y 417 m de ancho, incluyendo al Puente Carretero, el Azud, protecciones y todas sus estructuras auxiliares.

Los modelos físicos ensayados, representan la realidad en sus características hidráulicas, las fronteras del modelo hidráulico en cada una de sus partes, así como el patrón de flujo conformado por líneas de corrientes, responde a la similitud geométrica con el prototipo. La semejanza de los campos de velocidad y aceleraciones conducen a satisfacer la semejanza del campo de fuerzas, de inercia y de gravedad.

Según estas consideraciones, para el desarrollo de los modelos físicos tridimensionales se ha seleccionado la ley de semejanza de Froude que satisface las características principales del modelo, respetando la condición de similitud dinámica para el caso de flujo en modelo y prototipo exclusivamente gobernado por la gravedad.

Resultados

Se han realizado 22 ensayos en ambos modelos físicos, considerando diversos escenarios de caudales, de condiciones de sedimentación aguas arriba del azud y protecciones proyectadas contra las erosiones. A estos ensayos se suman todos aquellos realizados para la calibración y verificación del correcto funcionamiento del azud y sus estructuras accesorias.

Cabe destacar que la duración de los ensayos fue establecida igual al tiempo requerido hasta lograr la estabilización de la erosión en las pilas de los puentes correspondientes.

En las figuras siguiente se presentan los resultados obtenidos en la evolución de la erosión relevadas en las pilas del Puente Carretero, presiones hidrodinámicas sobre la estructura y erosión frente al azud, todos para un caudal de 700 m³/s, con la condición de sedimentación aguas arriba del azud.

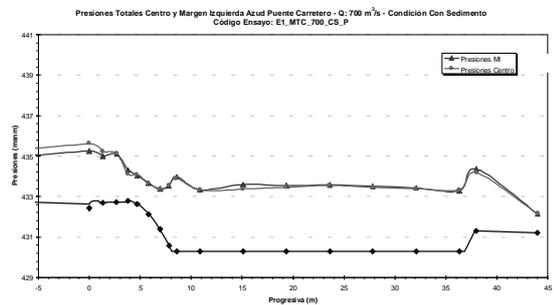


Figura 2.- Presiones totales sobre la estructura del Azud del Puente Carretero.

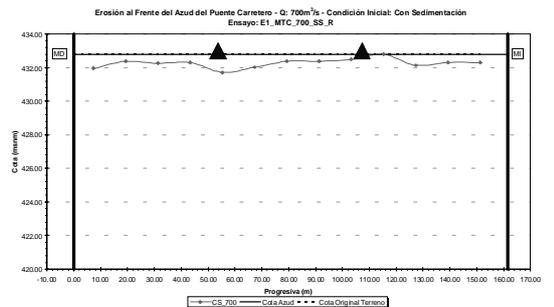


Figura 3.- Erosión final frente del Azud del Puente Carretero.

Conclusiones

- Se observa para los escenarios ensayados que aguas arriba del azud se produce un recrecimiento general del cauce en la zona de influencia de la obra;
- En todos los escenarios modelados se observa una mayor erosión en las pilas ubicadas en el cauce sobre la margen derecha, siendo la profundidad de erosión de las pilas sensible a su comportamiento hidrodinámico, y poco sensible al estado inicial de sedimentación del terreno por efecto del azud, para estos ensayos de larga duración;
- El resalto hidráulico permaneció ahogado para los caudales ensayados;
- El comportamiento de la protección transversal proyectada aguas abajo a la salida del cuenco dissipador es aceptable, permaneciendo estable y acompañando las deformaciones del fondo en los escenarios ensayados;
- Las erosiones medidas deben considerarse como máximas posibles o envolventes superior ya que corresponden a ensayos con agua clara, caudales constantes y tiempos de ensayos suficientes hasta la estabilización de la erosión. En caso de crecidas con transporte de sólidos y menor duración las erosiones serán menores.

Referencias Bibliográficas

U.N.C. (2003) “Modelación Física Tridimensional a Fondo Móvil de los Azudes de la Ciudad de Río IV”. Laboratorio de Hidráulica. Universidad Nacional de Córdoba.

Vide, J. P. (2002): *Ingeniería de Ríos*, UPC, 331 pgs.

Aguirre Pe, J. (1980): *Hidráulica de Sedimentos*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

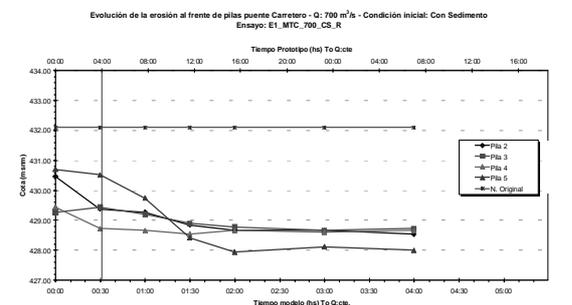


Figura 1.- Evolución de la erosión en pilas del Puente Carretero.