

ESTUDIOS, PROYECTO, EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE ESTABILIZACIÓN DE CÁRCAVAS EN CAUCES SOBRE SUELOS LOÉSICOS.

Edgar Castelló, Gustavo Vanoli, Andrés Rodríguez y Hector Daniel Farias

Laboratorio de Hidráulica, FCEfYN-UNC & Instituto de Recursos Hídricos, FCEyT-UNSE.

E-mail: castello@com.uncor.edu

Introducción

En la región Sur de la provincia de Córdoba se encuentran numerosos arroyos afectados por procesos erosivos de cárcavamiento. En particular, el arroyo El Gato (que atraviesa la Ruta Provincial N° 8 entre Río Cuarto y Sampacho) exhibe un severo proceso de incisión de su cauce como consecuencia del fenómeno de erosión en cárcava al que se encuentra sometido. El fenómeno mencionado se materializa mediante la formación de un 'escalón' en el lecho fluvial (probablemente asociado a un descenso del nivel de base en el curso inferior del arroyo) sobre el cual se desarrolla una especie de 'cascada' cuya envergadura es lógicamente proporcional a la magnitud de los procesos hidrogeomorfológicos involucrados en el arroyo. La energía del chorro líquido impulsado casi verticalmente desde el extremo de la cabecera de la cárcava hacia el lecho fluvial aguas abajo genera una fosa de socavación de magnitud considerable, la cual a su vez produce inestabilidad en los taludes constitutivos de las márgenes fluviales hasta la falla de los mismos. Todo ello se traduce en un desplazamiento de ese escalón hacia aguas arriba, con un incremento significativo de la carga sólida transportada por la corriente hacia aguas abajo, en virtud de las grandes masas de suelo removidas por la mecánica del proceso. El impacto de este proceso sobre las obras de infraestructura es altamente significativo, ya que afecta las estructuras de puentes, obras de toma y todo tipo de elemento ingenieril emplazado en el área de influencia del cauce fluvial. Asimismo, el impacto ambiental también es apreciable, fundamentalmente por las consecuencias asociadas a la incisión del cauce y el incremento del transporte de sedimentos hacia aguas abajo. En este trabajo se presentan los estudios básicos realizados para la caracterización del fenómeno y se describe la solución adoptada desde el punto de vista estructural para estabilizar el cauce. Además, se presentan los inconvenientes observados durante las etapas de construcción y operación de la obra.

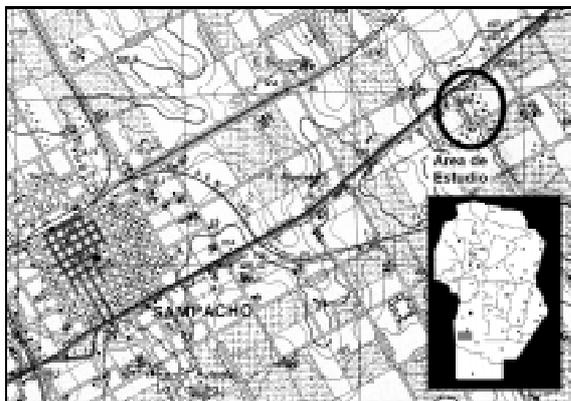


Figura 1.- Croquis de ubicación

Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

Para la selección del caudal de diseño de la obra se tuvieron en cuenta las características hidrológicas de la cuenca y la capacidad actual de conducción hidráulica del tramo aguas arriba en función de la pendiente

longitudinal media, la geometría transversal y la rugosidad del cauce menor y las márgenes vegetadas. También se consideraron otros aspectos atinentes al comportamiento morfodinámico y fluvial del tramo de arroyo afectado por el proceso erosivo, y las propiedades mecánicas y geotécnicas de los suelos presentes (de tipo loésico). El principal objetivo del análisis hidrológico e hidráulico fue el de establecer los caudales de diseño para la obra de protección. Como antecedente fundamental en este aspecto se consideró un estudio realizado recientemente mediante técnicas de simulación hidrológica con modelos matemáticos de transformación lluvia - caudal y el análisis de frecuencias presentando una serie de caudales líquidos asociados a distintos períodos de retorno. Posteriormente a la evaluación de los estudios hidrológicos disponibles, se llevó a cabo un análisis hidráulico-fluvial del segmento de cauce considerado, consistente en la simulación de los perfiles de flujo en un tramo de unos 500 metros de longitud situado inmediatamente aguas arriba de la cabecera, mediante la aplicación del paquete de software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center, EEUU). Este análisis se llevó a cabo con la finalidad de establecer los niveles característicos alcanzados por las aguas para cada escenario de caudales simulado y evaluar su consistencia con las observaciones realizadas durante las visitas de campo y observaciones directas en el sector afectado. De esta manera, se estableció la conveniencia de adoptar un caudal de diseño $Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$, compatible las obras de arte existentes aguas arriba de la cárcava, con la importancia de la obra a realizar y las vías de comunicación a proteger.



Figura 2.- Vista de la cárcava previa a la obra (Febrero de 2001)

Obra Proyectada

La obra proyectada consta de un dique de gaviones para salvar el desnivel ocasionado por el proceso de cárcavamiento, conformado en su cuerpo principal por una serie de traviesas vertedoras escalonadas longitudinalmente. El ancho de las traviesas y de la obra resultó levemente inferior al ancho del cauce debido a las dimensiones de los muros laterales. Aguas arriba del dique propiamente dicho, se prevé una dársena de aducción de planta curvilínea que tiene por finalidad la de estabilizar el escurrimiento y guiar los filetes líquidos de forma paralela entre sí y perpendiculares al alineamiento

planimétrico del vertedero. Aguas abajo del tramo escalonado fue diseñado un cuenco amortiguador, cuya finalidad es la de disipar la energía de la corriente para restituir el flujo al cauce del arroyo con velocidades no erosivas.

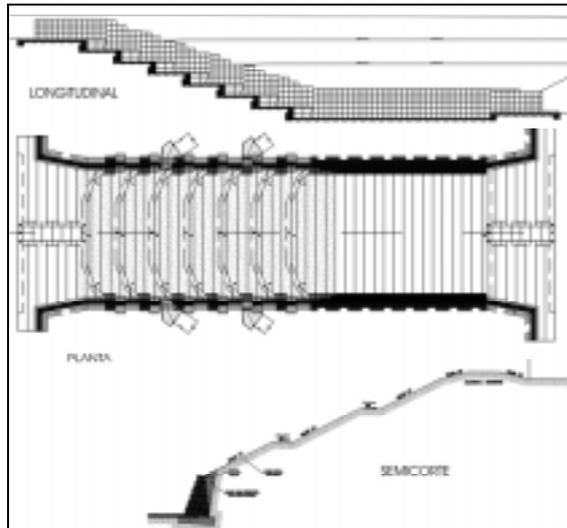


Figura 3.- Esquema de obra de control proyectada

Obra Ejecutada

Tras algunas diferencias entre los estudios básicos para el proyecto respecto de la etapa de construcción de la obra, fundamentalmente topográficos, fueron adoptadas importantes reformas en la obra de ingreso o aducción la zona de vertederos. El resto de la obra no sufrió modificaciones sustanciales manteniéndose la concepción del proyecto original. Respecto del avance de obra durante las etapas constructivas surgieron inconvenientes con el desvío de los excedentes hídricos conducidos por el arroyo.



Figura 4.- Obra concluida

Operación y Mantenimiento

Posterior a la finalización de la obra, con la primer creciente de magnitud en el arroyo, sufrió algunas fallas que si bien no fueron de importancia podrían poner en riesgo de colapso total de la obra. Estas fallas fueron originadas debido a las modificaciones del proyecto original mencionadas y algunos aspectos del proceso constructivo, principalmente de la obra de desvío.



Figura 5.- Obra en funcionamiento

Conclusiones

Los procesos de erosión en cárcava que pueden afectar cursos fluviales en ambientes pedemontanos o de planicies son fenómenos de una gran complejidad física. Aún no se dispone de herramientas en el campo de la hidráulica fluvial que resulten adecuadas como para lograr una descripción y caracterización general de los mecanismos involucrados en la génesis y evolución de este tipo de procesos erosivos. En este trabajo se ha presentado un caso particular en el que fue necesario resolver un problema específico recurriendo a herramientas clásicas en la aplicación de medidas estructurales para control y protección de infraestructura potencialmente afectada por el fenómeno. En ese sentido, se han presentado los aspectos metodológicos llevados a cabo para obtener parámetros de diseño de una obra de diques flexibles escalonados, considerada como la estructura adecuada para el fin perseguido. También se destaca el seguimiento realizado a la obra durante la etapa de construcción y su corto periodo de funcionamiento, quedando de manifiesto la importancia de realizar estas tareas de control durante los primeros periodos de funcionamiento con el fin de detectar las posibles fallas para su inmediata reparación. Esto permite la reducción de los costos totales de la solución adoptada. Resulta necesario continuar con estudios e investigaciones tendientes a lograr un mejor entendimiento del fenómeno de erosión en cárcava, a la vez de reunir mayores estudios con una serie de diseños alternativos que permitan evaluar los resultados obtenidos con la construcción de obras de control, avanzando en la optimización de las tipologías geométricas y constructivas adecuadas para este tipo de obras.

Referencias Bibliográficas

- Fariás H.D., Rodríguez A., Castelló E. y Vanoli G.** (2002): *Estabilización de Cárcavas en Cauces sobre Suelos Loésicos. Estudios Morfológicos, Hidráulicos y Solución Ingenieril.* XIX Congreso Nacional del Agua. Villa Carlos Paz. Argentina.
- Fariás, H. D.** (1998): *Algunos Aspectos Hidráulicos y Morfológicos del Proceso de Erosión en Cárcava en Cauces y Planicies.* XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Oaxaca, México.
- Stein, O. R., Julien, P. Y. & Alonso, C. V.** (1997): *Headward Advancement of Incised Channels, Managment. of Landscapes Disturbed by Channel Incision,* Ed. by S. Wang et al, Oxford, MS, USA, pp. 497-502.