

INCIDENCIA DE LA CONFIGURACIÓN DE MUROS GUÍA EN LA REDUCCIÓN DE EROSIÓN LOCAL JUNTO A ESTRIBOS DE PUENTES

Cepeda Franco; Spais Agustina

Laboratorio Hidráulica, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral

Área: Ingeniería; Subárea: Recursos hídricos.

Grupo: X

INTRODUCCIÓN

Los mayores daños en las estructuras de puentes ocurren en temporada de crecida de los ríos debido al desarrollo de erosiones junto a sus fundaciones (pilas y estribos). Estos procesos son el producto de la contracción de las líneas de corriente en la sección del puente, dando como resultado un incremento de velocidades y tensiones de corte sobre el lecho en las proximidades de estas estructuras. Entre estos procesos se ha reconocido a las erosiones junto a los estribos del puente como uno de los más severos y complejos.

Existen distintas formas de contrarrestar los procesos erosivos generados por estribos de puentes. La más habitual es la de protección del lecho tapizando el mismo con una cubierta que sea capaz de resistir los esfuerzos que el flujo transmite. Una alternativa a este enfoque es considerar dispositivos cuyos diseños, tanto en geometría como disposición, promuevan una modificación de la configuración del flujo que actúa en las inmediaciones del estribo, atenuando su capacidad erosiva. Ejemplo de este tipo son las pilas de sacrificio, muros guías, vanos sumergidos, etc.

En el presente trabajo se muestran los resultados alcanzados en una secuencia experimental en la que se evaluó la respuesta del lecho en las inmediaciones de un estribo de puente, cuando se coloca un muro de encauzamiento del flujo aguas arriba del mismo.

OBJETIVOS

Evaluar, en forma experimental, la respuesta erosiva del flujo en las inmediaciones de un estribo de puente de forma prismática cuando se construye como medida de protección un muro que interfiere en la configuración del flujo de aproximación al mismo. En particular se pretende analizar el efecto que tienen sobre las erosiones resultantes, tanto la longitud como la permeabilidad del muro que se considere, en este caso construido siguiendo una trayectoria definida sobre un cuarto de elipse.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en un canal de sección rectangular de 60 m de largo, 1.48 m de ancho y 1.00 m de profundidad, perteneciente al Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. El canal posee un lecho erosionable de 20 m de longitud y 0.40 m de espesor, constituido de arena uniforme con un diámetro medio de 0.001 m y desvío estándar de 1.25. A los 12 m de iniciado el tramo con fondo móvil, se encuentra representado un estribo prismático de longitud intermedia (Melville & Coleman, 2000), con paredes verticales, de vidrio, de 0.3 m de longitud y 0.12 m de espesor (Fig. 1a).

La secuencia experimental contempló la concreción de un ensayo de referencia (estribo sin protección), y dos series de experimentos en las cuales se incorporó un muro de encauzamiento conformado por pilotes de 0.02 m de diámetro, dispuestos sobre una trayectoria que define un cuarto de elipse (Fig. 1b).

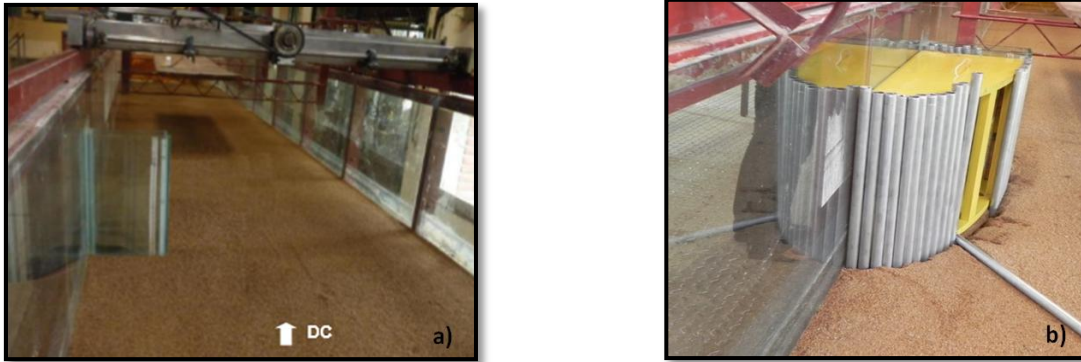


Figura 1: Dispositivos experimentales. a) Vista canal de ensayo y estribo utilizado. b) Construcción muro de encauzamiento.

El ensayo de referencia tuvo por finalidad disponer de un ensayo patrón, cuyos resultados permitan comparar en los distintos ensayos el volumen, erosión máxima y posición de la hoya correspondientes. En la Serie 1 se construyó el muro considerando un 10 % de transparencia (T), definiendo a la transparencia como la relación entre espacios vacíos y longitud total del muro. Se consideraron tres longitudes (L) diferentes: 76 cm (37 pilotes; ensayo E1.1), 38 cm (19 pilotes; ensayo E2.1) y 20 cm (10 pilotes E3.1) (Fig. 2a). Para la Serie 2, se trabajó con las mismas longitudes de muro pero contemplando en este caso una transparencia del 50% (ensayos E1.2, E2.2, E3.2, respectivamente) (Fig. 2b).

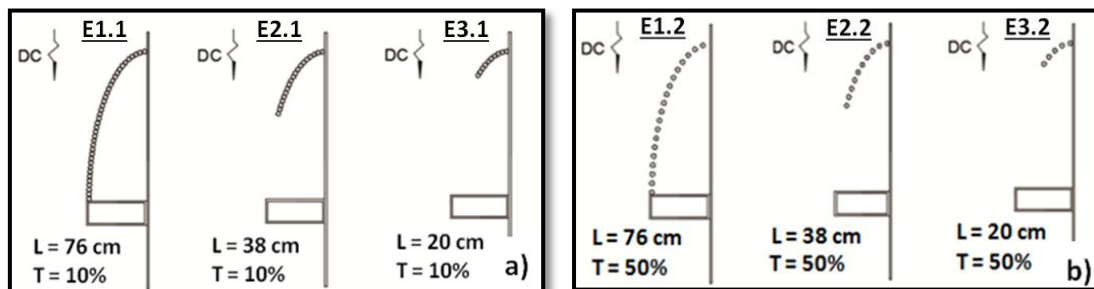


Figura 2: Configuraciones ensayadas del muro guía. a): Serie 1. b): Serie 2.

Todos los ensayos tuvieron una duración de 72 horas, un caudal constante de 83.3 l/s y un tirante en el flujo de aproximación de 19.10 cm. La relación entre la velocidad de corte del escurrimiento (u_*) y la velocidad de corte crítica del material que compone el lecho (u_{*cr}), fue menor que uno, por lo que los procesos de erosión local por estribo se dieron en condiciones de agua clara. Antes de comenzar cada ensayo, se debió alisar el lecho del canal, buscando reproducir las mismas condiciones iniciales. Finalizado cada ensayo, se drenó el canal, se efectuó un registro fotográfico y un relevamiento de detalle del lecho resultante, con un distanciómetro láser.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se resumen los principales resultados alcanzados en la etapa experimental realizada. Para ello se presentan las figuras 3 y 4. En la figura 3 se representa la reducción de la erosión, respecto de la encontrada en el ensayo de referencia y en la figura 4 la reducción del volumen de la hoya de erosión. Para evaluar ambos valores se consideró:

$$\%Reducción\ erosión = \frac{(y_{eREF} - y_e)}{y_{eREF}} * 100 \quad (1)$$

$$\%Reducción\ volumen = \frac{(Vol_{Ref} - Vol)}{Vol_{Ref}} * 100 \quad (2)$$

Donde: y_{eRef} : máxima erosión del ensayo de referencia, y_e es la máxima erosión en cada ensayo, Vol_{Ref} es el volumen del ensayo de referencia y Vol es el volumen erosionado correspondiente. En ambas figuras en el eje de abscisas se consignaron las longitudes de muro correspondientes.

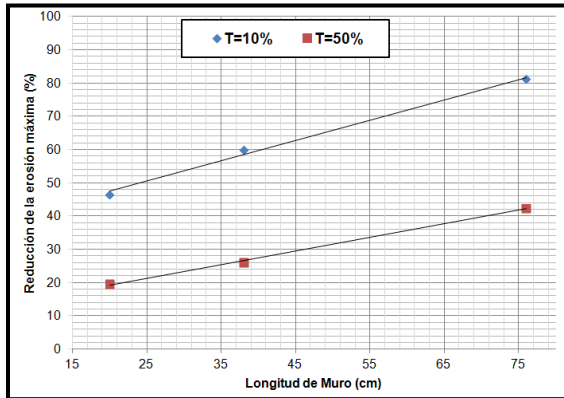


Figura 3: Relación entre reducción de erosión máxima y longitud de muro de encauzamiento.

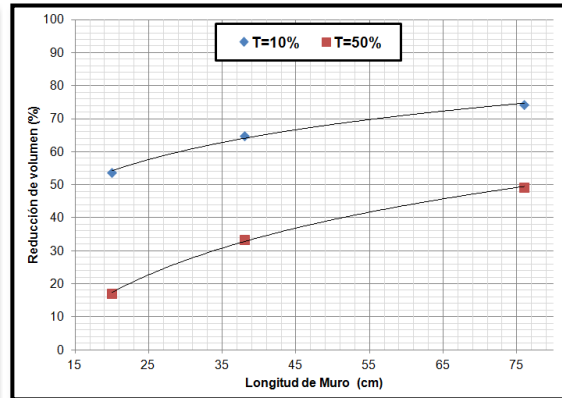


Figura 4: Relación entre reducción de volumen erosionado y longitud de muro de encauzamiento.

En la Figura 3 se puede apreciar que conforme se incrementa la longitud del muro, mayor es la reducción de la erosión máxima en relación al ensayo de referencia. Para la Serie 1, la reducción máxima de la erosión fue del 81%, correspondiendo la misma al muro de mayor longitud: 76 cm. Para la Serie 2, esta reducción fue del 42%, también para el caso del muro de mayor desarrollo longitudinal. Además, puede observarse que la reducción de la erosión para una longitud de muro de 20 cm, con transparencia del 10% es aproximadamente igual a la producida por una longitud de 76 cm, con transparencia del 50%. Es decir dos configuraciones diferentes de muro de encauzamiento pueden desencadenar efectos erosivos semejantes.

En vista a lo anterior, como era de esperarse, al incrementarse la longitud de muro se produce una mayor reducción del volumen de sedimentos erosionado (Fig. 4). Para la Serie 1, la mayor reducción del volumen fue del 74%, con una longitud de muro de 76 cm, mientras que para la Serie 2, el muro de mayor longitud redujo el volumen de sedimentos removidos en un 49%.

Otro aspecto observado fue el desplazamiento de la localización de las máximas profundidades de erosión respecto a la que se dio en la situación de referencia. Los resultados obtenidos en la Serie 1 demuestran que conforme se incrementa la longitud del muro, las máximas profundidades de erosión se desplazan hacia aguas abajo, generando un alargamiento en la geometría del sector erosionado. Este incremento en longitud está acompañado por un paulatino decrecimiento en el ancho de la hoya socavada tomando una forma característica tipo surco (Fig. 5). Respecto a la Serie 2 se observó que las máximas profundidades se desarrollaron, para todos los casos ensayados, junto al estribo, sobre la cara de aguas arriba. La forma de la hoya se vio poco afectada por las distintas configuraciones del muro, conservando siempre su forma cónica (Fig. 5).

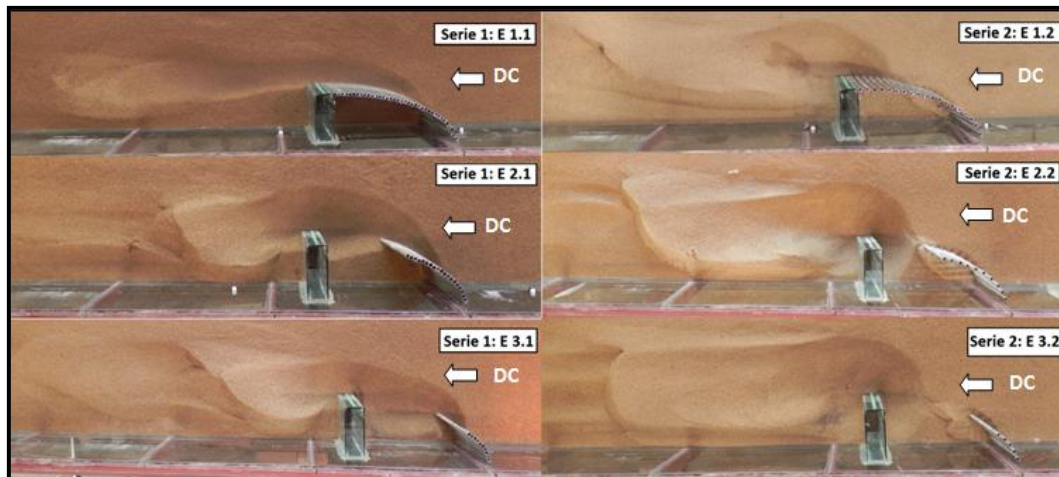


Figura 5: Configuraciones de lechos resultantes en los diferentes ensayos.

CONCLUSIONES

Durante el proyecto se analizaron distintas disposiciones del muro guía, considerando 2 grados de transparencia y 3 longitudes diferentes para el mismo. Se observó una disminución en los valores de erosión alcanzados, en la medida que se incrementa la longitud de la protección y se reduce la transparencia. La disminución de la erosión máxima respecto al ensayo de referencia fue del 81%, situación correspondiente al ensayo E1.1 (L=76 cm y T=10%). Para la misma geometría de muro, el volumen removido por la hoya descendió en un 74%. Se obtuvieron reducciones de la erosión máxima aproximadamente similares en los ensayos E3.1 y E1.2, lo que significa que, para configuraciones distintas del muro, pueden obtenerse resultados similares desde el punto de vista de las erosiones finales. La definición de la estructura de protección a construir en estos casos impone la necesidad de un análisis de costos intervinientes.

Las características del muro de protección a emplear tienen sus consecuencias también sobre la distribución en planta de la erosión local. En la Serie 1, el sector del lecho afectado por las erosiones conformó una especie de surco cuyo ancho resultó decreciente en la medida que la longitud del muro aumentó. Como consecuencia, las máximas profundidades de erosión tuvieron lugar en distintas posiciones, observándose que conforme decrecía la longitud del muro, la socavación máxima tendía a concentrarse en las cercanías del estribo. Por el contrario, los resultados correspondientes a la Serie 2 demuestran que la distribución en planta de la erosión local resulta semejante a la que se desarrolla en torno a un estribo de puente sin protección, concentrando las máximas profundidades junto a la cara de aguas arriba del mismo. Este comportamiento se asocia con el menor grado de alteración a los mecanismos determinantes de las erosiones locales junto al estribo que introduce la protección con un mayor nivel de transparencia.

La concreción de ambas series permitió demostrar cómo se alcanzan condiciones hidráulicas más favorables en proximidades de un estribo, al incrementar la longitud de la protección y disminuir su permeabilidad, para la geometría utilizada. Se plantea como continuación de estos estudios, el análisis de nuevas disposiciones de pilotes, siguiendo geometrías diferentes, observando en cada caso su incidencia en el flujo y su relación con el fenómeno de erosión local.

BIBLIOGRAFIA

Melville, B. W., & Coleman, S. E. (2000). *"Bridge Scour"*. Water Resources Publications, LLC.