

COMPARACIÓN DE DOS TIPOS DE ESTRUCTURAS PARA PREVENIR EROSIÓN DE MÁRGENES EN CURSOS DE GRAVA EN CLIMAS FRÍOS

Horacio Toniolo¹, Paul Duvoy², Alex Lai³

^{1,2} Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental -- Universidad de Alaska Fairbanks, Alaska, USA

³ Alyeska, Fairbanks, Alaska, USA

E-mail: hatoniolo@alaska.edu

Introducción

La erosión de márgenes a lo largo de curvas de ríos es un proceso natural. Como resultado de la erosión de margen, los cursos de aguas tienden a desplazarse lateralmente. Este desplazamiento puede imponer serios riesgos a la infraestructura localizada en las cercanías del curso de agua. Para prevenir daños o la destrucción de obras civiles y/o viales, investigadores e ingenieros han desarrollado varios tipos de estrategias para evitar la erosión de margen o para realinear el curso de agua, alejándolo de la margen. Algunos diseños consideran estructuras orientadas hacia aguas arriba (i.e., tipo vertedero semi-sumergido), otros diseños consideran estructuras orientadas hacia aguas abajo (i.e. tipo espigón).

Este trabajo presenta una evaluación de la performance de dos tipos de estructuras para prevenir erosión de márgenes en ríos de grava situados en regiones frías, como es el caso de ríos localizados en Alaska, USA. Específicamente, el estudio se enfoca en dos tipos de protecciones que son diametralmente opuestas. Por ejemplo, protecciones de márgenes orientadas hacia aguas arriba y hacia aguas abajo.

Sitios de estudio

El estudio se llevo a cabo en dos cursos de agua: el arroyo Hess y el río Sagavanirktok, también conocido como río Sag. Ambos cursos se localizan en el interior y en el norte de Alaska, USA respectivamente.

Arroyo Hess: El tramo bajo estudio se encuentra localizado a 120 km al norte de la ciudad de Fairbanks, y a 50 km al sur del río Yukon. El mayor oleoducto de Alaska ("Trans-Alaska pipeline") cruza el arroyo a través de un puente metálico de 60 m de largo. La erosión de margen modifico el patrón del flujo de agua, creando un meandro aguas arriba del puente, originado una situación de riesgo para el oleoducto. Para prevenir adicional erosión sobre la margen, diez espigones direccionales fueron instalados a largo de 900 m del meandro. Los espigones manipulan la dirección del flujo, moviendo el arroyo hacia la zona de aguas poco profundas, antes de entrar a la zona del puente. Los espigones están orientados hacia aguas abajo. Una vista aérea de la zona es presentada en la Figura 1.

Río Sag: El tramo estudiado se encuentra en las proximidades de la ciudad petrolera de Deadhorse, en las cercanías del océano Ártico. En esta área, el río se desplazo peligrosamente hacia la margen izquierda, poniendo en peligro la estabilidad de la única ruta de acceso a Deadhorse. Para prevenir daños sobre la ruta, ocho estructuras tipo vertedero semi-sumergido fueron instaladas en el tramo del río. Estas protecciones están orientadas hacia aguas arriba, con un ángulo de 70° con respecto a la margen del río. La separación entre estructuras es el doble de la longitud de cada una de ellas. Una vista aérea de la zona protegida es presentada en la Figura 2.



Figura 1.- Arroyo Hess durante estiaje. La dirección de flujo es desde abajo hacia arriba. El oleoducto cruza al arroyo en la parte central de la fotografía.



Figura 2.- Río Sag, durante una condición de bajo caudal. La dirección del flujo es desde abajo hacia arriba. La ruta de acceso a Deadhorse se encuentra próxima al río. Polígonos naturales debido al deterioro de los suelos permanentemente congelados son visibles en la zona izquierda de la fotografía.

Métodos

El estudio involucró tareas de trabajo de campo, modelación numérica y análisis de los parámetros básicos de turbulencia. Las tareas de campo fueron realizadas durante 2009; la modelación numérica y análisis fueron finalizados en 2010.

Los trabajos de campo consistieron en relevamientos batimétricos y mediciones de velocidades usando un sensor acústico doppler (o ADCP). El instrumento fue sincronizado con un sistema de posicionamiento global (o GPS) que contaba con corrección a tiempo real (RTK).

La modelación numérica se realizó utilizando un modelo hidrodinámico bidimensional, el CCHE-2D. Este modelo fue desarrollado por investigadores de la Universidad de Mississippi.

La caracterización de los parámetros turbulentos consistió en el cálculo de las tensiones de Reynolds.

Resultados

Los relevamientos batimétricos indican la presencia de importantes hoyos de erosión al final de cada uno de los elementos en ambas configuraciones (i.e., orientadas hacia aguas arriba y hacia aguas abajo). La magnitud de la erosión es menor en el Arroyo Hess (espigones—aguas abajo), mientras que la erosión registrada al final de algunos de los vertederos semi-sumergidos en el río Sag (vertederos semi-sumergidos – aguas arriba) alcanza profundidades de hasta 5 m.

El análisis de los perfiles de velocidad y los parámetros de turbulencia indica que la turbulencia es relativamente alta en la zona de aguas arriba (primer estructura) en el río Sag y que generalmente decrece hacia aguas abajo.

Un análisis similar en el arroyo Hess indica que no hay un patrón definido en términos de turbulencia. Sin embargo, el gráfico de velocidades adimensionales (V/V_{max}) vs posición relativa (y/h) indica que los perfiles de velocidad son similares a lo largo del área de estudio. Así, se puede argumentar que el tramo de río se encontraba en equilibrio cuando los perfiles de velocidad fueron medidos.

Los resultados de la modelación hidrodinámica indican que el río Sag habría alcanzado una condición de equilibrio, en términos de tensiones de corte de fondo. Mientras que esta condición de equilibrio no habría sido alcanzada en el arroyo Hess. Así, adicional erosión debería esperarse en esa área.

Conclusiones

La compilación de los resultados de las tareas de campo, como también del análisis hidráulico de ambos tipos de estructuras de protección de márgenes indica que, en general, ambas estructuras están cumpliendo con el objetivo de mover la corriente principal fuera de la zona de la margen.

Desde un punto de vista integral, los resultados indican que las estructuras orientadas hacia aguas arriba producen mayores erosiones de lecho localizadas en el extremo de las mismas. Estos hoyos de erosión juegan un papel fundamental en la supervivencia de los peces durante los crudos meses de invierno, ya que estos pozos en el lecho del río mantienen el agua en estado líquido, ofreciendo así, un medio apto para los peces.

Agradecimientos:

Esta investigación fue posible gracias al apoyo económico recibido a través del Centro de Transporte de la Universidad de Alaska Fairbanks, el Departamento de Transporte de Alaska y Alyeska como parte del proyecto N° 309009.