

# INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA SEDIMENTACION EN CANALES DE NAVEGACION

Leandro D. Kazimierski, Mariano Re y Ángel N. Menéndez

Laboratorio de Hidráulica, Instituto Nacional del Agua (INA) – Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires (FIUBA)

E-mail: leandrokaz@gmail.com - Web: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lmm/> <http://www.ina.gov.ar/>

## Introducción

La ruta de navegación troncal ‘Santa Fe al Océano’, en el río Paraná, es naturalmente navegable en la mayor parte de su recorrido. Los problemas de falta de dimensiones del canal navegable se producen en zonas muy localizadas que constituyen los denominados pasos críticos, lugares en donde la deposición del sedimento transportado por la corriente obliga a periódicas y sistemáticas operaciones de dragado de mantenimiento.

Como herramienta para la gestión de la ruta de navegación, las estimaciones de volúmenes de dragado de mantenimiento en los pasos críticos son necesarias, entre otras, para: i) evaluar alternativas de alineación de los canales a ser construidos, ii) diseñar las operaciones de dragado con el objetivo de optimizarlas, y iii) predecir los dragados de mantenimiento futuros para proyectos de profundización.

En el contexto del Cambio Climático, resulta necesario evaluar el impacto que podría tener sobre la ruta de navegación la modificación de alguna de los forzantes del sistema de acuerdo a distintas proyecciones de escenarios plausibles.

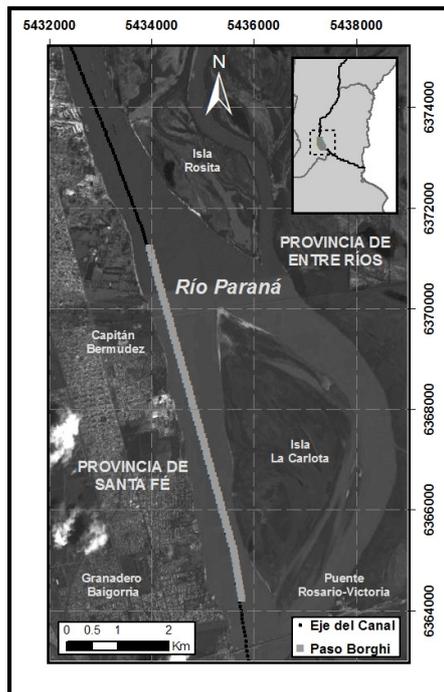


Figura 1.- Ubicación de Paso Borghi.

En este trabajo se aplica una metodología basada en la modelación matemática para evaluar impactos en términos de volúmenes de dragado de mantenimiento para distintos escenarios de cambio en los caudales del río Paraná. El tramo estudiado corresponde al Paso Borghi, un paso crítico relevante del Paraná Inferior, donde el mantenimiento del canal de navegación es de vital importancia para la actividad económica de la región.

## Información de Base

Se contó con la información de relevamientos batimétricos y volúmenes de dragado en Paso Borghi para el período 11/Mar/2008 – 11/Mar/2009 provisto por el Órgano de Control de Concesiones de Redragado y Señalización perteneciente a la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables (SSPyVN).

Los dragados de mantenimiento de la ruta de navegación en el Paso Borghi durante la temporada 2008-2009 se realizaron entre las progresivas 431.3 y 438.5. Analizando las ubicaciones de los mismos se destacan dos sectores donde el mantenimiento se realiza con mayor frecuencia (Figura 2): *Paso Borghi Inferior* (km 431.3 – km 433.9) y *Paso Borghi Superior* (km 436.8 – km 438.5).

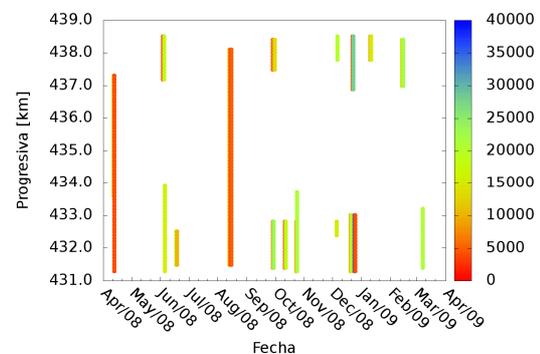


Figura 2.- Fecha, volumen y tramo donde se realizaron las operaciones de dragado de mantenimiento durante la temporada 2008-2009 en Paso Borghi.

Aceptando que el volumen dragado en el paso crítico equivale al volumen sedimentado, y con el objetivo de obtener tasas de sedimentación representativas del tramo para la temporada 2008-2009 para calibrar la modelación, se calcularon los volúmenes de dragado de acuerdo a la pertenencia a uno de estos dos tramos. Con este resultado, se obtuvo la tasa de sedimentación media diaria por unidad de ancho, tanto para Paso Borghi Inferior como para Paso Borghi Superior.

## Modelación Matemática

La metodología desarrollada en este trabajo se basa en la implementación de un modelo hidrodinámico regional, implementado con el software HIDROBID II (Menéndez, 1990) (desde el Km 452 de la ruta de navegación hasta la Conexión Vial Rosario-Victoria, Km. 430), con el objetivo de generar las condiciones de borde para el modelo de sedimentación en el canal de navegación.

Las tasas de sedimentación en el canal de navegación se calculan con el software AGRADA (Menéndez, 1994), que simula numéricamente los procesos de sedimentación en canales de navegación de acuerdo al accionar de las corrientes, incluyendo tanto el transporte de sedimentos de fondo como en suspensión, y que está basado en un modelo hidrodinámico paramétrico y un modelo de transporte por advección y difusión turbulenta bidimensionales en corte (2D-V).

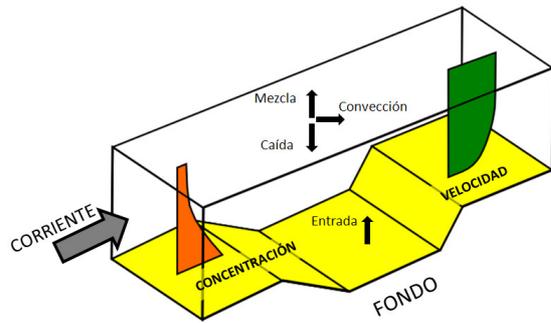


Figura 3.- Esquema de modelación. Software AGRADA.

### Implementación de los Modelos

A partir de la información obtenida durante la campaña de observaciones en la zona de estudio (Campaña UNIBO-FICH, Julio/Agosto 2009) se pudo construir un modelo digital del terreno para el modelo 2D-H, siendo posteriormente calibrado y validado satisfactoriamente.

Para el modelo de sedimentación en canales, la esquematización del canal de navegación se realizó mediante una discretización cada 500 m los tramos analizados, determinando una sección representativa para cada sub-tramo a partir de la información batimétrica. El caudal específico para cada sub-tramo se obtuvo con los tubos de flujo que atraviesan al canal en cada uno de ellos (Figura 4). El tipo de sedimento considerado tiene un  $d_{50}$  de 0.250 mm.

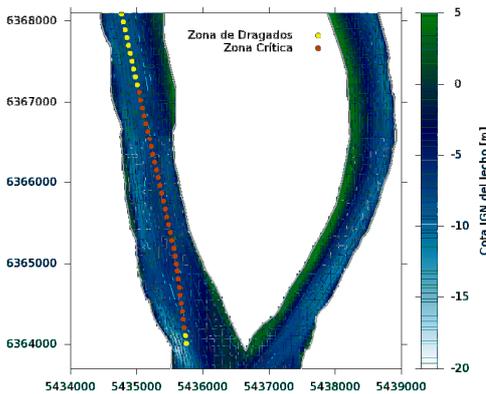


Figura 4.- Tubos de flujo cada 1000 m<sup>3</sup>/s y longitud del tramo a simular (Paso Borghi Inferior).

La calibración del modelo de sedimentación en el canal de navegación se realizó comparando las tasas de sedimentación media diaria por unidad de ancho en cada uno de los sub-tramos de 500 m (Figura 5). La incertidumbre en la correcta definición del ángulo entre el eje del canal y la dirección de las corrientes hizo que ésta variable sea la de calibración.

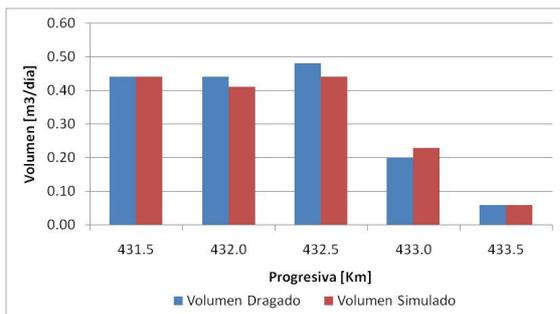


Figura 5.- Calibración del modelo de sedimentación en canales (Paso Borghi Inferior).

### Escenarios Futuros

La evaluación del impacto del Cambio Climático en términos de sedimentación en la ruta de navegación, se realizó planteando escenarios de cambio en la variable más importante del sistema que es el caudal del río.

Los escenarios planteados tienen que ver con variaciones porcentuales del caudal medio; en particular, con una reducción del 10% del caudal medio (Serie 1994 – 2008 en Paraná) se pudo observar (Figura 6) una disminución promedio del 20% en los volúmenes sedimentados en el Paso Borghi Inferior, lo cual constituye una amplificación al doble de la variación de caudal.

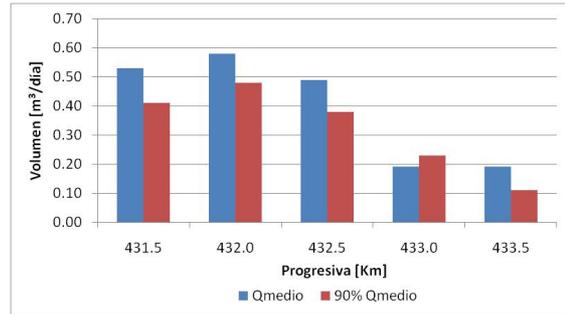


Figura 6.- Impacto en las tasas de sedimentación. Escenario de caudal bajo (90% Q<sub>medio</sub>).

### Conclusiones

La estrategia de modelación aquí presentada ha demostrado ser una herramienta eficaz para analizar la influencia que los diversos forzantes del sistema tienen sobre el proceso de sedimentación en canales de navegación, y para cuantificar su dragado de mantenimiento.

La aplicación del modelo a escenarios posibles de Cambio Climático, reflejados en la variación del caudal medio, indican una alta sensibilidad de la tasa de sedimentación, cuya variación porcentual duplica a la del caudal. Esto constituye un dato relevante a los fines de la gestión del dragado.

**Agradecimiento.** La investigación que condujo a estos resultados fue financiada por el Programa Marco N° 7 de la Comunidad Europea (FP7/2007-2013) bajo el proyecto N° 212492 (CLARIS LPB: A Europe-South America Network for Climate Change Assessment and Impact Studies in La Plata Basin). El Órgano de Control de Concesiones de Redragado y Señalización perteneciente a la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables (SSPyVN) proveyó información de volúmenes de dragado y relevamientos batimétricos, y el Departamento de Ingeniería Civil – Sección Hidráulica de la Universidad de Bolonia, Italia (DISTART-UNIBO) y el Centro Internacional de Estudios de Grandes Ríos (FICH-UNL) colaboraron con información de caudales, velocidades y batimétrica.

### Referencias

Menéndez, A.N. (1990): “Sistema HIDROBID II para simular corrientes en cuencos”, *Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería*, 6 (1).

Menéndez, A.N. (1994): “Simulación numérica de la sedimentación en canales de navegación”, *Información Tecnológica - Revista Latinoamericana*, 5 (4).