

# ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN MÁXIMA SOBRE EL RÍO CHUBUT – PROV. DE CHUBUT

González Fernando, Gioria Roberto y Ruiz Alfredo

Evarsa

H. Yrigoyen 1180, Piso 8, (C1086AAT) CA de Buenos Aires; PH (54) (11) 4382-1256

E-mail: fgonzalez@evarsa.com.ar - Web: <http://www.evarsa.com.ar>

## Introducción.

El río Chubut nace en la provincia de Río Negro, cerca del cerro de las Carreras, en las estribaciones orientales de la cordillera de los Andes, y luego de ingresar a la provincia de Chubut, cruza de oeste la misma, para desembocar en la bahía Engaño muy cerca de Rawson, la capital provincial. Su cuenca de aportes presenta una superficie de 53.234,48 km<sup>2</sup> (SSRH, 2002).

Las crecientes del río Chubut son torrenciales e irregulares y se presentan fundamentalmente en otoño e invierno. El estiaje corresponde al verano. El curso superior de este río abarca desde sus nacientes hasta su confluencia con el río Gualjaina; el curso medio está comprendido entre esta confluencia y la cola del embalse Florentino Ameghino y el curso inferior desde allí hasta su desembocadura en bahía Engaño.

Este trabajo se centra en el Curso Inferior del río Chubut, en un tramo comprendido entre el Dique Florentino Ameghino y una sección ubicada 50 km aguas abajo, centrando los cálculos en una sección ubicada a unos 16 km aguas abajo del Dique, donde se prevé la construcción de un nuevo puente, y cuyas coordenadas son: latitud: 43°37'23.25"S, longitud: 66°22'38.42"O.



Figura 1 - Ubicación área de estudio

## Objetivos

Este trabajo tiene como objetivos determinar los niveles del pelo de agua en la sección de emplazamiento del nuevo puente para caudales de 200 m<sup>3</sup>/s y 300 m<sup>3</sup>/s y estimar la socavación máxima en esa sección y para los mismos caudales.

## Materiales y Métodos

Se realizó un relevamiento de la información hidrométrica, topográfica y geotécnica disponible, además de los datos geométricos del puente. En este sentido se obtuvieron perfiles transversales del Río Chubut correspondientes a estudios anteriores, como así también un estudio de suelos del área, el cual se utilizó para la estimación de la

socavación

Además se llevaron a cabo tareas de campo con el fin de complementar la información disponible. Se realizaron 3 perfiles topobatimétricos en la traza del puente, e inmediatamente aguas arriba y abajo, y 4 perfiles topobatimétricos de cauce y valle, 2 entre Dique Florentino Ameghino y la traza del puente y 2 aguas abajo del puente.

Se utilizó como herramienta de cálculo de niveles y de socavación un modelo hidrodinámico, implementándose para ello el HEC-RAS.

El sistema unidimensional HEC-RAS contiene cuatro componentes de análisis: (1) Cálculo de la superficie de agua para flujo estacionario gradualmente variado, (2) Simulación de flujo no estacionario, (3) Transporte de sedimentos y (4) Análisis de calidad del agua. Los cuatro componentes utilizan los mismos datos geométricos y las mismas rutinas de cálculo geométrico e hidráulico. Además de estos componentes de análisis, el sistema contiene varias características de diseño hidráulico que se pueden invocar una vez que los perfiles de la superficie del pelo de agua se calculan, entre los cuales se encuentra el módulo de Estimación de la Erosión en Puente. Este módulo se basa en los lineamientos establecidos en la circular HEC N°18 de la FHWA (Federal Highway Administration) que reglamenta las condiciones que se deben cumplir para el diseño de puentes. El procedimiento de cálculo permite estimar los valores de profundidad de erosión por contracción, erosión local en pilas, erosión local en estribos y la erosión total.

## Resultados

De la explotación del modelo se obtuvieron los niveles de pelo de agua y las profundidades máximas de erosión en puente, pilas y estribos en la traza del futuro puente y como consecuencia del escurrimiento generado por un caudal constante. En este sentido se plantearon dos escenarios, con caudales de 200 m<sup>3</sup>/s y 300 m<sup>3</sup>/s (Estos valores de caudales fueron elegidos por el comitente), realizando también un análisis de sensibilidad, incrementando estos caudales un 25%. Además se tuvieron en cuenta diferentes tamaños medios del grano (d<sub>50</sub>) y se analizó su influencia en los resultados obtenidos para el cálculo de la erosión.

En relación a los niveles alcanzados por el agua para los distintos escenarios analizados, la Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1 - Cota Pelo de Agua para distintos escenarios

	ESCENARIO 1		ESCENARIO 2	
	Q 200 m <sup>3</sup> /s	Q 250 m <sup>3</sup> /s	Q 300 m <sup>3</sup> /s	Q 375 m <sup>3</sup> /s
Cota pelo de agua (mMOP)	68.41	68.74	69.02	69.41

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los dos escenarios planteados, teniendo en cuenta la suma de la erosión en pilas y la erosión por contracción, en

función de la variación del tamaño medio del grano ( $d_{50}$ ) y de utilizar para el cálculo de erosión por contracción las expresiones para lecho vivo (con transporte de sedimentos) o para agua clara (sin transporte de sedimentos). Para el cálculo de la erosión en pilas se utilizó la ecuación de la Universidad del Estado de Colorado (CSU).

Para  $d_{50}$ : 0.2mm

**Tabla 2.-** Profundidad de erosión máxima ( $Q$ : 200m<sup>3</sup>/s)

	<b>ESCENARIO 1: <math>Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}</math></b>	
	<b>Lecho Vivo</b>	<b>Agua Clara</b>
<b>Pila 1 (a: 0.8m)</b>	8.30	8.30
<b>Pila 2 (a: 0.4m)</b>	7.78	9.85
<b>Pila 3 (a: 0.4m)</b>	8.41	10.48
<b>Pila 4 (a: 0.8m)</b>	9.28	9.28

**Tabla 3.-** Profundidad de erosión máxima ( $Q$ : 300m<sup>3</sup>/s)

	<b>ESCENARIO 2: <math>Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}</math></b>	
	<b>Lecho Vivo</b>	<b>Agua Clara</b>
<b>Pila 1 (a: 0.8m)</b>	8.75	8.73 m
<b>Pila 2 (a: 0.4m)</b>	8.94	18.75 m
<b>Pila 3 (a: 0.4m)</b>	9.60	19.41 m
<b>Pila 4 (a: 0.8m)</b>	9.77	9.77 m

Para  $d_{50}$ : 0.5mm

**Tabla 4.-** Profundidad de erosión máxima ( $Q$ : 200m<sup>3</sup>/s)

	<b>ESCENARIO 1: <math>Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}</math></b>	
	<b>Lecho Vivo</b>	<b>Agua Clara</b>
<b>Pila 1 (a: 0.8m)</b>	8.30	8.30
<b>Pila 2 (a: 0.4m)</b>	7.78	11.68
<b>Pila 3 (a: 0.4m)</b>	8.41	12.30
<b>Pila 4 (a: 0.8m)</b>	9.28	9.28

**Tabla 5.-** Profundidad de erosión máxima ( $Q$ : 300m<sup>3</sup>/s)

	<b>ESCENARIO 2: <math>Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}</math></b>	
	<b>Lecho Vivo</b>	<b>Agua Clara</b>
<b>Pila 1 (a: 0.8m)</b>	8.75	8.73
<b>Pila 2 (a: 0.4m)</b>	8.87	14.75
<b>Pila 3 (a: 0.4m)</b>	9.53	15.41
<b>Pila 4 (a: 0.8m)</b>	9.77	9.77

Para  $d_{50}$ : 1.00mm

**Tabla 6.-** Profundidad de erosión máxima ( $Q$ : 200m<sup>3</sup>/s)

	<b>ESCENARIO 1: <math>Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}</math></b>	
	<b>Lecho Vivo</b>	<b>Agua Clara</b>
<b>Pila 1 (a: 0.8m)</b>	8.30	8.30
<b>Pila 2 (a: 0.4m)</b>	7.78	9.85
<b>Pila 3 (a: 0.4m)</b>	8.41	10.48
<b>Pila 4 (a: 0.8m)</b>	9.28	9.28

**Tabla 7.-** Profundidad de erosión máxima ( $Q$ : 300m<sup>3</sup>/s)

	<b>ESCENARIO 2: <math>Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}</math></b>	
	<b>Lecho Vivo</b>	<b>Agua Clara</b>
<b>Pila 1 (a: 0.8m)</b>	8.75	8.73
<b>Pila 2 (a: 0.4m)</b>	8.87	12.34
<b>Pila 3 (a: 0.4m)</b>	9.53	13.00
<b>Pila 4 (a: 0.8m)</b>	9.77	9.77

## Conclusiones

Las conclusiones se elaboraron teniendo en cuenta que el tamaño medio del grano ( $d_{50}$ ) es 0.5mm y condición de flujo en lecho vivo, ya que existe transporte de material en el tramo. Por lo tanto, como resumen de los resultados obtenidos se tiene que:

- Para los escenarios 1 y 2 ( $Q=200 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $Q=300 \text{ m}^3/\text{s}$  respectivamente) los niveles alcanzados por el agua en la sección de emplazamiento del puente, no alcanzan la cota del tablero del puente que ha sido propuesta.
- Al aumentar el caudal utilizado en el escenario 2 un 25% ( $Q=375 \text{ m}^3/\text{s}$ ) la cota del pelo de agua tampoco alcanza la cota del tablero propuesta. Sin embargo, para caudales mayores a  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  se generan desbordes sobre margen izquierda.
- Para el Escenario 1 ( $Q=200 \text{ m}^3/\text{s}$ ) la máxima profundidad de erosión por contracción es de 2.50 m.
- Para el Escenario 2 ( $Q=300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) la máxima profundidad de erosión por contracción es de 3.30 m.
- Al aumentar el caudal del Escenario 2 un 25%, la máxima profundidad de erosión por contracción es de 3.48 m. por lo tanto un aumento de caudal del 25% genera un aumento en la profundidad de erosión por contracción del 5.45%.
- En relación a la erosión en pilas, las pilas N° 1 y 4 del puente proyectado, son las que sufren mayores erosiones, siendo la profundidad máxima de erosión de 8.30 m (pila N°1) y 9.28 m (pila N°4) para el Escenario 1. Para el Escenario 2, la profundidad máxima de erosión es de 8.73 m (pila N°1) y 9.74 m (pila N°4). Al aumentar el caudal del Escenario 2 un 25%, la profundidad de erosión aumenta solamente 14 cm en la pila N°1 y 16 cm en la pila N° 4
- En cuanto a la erosión por estribos, en la margen izquierda se producen mayores erosiones, siendo la profundidad de erosión máxima de 6.13 m para el Escenario 1 y de 8.12 m para el Escenario 2. para un caudal de  $375 \text{ m}^3/\text{s}$ , la profundidad de erosión en la margen izquierda es de 9.23 m, por lo tanto un aumento del 25% de caudal utilizado en el Escenario 2 genera un aumento del 13.67 % en la profundidad de erosión.
- La erosión total se obtuvo como suma de las erosiones parciales, resultando que las máximas profundidades de erosión se dan en correspondencia con la pila N°2 del puente proyectado, referenciada desde Margen Izquierda. En estas condiciones, las profundidades de erosión totales resultantes generan un perfil erosionado que en esta zona (la más afectada) presenta una cota de fondo de 58.89 mMOP para el Escenario 1 y de 57.81 mMOP para el Escenario 2. Utilizando un caudal de  $375 \text{ m}^3/\text{s}$  la cota de fondo del perfil erosionado es de 57.61 mMOP.

NOTA: Se agradece al Dr. Claudio Iglesias, Gerente de Yacimientos de Piedra Grande S.A, por la autorización para presentar este trabajo correspondiente al Proyecto "Río Chubut – Puente en Piedra Grande. Cálculo de Niveles de Pelo de Agua y Estimación de la Socavación Máxima".