



CONTROL INTEGRAL DE LA EROSIÓN EN ZONAS DE CONOS DE DEYECCIÓN CASO DE ESTUDIO: RÍO PESCADO (SALTA)

Gabriel E. Amores¹, José D. Brea², Federico Relancio¹,
Marcos G. Pittau¹ y Alejandro R. S. Nardin¹

¹ INMAC S.A. José Ingenieros 3271. CP B1643FRQ. Beccar. Buenos Aires. Argentina

² Programa Hidráulica Fluvial - Laboratorio de Hidráulica - Instituto Nacional del Agua (INA)

E-mail: gamores@inmac.com.ar, dbrea@ina.gov.ar, federico.relancio@inmac.com.ar, mpittau@inmac.com.ar, anardin@inmac.com.ar

Web: <http://www.inmac.com.ar/>

RESUMEN

Los ríos, en el ápice de un abanico aluvial, presentan un comportamiento errático que hace dificultoso prever su evolución y así proyectar obras de control de erosión. El río Pescado, a la altura de la Ruta Nacional N°50 tiene este tipo de comportamiento que amenazó parte de la infraestructura productiva y vial de la zona. Por ello, se realizaron sucesivas etapas de proyectos de control de erosión que concluyeron en el desarrollo de un proyecto integral. Este concepto contempló la aplicación de una defensa continua longitudinal con la incorporación de espigones tendientes a evitar el avance del río sobre las márgenes y captar el sedimento erodado para retenerlo en su las mismas. Lo ejecutado a la fecha ha demostrado un correcto funcionamiento a nivel morfológico para la crecida de enero de 2008, permitiendo un escurrimiento normal del caudal y un buen encauzamiento en el sector del puente de la RN50. Asimismo, las defensas se han integrado al paisaje fluvial a través del desarrollo de vegetación, y se constituyeron como margen efectiva del río.

ABSTRACT

At the apex of an alluvial fan, rivers have an erratic behaviour which makes difficult to predict their behavior and thus projecting erosion-control works. Pescado River near National Road N° 50 (RN50) has this kind of behavior that threatened transport and productive infrastructure. Several erosion control projects where developed in order to prevent further damages. As a corollary of this process, an integrated erosion-control project was reached. This concept involves the application of a longitudinal continuous defense, the use of groynes, embankments, and break-troughs designed to prevent margin erosion and keep eroded sediment to leave source. Constructed works has demonstrated a satisfactory morphological functioning for January of 2008 flooding. It allowed a normal flowing and a good channeling around RN50. Also, defenses have joined the river landscape through vegetation growing and became an effective river bank.

INTRODUCCIÓN

Los ríos con nacientes en la montaña presentan en general un sector inicial montañoso, en el que el río escurre por un cauce estrecho con fuertes pendientes, con arrastre de grandes piedras y comportamiento torrencial, y luego un sector de llanura en la que se desplaza de modo meandroso por bajas pendientes y con lechos conformados por materiales finos. Entre ambos extremos habitualmente se encuentra un tramo de transición (cono de deyección), donde se configuran las mayores dificultades de análisis dentro de la dinámica fluvial (Gandolfo, 1962).

Las particulares características de los ríos en la zona descrita, generan problemas a la hora de definir obras de protección de márgenes o control de erosión. Si bien en los abanicos aluviales predominan los procesos de sedimentación, la variabilidad de los caudales y de la carga sólida, más la concentración de caudales en zonas preferenciales producida por las características y conformación de los depósitos, pueden generar fenómenos de socavación de gran intensidad, tanto locales como generales, en líneas de concentración del flujo.

El río Pescado, a la altura de la Ruta Nacional N° 50 (RN50), es un ejemplo de este comportamiento. Este río se ubica en la provincia de Salta y es uno de los mayores tributarios del río Bermejo. Una de las características singulares del río Pescado es la alta carga de sedimentos de fondo y en suspensión que transporta. Además, es el más caudaloso de los afluentes del río Bermejo, desde Junta de San Antonio, hasta la Junta de San Francisco. Este río nace en las sierras de Santa Victoria a 4000 m de altura y tiene como afluente principal al río Iruya, de elevada producción de sedimentos.

Una característica singular de este río es la alta carga sólida que transporta. En efecto, el río Iruya y el río Pescado, en conjunto, aportan el gran parte del total de los sedimentos transportados por río Bermejo aguas abajo de la junta de San Francisco (INMAC S.A., 2006).

El río Pescado nace como prolongación del río Alisar. Recibe inmediatamente sobre margen izquierda al río Porongal, que a su vez previamente se nutre del río Salviayoc, y desvía hacia el sur hasta el encuentro con el Iruya, donde cambia totalmente de carácter. Ese tramo inferior del río Pescado culmina en el río Bermejo, unos 10 km aguas abajo de la Junta de San Antonio.

La cuenca del Pescado-Iruya tiene una superficie aproximada a los 5.000 km², por lo que resulta un tributario muy importante del río Bermejo.

Área de estudio

El área que comprende el desarrollo del presente trabajo se muestra en la Figura 1. Sobre la margen derecha (MD) del río, se ubican importantes emprendimientos productivos, como por ejemplo el “Ingenio San Martín del Tabacal” que abarca una longitud de costa de aproximadamente 4 km. La misma situación se repite sobre la margen izquierda (MI), sobre la cual se ubican producciones primarias bananeras y azucareras.

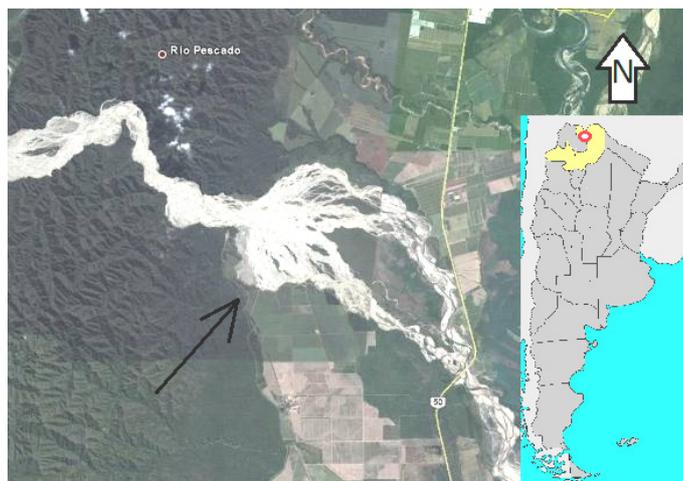


Figura 1.- Río Pescado, zona de trabajo.

Durante los picos de crecida, las márgenes del río se ven afectadas por severos procesos erosivos, con importantes pérdidas de cultivos e infraestructura productiva.

En el tramo de estudio, el río presenta los caudales característicos que se muestran en la Tabla 1 (INMAC S.A., 2006).

Tabla 1.- Caudales característicos del río Pescado.

a) Caudales medios		
Caudal medio anual (módulo)	89,40 m ³ /s	
Caudal medio anual máximo	211,00 m ³ /s	(1969/60)
Caudal medio anual mínimo	46,00 m ³ /s	(1947/48)
b) Caudales mínimos		
Caudal mínimo medio diario	2,00 m ³ /s	(1971/72)
Caudal mínimo medio mensual	6,00 m ³ /s	(septiembre 1972)
c) Caudales máximos		
Caudal máximo registrado	5.789,00 m ³ /s	
Caudal máximo medio diario	3.526,00 m ³ /s	(1954/55)
Caudal máximo medio mensual	832,00 m ³ /s	(enero 1960)

El puente de la ruta nacional N° 50 presenta una contracción sensible en el cauce mayor del río, y por lo tanto su influencia sobre el comportamiento del curso de agua en crecidas no es despreciable.

Amores et al. (2005) han expuesto la dificultad en el diseño de un sistema de control de erosiones. Su trabajo se centró en la zona del Ingenio San Martín del Tabacal. Si bien el proyecto solucionó el problema particular, la pérdida de suelo productivo en la región continuó avanzando. Fue por ello que se decidió proceder con un proyecto de características integrales que permitiera controlar la erosión y evitar que se formaran nuevos cauces por derivaciones en canales de riego y/o antiguos cauces que quedaron, en otro momento histórico, bajo el nivel actual de lecho.

OBJETIVO

Informar sobre las medidas estructurales adoptadas para: proteger las márgenes del río de la erosión debida a la migración lateral del curso, minimizar las pérdidas de suelo productivo de la zona e inducir una recomposición de los campos erosionados mediante la sedimentación generada por terraplenes de cierre y mantener el cauce estable y su cruce actual en la RN50.

METODOLOGÍA

Considerando lo expuesto sobre la morfología de los abanicos aluviales, se tomó como premisas:

- Permitir las avulsiones del río en un entorno controlado. Al hacerlo, el curso tiene la capacidad de disipar de energía a través de cambios morfológicos, se disminuyen notablemente los riesgos de falla, en escala de tiempo ingenieril.

- Debido a la visión integral que debe tener un proyecto de “control de erosión”, otro criterio fue disminuir el aporte de sedimentos a los cursos fluviales. Esto debe basarse en promover obras estructurales y criterios de manejo de suelos tendientes a conservar dichos sedimentos en su lugar de origen.

Conjuntamente con lo anterior, fue de vital importancia considerar el efecto de contracción a la altura del puente de la RN50 hacia aguas abajo del área de estudio.

En pos de cuantificar estos criterios y efectos, se realizaron estudios de producción de sedimentos en la cuenca, estudios de evolución multitemporal y modelos morfológicos basados en la hidrología e hidráulica del río Pescado en el área de estudio (INMAC, 2006).

EL PROYECTO DE OBRA

Considerando todos los estudios básicos desarrollados ya descriptos, y la experiencia acumulada en el proceso de la construcción y seguimiento del funcionamiento de las obras de defensa de la margen derecha del río Pescado en la zona de Abra Grande, se elaboró un proyecto integral de defensa de las márgenes del río Pescado.

Básicamente, el proyecto puede dividirse en tres sectores con particularidades de obra bien definidas y semejantes entre sí, llámese la zona propia de la Toma de Agua del Consorcio Abra Grande, la margen derecha propiamente dicha y la margen izquierda. Ver Figura 2.

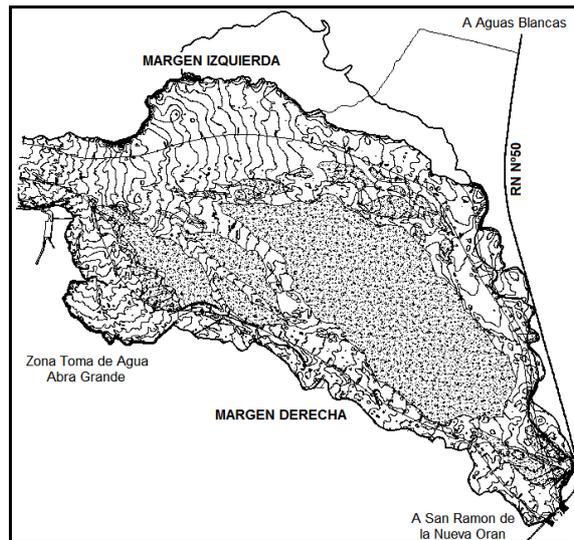


Figura 2.- Separación de sectores y curvas de nivel.

Se definieron tres tipologías básicas de obras que se ajustaron a la topografía y a las características del escurrimiento en cada sector. Estas son:

Defensa Longitudinal y Espigones

El proyecto integral consideró las obras de defensa ya construidas sobre la MD del río Pescado, llevadas a cabo por el Consorcio de Riego del río Pescado, y previó su readecuación (INMAC S.A., 2006). En efecto, el punto de arranque de la línea de defensa sobre MD quedó constituido por el llamado Espigón 00, ubicado en la zona de la toma de agua del Consorcio. Desde este punto y hacia aguas abajo, se ubican 26 espigones construidos en el año 2004, que fueron acondicionados con reparaciones, aumento de cota de cresta, aumento de longitud y protecciones al pie. Luego de un tramo de defensa continua, que se ubica sobre la propiedad del Sr. Ramón Tuma, se llega al punto de arranque de la obra proyectada para completar la sistematización de la MD del río.

En esta zona, se decidió ubicar una obra de defensa longitudinal, hasta el puente de la RN50. El cambio de tipología de obra de defensa se basó en que el río presenta un menor ancho allí. Esto podría traer aparejados problemas de desvíos del curso que afectarían la otra margen, o la configuración de los bancos centrales.

La obra proyectada se basó en la construcción de un terraplén longitudinal revestido en su talud expuesto al agua con una protección en colchonetas y gaviones. La misma se proyectó con botadores de fondo con la finalidad de apartar las altas velocidades sobre la protección y de generar depósitos de los sedimentos que el río transporta sobre la margen. La sección de proyecto puede observarse en las Figuras 3 y 4. Esta obra longitudinal se completa, al llegar al puente, con un muro guía sobre el estribo de MD. Éste, permite el acceso del agua con la menor perturbación posible hacia el puente. Cabe resaltar que como el nivel del cauce sobre la traza de los terraplenes es variable, las secciones transversales de los terraplenes indicadas son las secciones promedios en toda la longitud de afectación del terraplén.

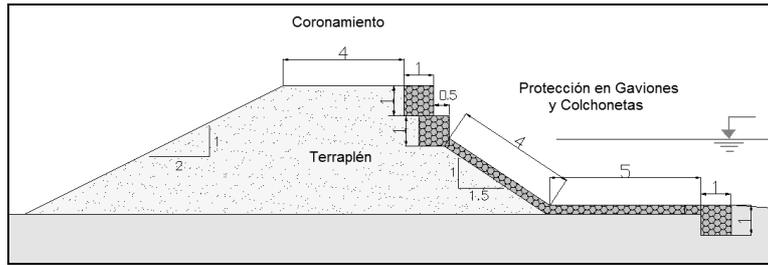


Figura 3.- Sección transversal de la Protección Continua.

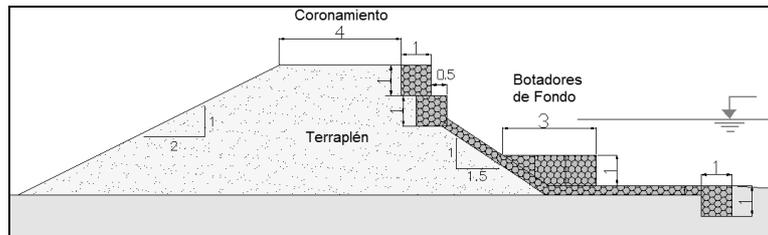


Figura 4.- Sección transversal de la Protección Continua con botador de fondo cada 10 m.

Sobre MI, la sistematización se inicia aproximadamente 9700 m aguas arriba del la RN50. Consiste en una batería de espigones que comienzan con una longitud de 75 m, que desciende hasta 45 m al llegar a la zona de empalme con la defensa longitudinal, unos 1500 m aguas abajo del primer espigón. Ver figuras 5, 6 y 7. La defensa longitudinal continua se extiende hasta el puente, donde llega con un muro guía al igual que la MD. Figura 8.

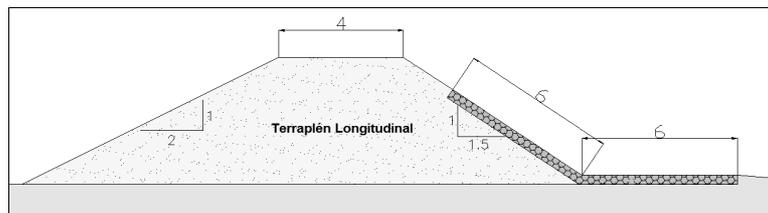


Figura 5.- Sección transversal del terraplén longitudinal.

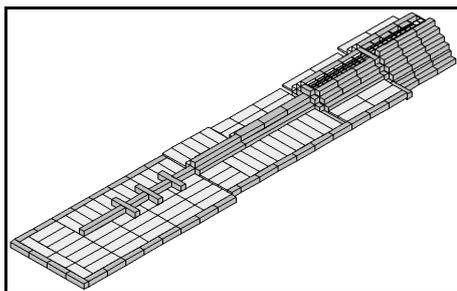


Figura 6.- Espigón de 75 m - Perspectiva.

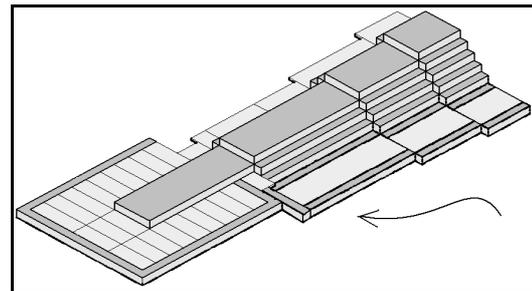


Figura 7.- Espigón de 45 m - Perspectiva.

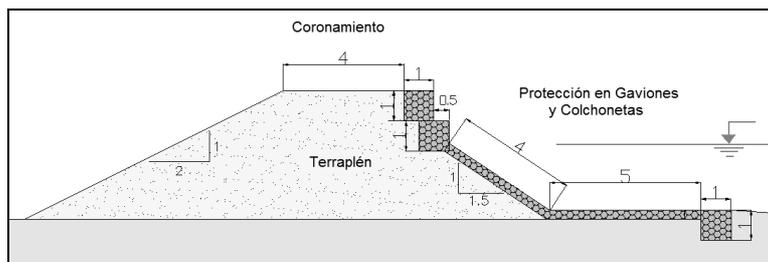


Figura 8.- Sección transversal de la Protección Continua.

Terraplenes de Cierre Transversal

Para mejorar el funcionamiento de las obras existentes, reducir las acciones erosivas en el talud no expuesto de los terraplenes principales y favorecer la sedimentación en estas regiones, se planteó la construcción de una serie de terraplenes de cierre, en dirección aproximadamente perpendicular a los terraplenes principales. Los mismos evitan que los escurrimientos, aportados por los campos situados detrás de las barrancas, fluyan de modo continuo por la cara no revestida de los terraplenes.

Los terraplenes de cierre transversal fueron proyectados de manera tal de crear zonas o celdas entre el terraplén principal y la barranca histórica, donde el agua proveniente de los campos pueda ser evacuada por medio de las “obras de paso”.

Las longitudes de los mismos se definieron por la topografía de la zona donde se ubican, ya que al mantener constante la cota de coronamiento, a medida que el terraplén de cierre se desarrolla hacia la barranca, pierde progresivamente altura hasta empalmar con el terreno natural.

Los terraplenes de cierre sobre MI son 6, mientras que sobre MD son 4, y su disposición en planta puede observarse en las Figuras 9 y 10.

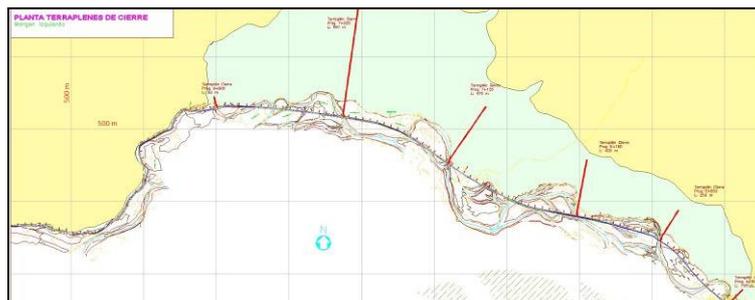


Figura 9.- Ubicación de los Terraplenes de Cierre sobre Margen Izquierda del Río Pescado.

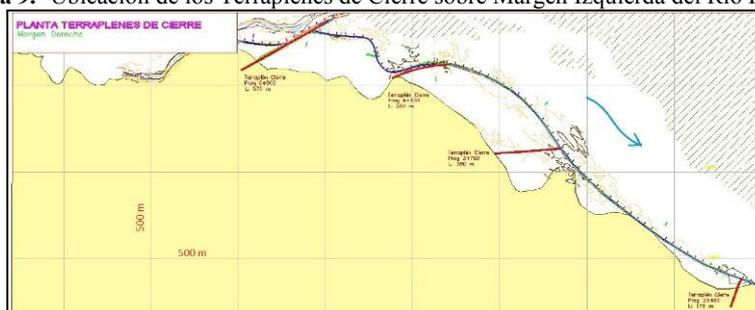


Figura 10.- Ubicación de los Terraplenes de Cierre sobre Margen Derecha del Río Pescado.

Obras de Paso

Comprende las obras en gaviones y colchonetas que se proyectaron ubicadas en el terraplén principal, a 50,00 m aguas arriba del punto de intersección entre éste y el terraplén de cierre transversal.

Esta disposición responde a la capacidad que tendrá la obra de permitir el ingreso del agua del río, cargada de sedimento, a las zonas o celdas delimitadas por los terraplenes de cierre y

principal. Al estar dentro, el escurrimiento perderá capacidad de transporte por disminución de la velocidad y generará depósitos de sedimento mientras dure el paso de la crecida. En el estiaje, el agua podrá abandonar la zona mediante las obras de paso, dejando así colmatada estas zonas o celdas. Ver Figuras 11, 12 y 13.

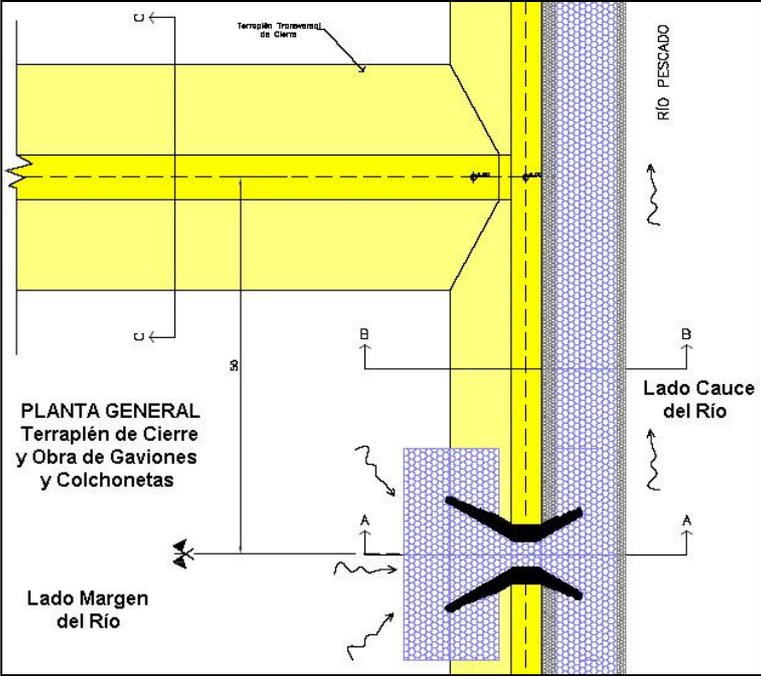


Figura 11.- Vista en planta. Obra de Paso en concordancia con el Terraplén de cierre Transversal.

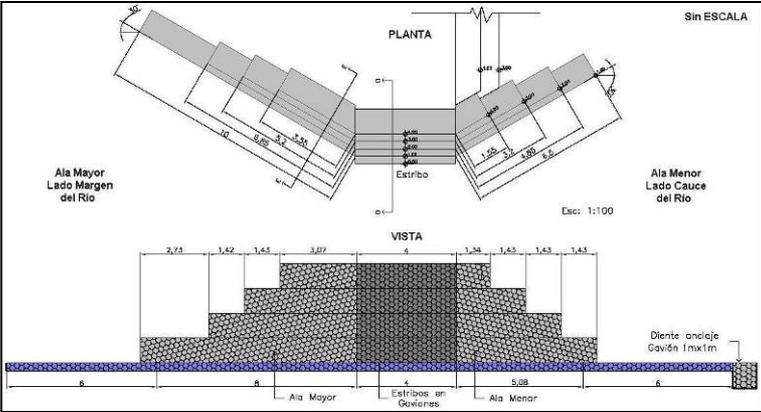


Figura 12.- Obra de Paso, detalles constructivos.

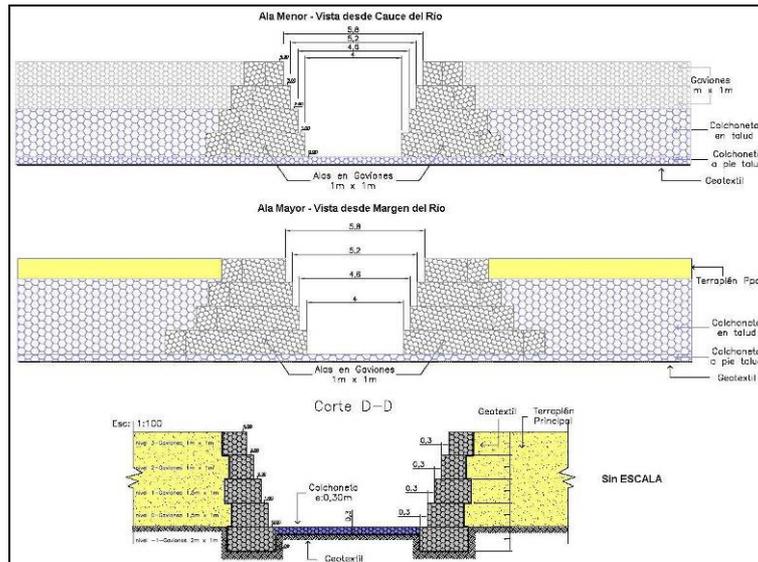


Figura 13.- Obra de Paso, Vistas desde el Río y desde la margen - Corte.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La obra se ejecutó por partes, atendiendo a cuestiones jurisdiccionales. La primera ampliación, aun en ejecución comprende los terraplenes de cierre transversal, las obras de paso y el alteo de sendos sectores de la defensa continua.

Lo ejecutado a la fecha ha demostrado un correcto funcionamiento a nivel morfológico para la crecida de enero de 2008, permitiendo un escurrimiento normal del caudal y un buen encauzamiento en el sector del puente de la RN50. Asimismo, las defensas se han integrado al paisaje fluvial a través del desarrollo de vegetación, y constituyéndose como margen efectiva del río para los estados mostrados en las Figuras 14 y 15.

Seguidamente, en las Figuras 16, 17, 18 y 19, se muestra la situación en el puente de RN50 antes y después de terminada la obra.



Figura 14.- Protección Continua – Margen Derecha.



Figura 15.- Protección Continua – Margen Izquierda.



Figura 16.- Puente RN50 – Sin Obra – Tomado desde Aguas Arriba.



Figura 17.- Puente RN50 – Con Obra – Tomado desde Aguas Abajo.



Figura 18.- Puente RN50 – Con Obra – Tomado desde Aguas Abajo - MD.



Figura 19.- Puente RN50 – Con Obra – Tomado desde Aguas Arriba - MI.

LISTA DE SÍMBOLOS

RN50: Ruta Nacional N° 50
 MD: Margen Derecha
 MI: Margen Izquierda

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amores, G.E.; Salerno G.O.; Brea, J.D. (2005). “Control de Erosión de Márgenes en Zonas de Conos de Deyección. El Caso del Río Pescado. Salta”. *Segundo Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Neuquén, Argentina, 2-4 nov. 2005.*

Gandolfo, J.S. (1962). “Consideraciones acerca de los conos de deyección”. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela, Tomo XXII, N° 60, pág. 9-20.*

INMAC S.A. (2004). “Proyecto de Defensas de la Margen Derecha del Río Pescado, aguas debajo de la Toma de Abra Grande”.

INMAC S.A. (2006). “Proyecto Integral del Rio Pescado - Obras de Protección para el Control de los Cambios Ocasionados por los Depósitos del Acarreo Sólido del Río Pescado”.

INMAC S.A. (2007). “Obras de Protección para el Control de los Cambios Ocasionados por los Depósitos del Acarreo Sólido del Río Pescado. Memoria descriptiva de la Obra y de su readecuación actual”.

INMAC S.A. (2009). “Proyecto Integral del Rio Pescado - Obras de Protección para el Control de los Cambios Ocasionados por los Depósitos del Acarreo Sólido del Río Pescado - Primera Ampliación”.



Instituto de Recursos Hídricos



Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas



Universidad Nacional de Santiago del Estero



Instituto Nacional del Agua



Subsecretaría de Recursos Hídricos



Agencia Nacional de Promoción Cient. y Tec.



Gobierno Prov. de Santiago del Estero



Ministerio de la Producción



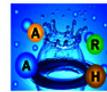
Secretaría del Agua



Secretaría de Desarrollo, Ciencia y Tecnología



Consejo Prof. de la Ingeniería y Arq.



Asociación Argentina de Recursos Hídricos



Asoc. Internacional de Invest. Hidroamb.



Comisión Regional del Río Bermejo



CORPORACION ARGENTINA TECNOLÓGICA s.a. INGENIERIA CIVIL E HIDRAULICA

