

CRITERIOS FLUVIO-MORFOLÓGICOS APLICADOS AL DISEÑO DE OBRAS DE ENCAUZAMIENTO DE RÍOS. CASO DEL RÍO SALÍ (TUCUMÁN, ARGENTINA)

Mariano A. Corral¹ y Hector Daniel Farias²

¹Universidad Nacional de Córdoba, Av. Veléz Sarsfield 1601. TE: 4334446. mcorral@com.uncor.edu

²Instituto de Recursos Hídricos, FCEyT, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina hdf@unse.edu.ar

RESUMEN

La obra denominada “Canalización del Río Salí y Obras Complementarias” tuvo por objeto definir en el ámbito del cauce del Río Salí un canal de sección ‘regular’ para la conducción de una serie de caudales de diseño. El segmento de río se desarrolla contiguo a las ciudades de San Miguel de Tucumán, Alderetes y Banda del Río Salí. Este tramo se caracteriza por tener una pendiente media de 3,5%, un cauce activo de 90 m de ancho, una sinuosidad del orden de 1,3 y un trazado de curvas alternadas suaves, ya que no alcanza a desarrollar un patrón meandriforme completamente definido debido a las obras ejecutadas en la planicie de inundación (puentes, rutas laterales, etc.). En este trabajo se analizaron diferentes aspectos de la geomorfología y la hidráulica fluvial, como por ejemplo se determinaron las propiedades de los sedimentos del lecho, la posibilidad de acorazamiento, el caudal formativo del cauce, etc. las cuales permitieron definir con criterios racionales la geometría hidráulica estable para la canalización y el diseño conceptual de la sección transversal.

ABSTRACT

The work named “Channelization of Sali River and Complimentary Works” is aimed to define a channel of regular cross section in order to convey a series of design discharges. The study river reach is close to San Miguel de Tucumán City, and next to the towns Alderetes and Banda del Río Salí. The mean slope of the reach is about 3.5 %, and the width of the active channel is about 90 m. The sinuosity os close to 1.3 and planform pattern is characterized by a series of mild alternate curves. The development of a meandering pattern is constrained by a series of engineering works constructed along the river banks (e.g., roads, levees, bridges, etc.). This paper presents an analysis of different aspects of geomorphology and fluvial hydraulics, such as bed sediments, armoring possibility, channel-forming discharge, etc., which allow to define rational criteria for the stable hydraulic geometry of channelization design, taking into account the conceptual design of the channel cross section.

INTRODUCCIÓN

La obra denominada “Canalización del Río Salí y Obras Complementarias” tuvo por objeto definir en el ámbito del cauce del Río Salí un canal de sección ‘regular’ para la conducción de una serie de caudales de diseño. El segmento de río se desarrolla contiguo a las ciudades de San Miguel de Tucumán, Alderetes y Banda del Río Salí.

El tramo de río analizado posee una pendiente media de 3,5%, un cauce activo de 90 m de ancho, una sinuosidad del orden de 1,3 y un trazado de curvas alternadas suaves, ya que no alcanza a desarrollar un patrón meandriforme completamente definido debido a las obras ejecutadas en la planicie de inundación. Las obras de infraestructura existentes, como por ejemplo los Puentes viales “Oscar Barros” y “Lucas Córdoba” y el Puente Ferroviario restringen el desarrollo de procesos de erosión de márgenes y migración lateral, a lo que se suma una disminución del gasto dominante por efecto de la regulación de caudales por parte de la presa El Cadillal.

El objetivo del presente es un estudio fluvial del Río Salí, considerando tanto los aspectos hidrológicos e hidráulicos como así también, los morfológicos y sedimentológicos, los cuales comprenden la caracterización morfológica del tramo, la revisión de los antecedentes hidrológicos para la determinación de un caudal formativo, la determinación de las propiedades de los sedimentos y la definición de los criterios y dimensiones estables para la obra de canalización propuesta.

CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO

En el tramo en estudio se pueden identificar diferentes tipologías en relación a la geomorfología del entorno fluvial. Para describir en forma somera y cualitativa las características fluviomorfológicas de la zona, se ha dividido el sector en estudio en tres tramos (Tramo I, II y III en Figuras 1,2 y 3).



Figura 1. Tramo I

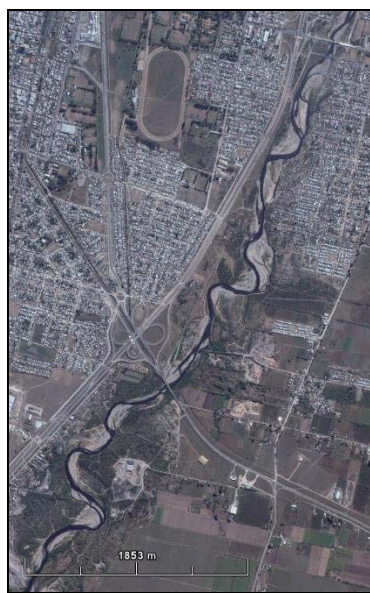


Figura 2. Tramo II



Figura 3. Tramo III

El Tramo I (Canal San Gutiérrez – Puente Lucas Córdoba - Prog. 0 - 4.700) se ubica aproximadamente 25 Km. aguas abajo del dique El Cadillal y posee una pendiente media de 4,1‰. En este segmento el río presenta una sinuosidad del orden de 1,1 y un trazado de curvas alternadas suaves, ya que no alcanza a desarrollar un patrón meandriforme completamente definido debido a las obras ejecutadas en la planicie de inundación (Figura 1). Las obras de infraestructura existentes restringen el desarrollo de procesos de erosión de márgenes y migración lateral, sumado a una disminución del caudal dominante por efecto de la regulación de caudales en El Cadillal y a presencia de actividades de extracción de áridos del cauce. El ancho medio del cauce activo es de **79 m** con una desviación estándar de **35 m**.

El Tramo II (Puente Lucas Córdoba – Puente San Cayetano (Prog. 4.700 - 8.000) posee una pendiente media de 3,5‰ y en este segmento el río presenta una sinuosidad del orden de 1,5 y un trazado marcado de curvas alternadas, comenzando a desarrollar un patrón meandriforme definido (Figura 2). Además se observan claros signos de erosión de márgenes y migración lateral, comprometiendo en algunos casos obras de infraestructura del sector principalmente en el sector externo de las curvas. La presión urbana disminuye hacia el Sur, en donde el río se desarrolla en un sector con uso de suelo rural. El ancho medio en este tramo aumenta a **100 m** y se mantiene la desviación estándar en el orden de 35 m.

El Tramo III (Puente San Cayetano – Basural Pacará Pintado – Prog. 8.000 - 10.500) presenta una pendiente media del 2,5‰ y la sinuosidad del orden de 1,8, con un patrón de alineamiento altamente meandriforme (Figura 3). En este tramo el río desarrolla meandros de gran amplitud, y con cortas naturales periódicas debido a que los grados de libertad del sistema fluvial no se encuentran restringidos. El ancho medio en este tramo alcanza el valor de **87 m** y la desviación estándar se reduce a 24 m.

Es importante comentar que aguas abajo del tramo III la sinuosidad del río aumenta y la tipología en planta es con meandros de gran amplitud y en algunos casos se observan cortes de los mismos y viejos paleocauces abandonados.

ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS

Desde el punto de vista de los sedimentos, se han extraído muestras en diferentes secciones, además de la inspección visual del cauce, márgenes y aspectos característicos del sistema fluvial. Se utilizaron criterios hidráulicos para la selección de las muestras, principalmente fueron tomadas en el cauce principal del río, en correspondencia con franjas (representativas de los tubos de corriente) de mayor velocidad en la sección transversal (del orden de 1 m/s para un caudal estimado de 6 m³/s).

Se presentan en la Figura 4 las curvas granulométricas de las muestras de sedimentos (a la altura de la progresiva 6000, según la convención de obra), las cuales se han localizado en: (1) canal principal con velocidad del orden de 1 m/s, con posible efecto de acorazamiento; (2) margen interna de curva con velocidad del orden de 0,2 m/s; y (3) planicie sobre margen derecha.

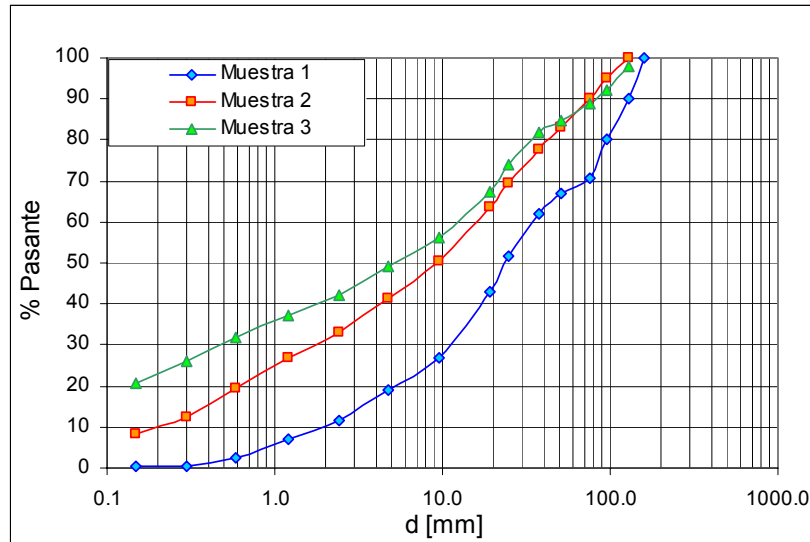


Figura 4. - Análisis granulométrico de las muestras

De acuerdo a la clasificación del tamaño propuesta por la American Geophysical Union (Lane, 1947), las granulometrías presentadas se componen principalmente de gravas ($2\text{ mm} < d < 64\text{ mm}$) y cantos ($64\text{ mm} < d < 256\text{ mm}$), con una pequeña porción de arena.

El acorazamiento es un proceso morfológico en el cual conforme el fondo de un cauce se erosiona selectivamente, los granos más gruesos se acomodan y cubren a los más finos y el transporte de sedimentos va disminuyendo hasta llegar a una condición estable. Los sedimentos de granulometría extendida o suelos bien graduados ($\sigma_g > 2$) poseen la particularidad de que cuando están sujetos a la acción de un flujo de agua pueden desarrollar una coraza o armadura en la superficie del lecho.

Para estimar la posibilidad de acorazamiento se ha utilizado el método de Gessler (1967), el cual define como esfuerzo cortante crítico de un material no cohesivo de granulometría extendida, al esfuerzo que corresponde a la condición de flujo que hace que el diámetro medio de la coraza del cauce alcance un valor máximo (Figura 5).

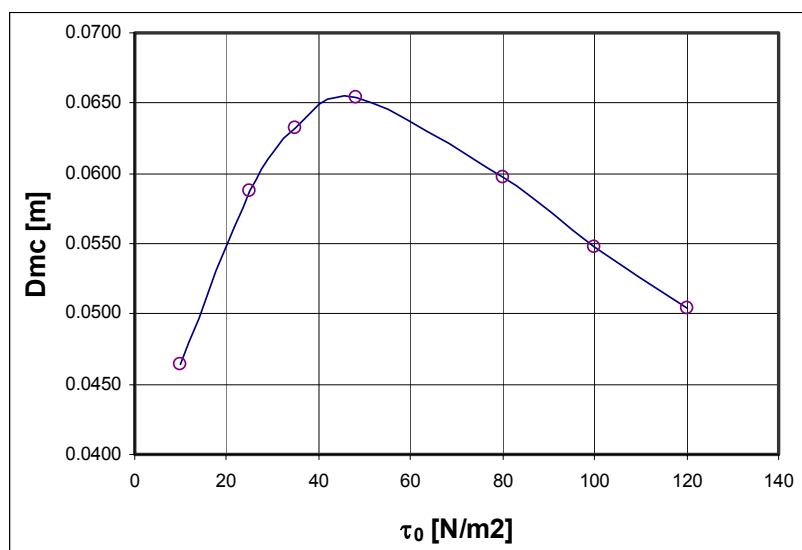


Figura 5.- Diámetro medio de coraza

De la figura anterior se ha obtenido el diámetro medio de la coraza ($D_{mc} = 65 \text{ mm}$) y la tensión crítica de arrastre ($\tau_c = 48,2 \text{ N/m}^2$). En general, para propósitos de diseño se recomienda que la tensión de corte crítica sea reducida por un factor de seguridad de 1,5; por lo que resulta $\tau_c = 32,1 \text{ N/m}^2$.

Con el fin de verificar en campo los resultados obtenidos se han comparado estas estimaciones con un análisis visual de la coraza que se ha exhibido en el cauce. En la Figura 6 se presenta una fotografía del pié del talud en margen derecha en la sección 1 (Prog. 4.600), en la cual se puede observar la presencia de una granulometría extendida y con presencia de algunos bolos y en la porción inferior de la figura se observan materiales finos que se han depositado para caudales bajos.



Figura 6: Acorazamiento aguas arriba del Puente Lucas Córdoba (Prog. 4.600)

Es importante mencionar que en la planicie de inundación del río la granulometría se compone de un conglomerado o mezcla de suelos finos y gruesos, que forman una matriz compacta con una granulometría típica de suelos aluviales. En la Figura 7 se presenta un corte sobre la planicie en la margen derecha, en donde se evidencia la presencia de gravas y bolos intercalados en una matriz de suelos finos, los cuales le confieren una aparente cohesión y mantienen un talud prácticamente vertical.



Figura 7: Sección 1 (Prog. 4.600), corte en profundidad sobre margen derecha

CAUDAL DOMINANTE O FORMATIVO

Por definición el caudal dominante es aquel caudal líquido constante fluyendo a régimen permanente y uniforme que es capaz de producir sobre el cauce el mismo efecto morfológico que la secuencia natural de flujos, los cuales son estadísticamente variables a lo largo de la historia del río. Existen diferentes enfoques y metodologías para estimar el caudal dominante, las cuales se pueden clasificar en métodos geométricos, estadísticos y morfológicos.

Con un criterio geométrico, diversos autores consideran como gasto dominante aquel gasto máximo que es capaz de escurrir por el cauce principal sin desbordar hacia los laterales. Es decir, los mismos asumen que el caudal dominante iguala al caudal de desborde QB, y por lo tanto están asociados a la definición de "bankfull", nivel de inundación o umbral de desborde.

Es importante reiterar que la aplicación de este método se recomienda cuando la forma del perfil transversal del río es con planicies de inundación, en donde se pueden identificar los niveles asociados al desborde. Además no resulta válida su aplicación en las secciones encañonados o encajonadas del río.

Para estimar el caudal de desborde se ha realizado la simulación hidráulica del Río Salí en su situación actual, considerando para ello la geometría de las secciones transversales antes de la ejecución de la canalización. La metodología ha consistido en simular con el modelo hidráulico HEC-RAS un rango de caudales variables desde 100 hasta 500 m³/s y mediante observación visual del nivel de agua en cada sección, estimar el valor del caudal de desborde (ejemplo en Figura 8).

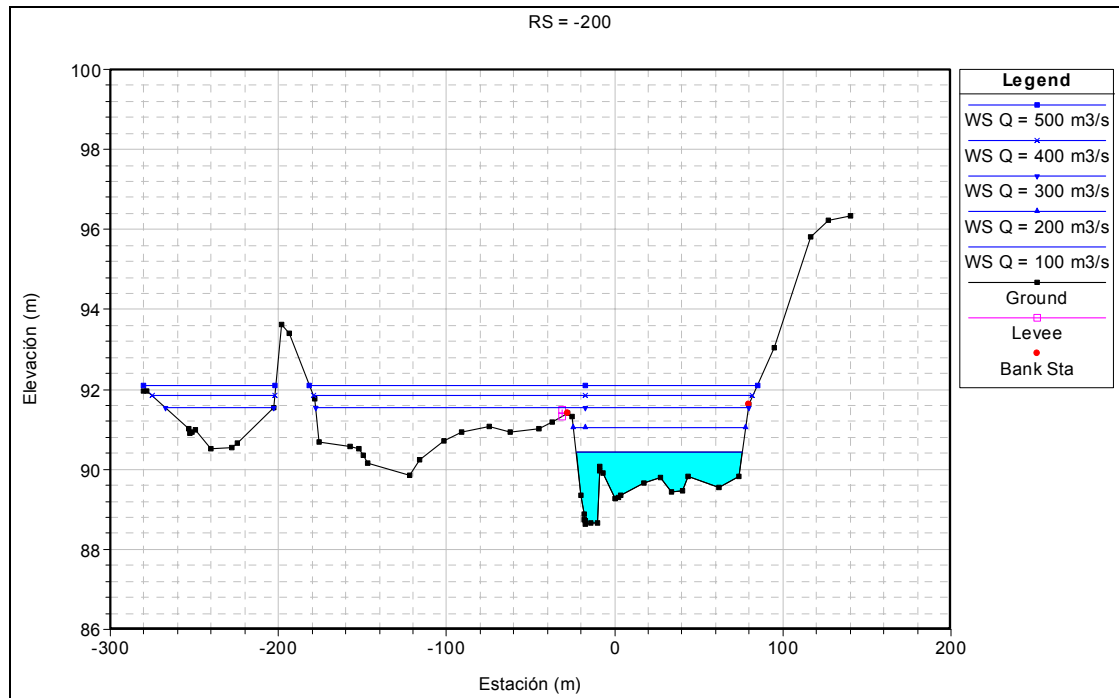


Figura 8. Sección transversal en Prog. 200 Qd = 270m³/s.

Considerando el criterio geométrico, los cuales consideran como gasto dominante aquel gasto máximo que es capaz de escurrir por el cauce principal sin desbordar hacia los laterales o de desborde, se realizaron modelaciones con un rango variable de caudales y por inspección visual se obtuvo un caudal formativo de 315 m³/s.

Aplicando criterios estadísticos, los cuales se basan en la definición de la frecuencia asociada al gasto dominante, es decir, aquel caudal correspondiente a un período de retorno que varía entre 1,5 y 2,4 años, tomado a partir de datos de campo (Knighton 1988; Richards 1982) se han procesado los caudales en el Río Salí durante el período 1967 – 2007 y obtenido la curva de frecuencias (Figura 9), la cual por ejemplo para el caudal asociado a 2,4 años de recurrencia resulta en 220 m³/s.

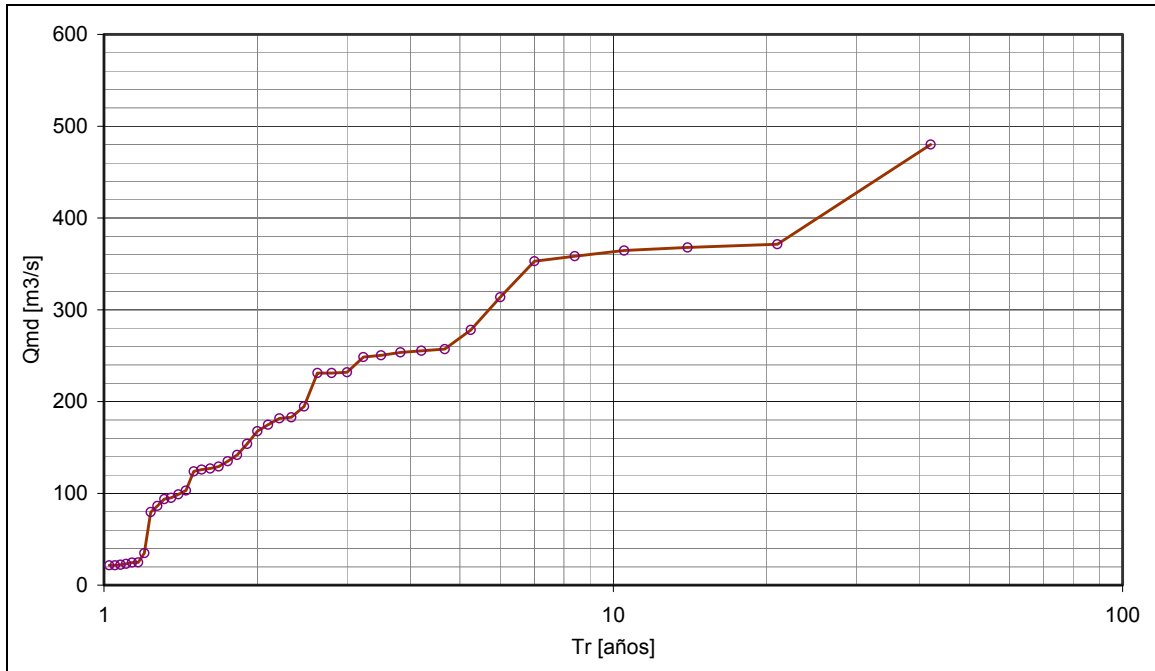


Figura 9. Curva de frecuencia de caudales medios diarios

A partir de los métodos morfológicos, los que consideran como caudal efectivo aquella descarga capaz de transportar el máximo gasto sólido asociada a la frecuencia de su caudal líquido, como por ejemplo el de Schaffernack, el cual establece como gasto dominante, el caudal líquido que se presenta durante el año y que transporta el mayor volumen de sedimentos, se ha obtenido un caudal entre 250 y 290 m³/s (Figura 10).

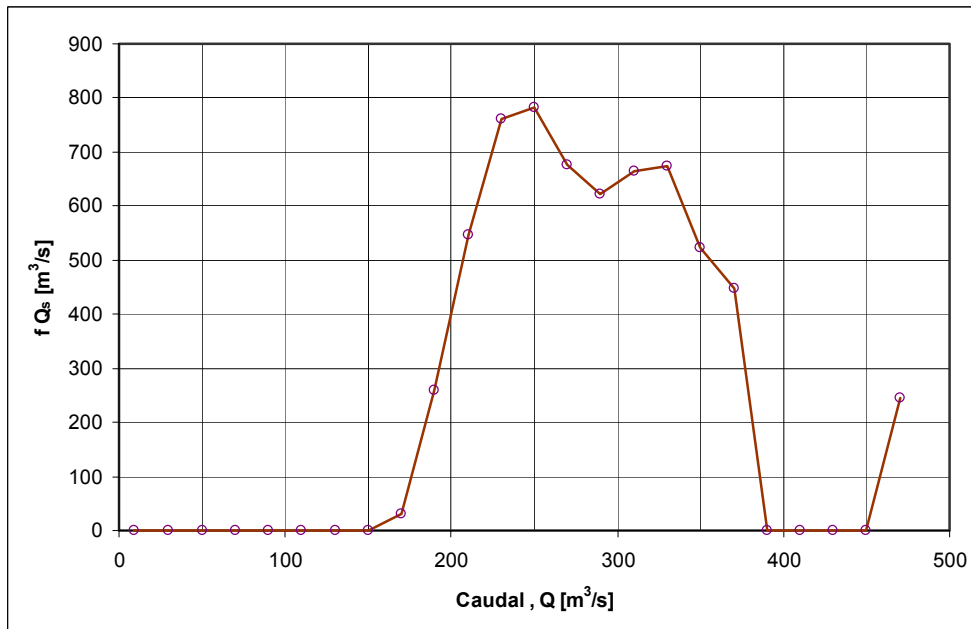


Figura 10. Caudal formativo

GEOMETRÍA HIDRÁULICA DEL CANAL PRINCIPAL

Para el diseño de la canalización se definió un cauce de aguas bajas, como el espacio que ocupa el flujo durante la mayor parte del tiempo y está asociado al módulo del río (para el Río Salí del orden de $20 \text{ m}^3/\text{s}$), y un cauce de aguas altas (correspondiente a gastos que se observan durante algunos días del año o pueden estar asociados a recurrencias bajas). Por ejemplo, el caudal formativo definido en el presente estudio ($250 \text{ m}^3/\text{s}$) con una recurrencia estimada de 4 años se encuentra en el límite de esta definición y el cauce de avenidas representa el espacio ocupado por los eventos extraordinarios. Por su parte, el caudal establecido para la verificación de la obra es de $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ (100 años de recurrencia).

La sinuosidad es el segundo factor de importancia para el diseño de canalizaciones, la cual se ha mantenido en los valores naturales de 1,3. Otro aspecto es el ancho, el cual para el Río Salí se encuentra entre 30 y 100 m, con un valor medio de 85 m. Aplicando el criterio sugerido por Chang ($R = 3B$), el radio de las curvas del proyecto se ha mantenido entre 90 y 300 m, con un valor medio de 250 m.

Desde el punto de vista geomorfológico la sección transversal de un río es compuesta, es decir, se compone generalmente de un cauce principal y planicies de inundación, las cuales se pueden desarrollar en una de sus márgenes o en ambas. Las dimensiones (ancho y profundidad) y pendiente estables de un río aluvial es una disciplina en el marco de la hidráulica fluvial, con diversas aplicaciones como el diseño de canales estables, obras de encauzamiento de cauces, etc.

Para el desarrollo del presente trabajo se han analizado los diferentes enfoques, pero teniendo en cuenta la particularidad de que la granulometría del Río Salí en el tramo en estudio es de sedimentos gruesos (gravas y cantos). En este caso se han utilizado las expresiones de Altunin (A), Julien & Wargadalam (JW) y Lee & Julien (LJ), Parker (P), Eaton & Miller (EM) y Hey & Thorn (HT).

El método de Altunin fue presentado en 1962 y se describe en detalle en el Manual de Ingeniería de Ríos de Maza Alvarez. Este método ha sido desarrollado en cauces con material granular grueso, como gravas y bolos.

Dependiendo de la resistencia que presentan las orillas de un cauce, Altunin clasifica las secciones o tramos de río como:

- a) Orillas muy resistentes a la erosión, formadas por materiales cohesivos o bolos
- b) Orillas poco resistentes a la erosión, formadas por materiales aluviales sin cohesión

Además distinguió tres zonas a lo largo del río, según se desarrolle en zona montañosa, de planicie e intermedia. De forma similar a otros métodos Altunin consideró los tres grados de libertad que posee un río y se basó en tres ecuaciones fundamentales: resistencia a las orillas con fórmula de Glushkov, movimiento continuo de las partículas del fondo y resistencia al flujo.

Las expresiones obtenidas por Julien (2002) para la geometría hidráulica utilizan como variables independientes al caudal, tamaño del sedimento y pendiente y como variables dependientes al ancho (B), tirante (h), velocidad (V) y tensión de corte adimensional (τ^*).

Julien y Wargadalam (1995) derivaron relaciones semiteóricas para la geometría hidráulica de ríos, combinando cuatro ecuaciones fundamentales como caudal, resistencia al flujo, movilidad del material del lecho y corrientes secundarias en curvas. Estas ecuaciones fueron combinadas para obtener el ancho, el tirante, la velocidad media del flujo, la pendiente y el parámetro de Shields.

Los coeficientes fueron calibrados por Julien usando una extensa base de datos de ríos tanto arenosos como con lecho de grava. Además en un reciente artículo de Lee and Julien (2006) se han mejorado los coeficientes de regresión y se han validado estas expresiones para ríos de gravas y bolos.

En Farias (1993^a) se ha destacado que debido a la hipótesis asumida de número de Shields constante tanto en las metodologías de Parker (2004) como de Julien (2002), esto lleva a una igualdad en los valores absolutos de los exponentes del caudal en las ecuaciones de geometría hidráulica para la profundidad y la pendiente, que se verifica experimentalmente en forma aproximada en los ríos con lecho de grava.

Con el objeto de describir las relaciones hidráulicas en ríos de grava Parker (2004) ha desarrollado expresiones para la geometría hidráulica basadas en ecuaciones de resistencia tipo Manning-Strickler, transporte de gravas (Parker 1979), número de Shields de formación del canal (Parker 1978) y producción de sedimentos en la cuenca. Estas expresiones han sido manipuladas algebraicamente y los coeficientes han sido calibrados con datos de ríos en Canadá (Alberta), en Inglaterra (Wales) y en EEUU (Idaho y Colorado River).

El modelo para estimar las dimensiones en régimen de un canal o río presentado por Eaton y Millar (2004) incorpora explícitamente el comportamiento de las márgenes. Las ecuaciones en las que se basa el modelo son resistencia al flujo, transporte de sedimentos y estabilidad de márgenes.

El modelo asume una sección trapezoidal para el canal y ajusta las dimensiones de la misma (ancho, tirante, talud) para resolver el sistema de ecuaciones y cumplir con las restricciones impuestas. Las opciones disponibles se basan en la optimización de las siguientes variables: 1) maximizar tensiones de corte (equivalente a minimizar el ancho del canal); 2) maximizar el transporte de sedimentos de acuerdo a la relación de Parker (1982); y 3) maximizar el transporte de sedimentos con la expresión de Meyer-Peter and Müller (1948).

Diversos factores afectan la estabilidad de la margen, como las propiedades texturales y geomecánicas de los materiales que la componen, el tipo y densidad de la vegetación y la geometría de la sección en esa región. En el modelo propuesto Eaton y Millar (2004) se incluyen estos efectos a través de una corrección en los factores geotécnicos de la margen.

En 1986 Hey y Thorne presentaron expresiones derivadas del comportamiento de canales en gravas de Inglaterra, considerando como variable el tipo de vegetación que compone la margen en términos del porcentaje de cobertura vegetal, aunque algunos investigadores sugieren el empleo del porcentaje de limos y arcillas para caracterizar la resistencia a la erosión de las márgenes.

En la Tabla 1 se incluye un resumen de los parámetros geométricos estimados para el caudal

formativo y la granulometría existente en el Río Salí. Estos valores han tenido por objeto establecer las dimensiones del canal principal de la sección compuesta propuesta.

Tabla 1.- Dimensiones para canal estable

Autor	Ancho [m]	Tirante [m]	Velocidad [m/s]	Pendiente [m/m]	τ^*
A	87	2.07	2.75	0.0024	0.073
LJ	75	1.94	2.23	0.0044	0.081
JW	71	2.01	1.61	0.0034	0.071
P	58	2.19	1.98	0.0020	0.044
EM	90	1.25	2.07	0.0035	-
HT	68	2.10	1.74	0.0019	-
Promedio	75	1.92	2.06	0.0029	0.067

GEOMETRÍA HIDRÁULICA DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN

El concepto de riesgo se ha definido como la conjunción de un factor natural aleatorio y un factor socioeconómico llamado vulnerabilidad. El primero sería como la sollicitación hidráulica, en principio invariable salvo por los cambios físicos de la cuenca de aporte y últimamente por los cambios climáticos. El segundo sería como la sensibilidad ante el suceso de la inundación, en cuanto afecta a bienes y personas. Si la inundación no compromete a nada o a nadie, el daño sería nulo y, en éste sentido de la definición el riesgo es nulo.

La visión tradicional de la ingeniería fluvial ha sido dimensionar las obras de acuerdo a la sollicitación, y dar por lo tanto, soluciones llamadas estructurales. Pero para que esto sea efectivo en la reducción real del riesgo hay que aplicar también medidas para reducir la vulnerabilidad, denominadas no estructurales. Ejemplos de medidas no estructurales son la planificación territorial de la llanura de inundación entre otras.

En general los criterios para caracterizar la sollicitación hidráulica son el tirante y la velocidad. Por ejemplo la inundación peligrosa es la que atenta a la vida de las personas y se las puede enmarcar en esta condición cuando se ubican en la parte sombreada de la porción izquierda de la Figura 48, es decir, tirante mayor de 1 m, velocidad mayor a 1 m/s o producto de ambas mayor a 0.5 m/s. Para bienes materiales en el sector derecho de la Figura 11 se presentan condiciones típicas de daño estructural a edificios en ladrillo, de daño a estructuras de madera y peligro para los vehículos.

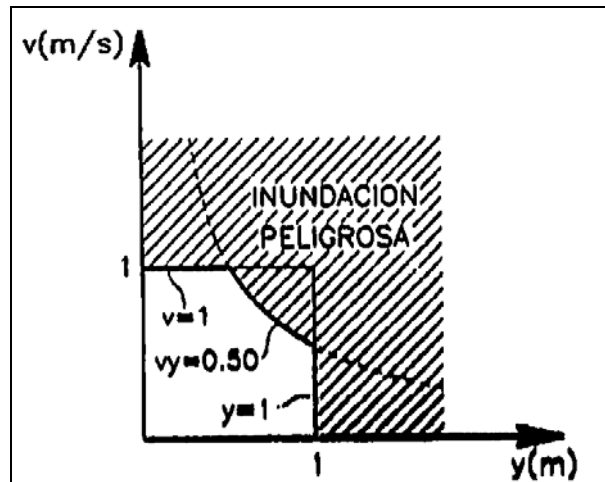


Figura 11. Condiciones de tirante (y) y velocidad (v) peligrosas para las personas

En el diseño de la sección tipo de la canalización del Río Salí se ha tenido en cuenta que las planicies de inundación pueden ser aprovechadas como espacios verdes para el desarrollo de actividades de recreación y de uso no permanente como canchas de fútbol, ciclo-vías o parques lineales. Esto permitiría la ocupación transitoria de las planicies para estas actividades y durante la ocurrencia de eventos extremos la demarcación de la línea de ribera constituiría el límite para la reducción del riesgo.

El criterio de diseño ha sido mantener en lo máximo posible las planicies de inundación del río. El ancho disponible entre barrancas se encuentra en promedio en el orden de 150 m, por lo que el ancho de planicies de inundación resulta de la resta entre el ancho entre barrancas y del cauce principal (75 m). A su vez teniendo en cuenta el uso temporario que pueden tener estas planicies se ha fijado un tirante del orden de 3 m como valor límite.

En resumen, es recomendable establecer dos niveles en el perfil transversal, uno para aguas bajas y altas y otro para las avenidas. Esto supone que para caudales menores a 250 m³/s el ancho del río será uniforme (75 m) y para caudales mayores el ancho de ocupación será una función del ancho de planicie de inundación disponible, de la diferencia de altura entre cauce y planicie y de la rugosidad relativa de las planicies (Figura 12).

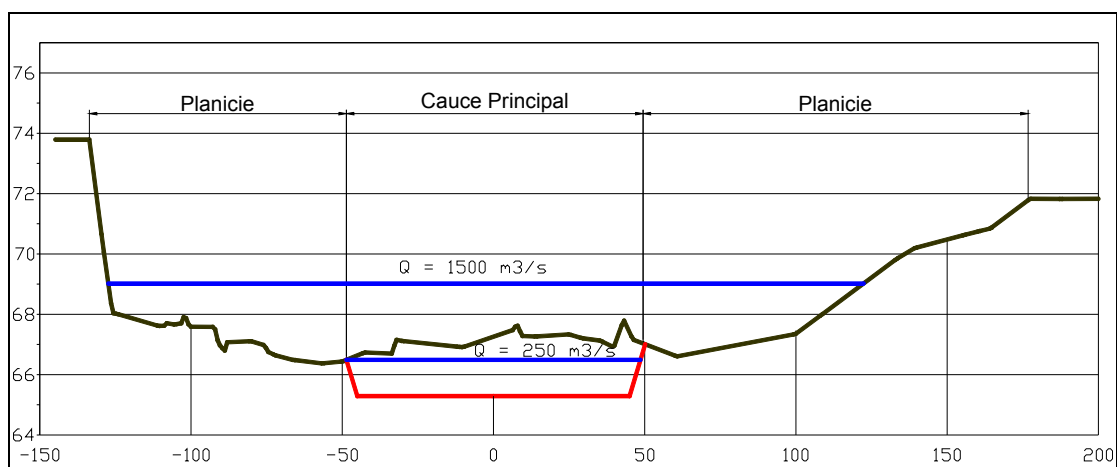


Figura 12. Sección transversal propuesta

CONCLUSIONES

Se han presentado algunos de los lineamientos fluvio-morfológicos esenciales que se han tenido en cuenta para el diseño racional del encauzamiento del Río Salí, en el tramo contiguo a las ciudades de San Miguel de Tucumán, Alderetes y Banda del Río Salí.

Para el diseño de la canalización se han considerado las propiedades de los sedimentos del lecho y su posibilidad de acorazamiento, utilizando el método de Gessler (1967). Con este método se obtuvo una granulometría para la coraza que ha sido verificada en campo con un análisis visual de la exhibida en el cauce.

Con el apoyo de métodos geométricos, estadísticos y morfológicos se ha estimado un rango de entre 220 y 315 m³/s para el caudal formativo del cauce.

A partir de la aplicación de una serie de formulaciones disponibles en la literatura se han determinado los parámetros de diseño para el encauzamiento. En resumen, es recomendable establecer dos niveles en el perfil transversal, uno para aguas bajas y altas y otro para las avenidas. Esto supone que para caudales menores a 250 m³/s el ancho del río será uniforme (75 m) y para caudales mayores el ancho de ocupación será una función del ancho de planicie de inundación disponible, de la diferencia de altura entre cauce y planicie y de la rugosidad relativa de las planicies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackers, P.** (1964). "Experiments on Small Streams in Alluvium", *Journal of the Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 90, No. HY4, July, pp. 1-37.
- Chang, H. H.** (1988). *Fluvial Processes in River Engineering*, Ed. J. Wiley & Sons, N.Y., U.S.A.
- Eaton, B.C., Millar, R.G.** (2004). "Optimal alluvial channel width under a bank stability constraint". *Geomorphology*, Vol. 62, pp. 35-45.
- Farias H. D.** (2005). "Forma en planta de ríos de llanura. Conciliación de criterios empíricos y analíticos para la identificación de umbrales morfológicos". *Segundo Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos*. Neuquén, Argentina, Noviembre 2005.
- Farias H. D.** (2005). "Análisis del concepto de caudal dominante en ríos aluviales y evaluación de metodologías de cálculo". *Segundo Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos*. Neuquén, Argentina, Noviembre 2005.
- Julien, P. Y.** (1995). *Erosion and Sedimentation*. Cambridge University Press. New York, United States of America.
- Maza A.,J.A. y García F.,M.** (1996). *Manual de Ingeniería de Ríos*. Series del Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Parker, G.** (2004). "1D Sediment Transport Morphodynamics with Applications to Rivers and Turbidity Currents". e-Book http://www.ce.umn.edu/~parker/morphodynamics_e-book.htm].
- Thorne, C.R., Bathurst, J.C., Hey, R.D. eds.** (1987). *Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers*. John Wiley and Sons, 995 pages [ISBN 0-471-90914-9].