

DISEÑO DE PROTECCIÓN EN UN MEANDRO DEL RÍO COLASTINÉ. ESTUDIOS BÁSICOS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

María Daniela Montagnini y Mario Luis Amsler

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral (UNL)

E-mail: danielamontagnini@yahoo.com.ar; mamsler2003@yahoo.com.ar - Web: <http://fich.unl.edu.ar/>

Introducción

El río Colastiné, cauce de segundo orden en el tramo medio del río Paraná, presenta la morfología típica de un curso meandriforme en toda su longitud, con anchos próximos a los 300 m y caudales para la condición hidráulica de desborde del orden de los 2200 m³/s (Ramonell, C. y otros, 2000). Su embocadura en el cauce principal se localiza al este del puente sobre el Arroyo Leyes (Ruta Provincial Nro. 1 y su desembocadura a la entrada del Canal de Acceso al Puerto de Santa Fe.

La principal fuente de provisión de agua que actualmente consume la ciudad de Santa Fe, está ubicada sobre este río. Su calidad es marcadamente superior a la proporcionada por la toma suplementaria sobre la laguna Setúbal. Esto ya fue señalado por Calusio y Meoli (1941), desde la Dirección de Estudios, Proyectos e Industrias de la entonces Obras Sanitarias de la Nación. En efecto, en 1941 realizaban un diagnóstico de situación de la provisión de agua cruda para consumo humano, que dio lugar al primer emplazamiento de la toma (Figura 1). En la misma época Demichelis y Gioioso (1945) anticipaban complicaciones para la aducción vinculada con la morfología y comportamiento hidráulico y sedimentológico del Colastiné en ese tramo, claro indicio de su fuerte dinámica fluvial, que culminara en el año 1983 durante la gran crecida del sistema fluvial del Paraná, cuando destruyó la toma.

Las instalaciones de toma y acueducto se reconstruyeron en 1994; la primera en la misma zona, pero con mayor capacidad de captación y conducción, para abastecer la creciente demanda con un horizonte de 30 años a partir de esa fecha (CRL-INCyTH, FICH-UNL, 1993).

En la misma década se construyeron también terraplenes de defensa de los poblados de la zona (con un sostenido proceso de incremento poblacional), para impedir el ingreso de las aguas en épocas de crecida del propio Colastiné y de la laguna Setúbal (FICH, 1998). En el sector en estudio, el terraplén denominado Garello, construido por método de refulado, presenta su traza muy próxima a la margen cóncava del meandro del río Colastiné (Figura 1).

Objetivos

Dado el alto valor de las obras mencionadas y su importancia estratégica para el desarrollo de la región, se planteó la necesidad de evaluar el daño eventual que provocaría su colapso para la población y estructuras asentadas en las áreas protegidas por el anillo de defensas y abastecidas por el acueducto. Teniendo en cuenta estas circunstancias, en este trabajo se describen dos alternativas de solución técnica para garantizar la vida útil de las obras terraplén de defensa Garello (en el tramo de contacto con el Colastiné) y toma de agua cruda del Acueducto Colastiné-Santa Fe, en condiciones de operación adecuadas. Las alternativas mencionadas son:

A. Protección de la margen cóncava de la curva con capa

de filtro y coraza; tecnología propuesta: bloques de hormigón vinculados a manta flexible.

B. Derivación parcial de caudales del Colastiné mediante reactivación de alguno de los cauces menores sobre su margen izquierda.

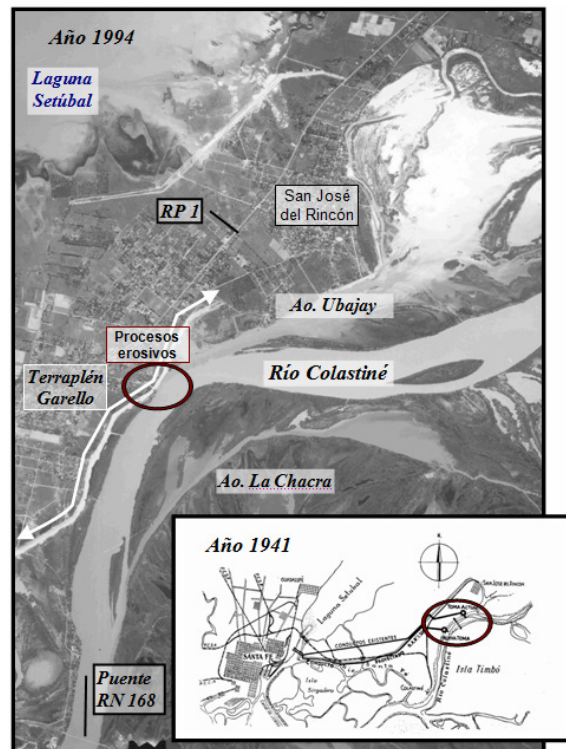


Figura 1.- Ubicación de zona de estudio. Se indican con elipses los sitios de emplazamiento de la toma del acueducto.

Materiales y Métodos

La recopilación y análisis de una importante cantidad de antecedentes, que incluyen siete relevamientos batimétricos de inspección del estado de taludes y las erosiones en la margen cóncava del Colastiné, en conjunto con las observaciones efectuadas en una campaña de mediciones hidráulicas y sedimentológicas en 2007, permitieron comprobar que los procesos erosivos de la margen derecha se encuentran activos y alcanzan magnitudes superiores a las deseables.

A partir de estas últimas mediciones se actualizó la descripción del estado del sistema, y se llevó a cabo una detallada descripción de la dinámica hidráulica y geomorfológica del tramo.

Concretamente, los estudios básicos consistieron en:

a) Análisis de aspectos morfológicos. Mediante el tratamiento de cartografía antecedente y actualizada de propia producción, fotografías aéreas e imágenes satelitales para el periodo 1942-2009, se determinó la evolución de líneas de márgenes e isóbatas de 0 m, 5 m, y 10 m, referidos al cero del hidrómetro local, para condiciones hidrológicas equivalentes, determinando valores netos de recrecimiento o degradación. Se describió

cuantitativa la dinámica hídrica del sector. Se cuantificó la evolución de la relación R/B (R: radios de curvatura, B: anchos de cauce). Su valor actual, menor que 3, permitió definir al meandro como de curvatura pronunciada de acuerdo a conocido método para flujos en curva.

b) Creciente de diseño. Para establecer la condición de diseño se consideró una creciente en el río Paraná comparable a la ocurrida en 1982-'83 maximizada, aplicada para el proyecto de todas las obras de defensa construidas en la zona durante las últimas tres décadas. Ello implica para el sector un caudal total (cauce más planicie aluvial en el Colastiné) de 8531 m³/s. La distribución temporal que se le asigna es la de la creciente mencionada. Ese caudal se determinó mediante la aplicación del modelo hidrodinámico KANALI (Ceirano y otros, 1982), que permitió establecer una cota de superficie de agua en el lugar de 17,20 m IGM. El caudal encauzado fue de 6335 m³/s. Se realizó también el cálculo de la pendiente hidráulica en cauce por subtramos.

c) Erosiones a considerar en el diseño. Se utilizó para el cálculo de erosión general la fórmula de Lischvan-Lebediev con distribución de caudales obtenida según Odgaard, que predijo una más eficiente distribución de caudales a lo ancho de la sección, compatible con los valores observados (Montagnini y Amsler, 2007).

d) Evolución de perfiles transversales y selección de sección transversal de diseño.

El conocimiento resultante del análisis de la evolución morfológica del sector, permitió desarrollar las dos alternativas mencionadas:

Alternativa A. Se definieron las solicitaciones a las que estará sometida la protección de margen mediante el método de Pilarczyk. Dimensiones. Altura nominal de la protección. Criterios de permeabilidad y retención de la manta de filtro.

Alternativa B. Se verificó la condición de estabilidad dinámica del arroyo La Chacra (Figura 1) mediante el método de Simons y Albertson (1963) (Bogardi, J., 1978) para la crecida de diseño. Diseño de la protección de la embocadura y cálculo de volúmenes de dragado para regularizar las secciones de escurrimiento.

Resultados

La condición morfológica del sector estaría asociada a la evolución del tramo de aguas arriba al estudiado, gobernada por el corrimiento del thalweg sobre margen izquierda aguas arriba de la desembocadura del Arroyo Ubajay, condicionando el desplazamiento del ápice del meandro hacia aguas abajo. Todo ello se tradujo en una reducción de los radios de curvatura. La presencia de una saliente resistente en margen derecha, aguas abajo del muelle de toma, y de las estructuras existentes en el sector consolidaría la situación de la margen y tendría un papel notorio en los procesos anteriores.

El estudio de dinámica hídrica efectuado posibilitó identificar la transfluencia de caudales en diagonal hacia la planicie de inundación en situación de creciente (marcadamente evidenciada sobre la planicie), buena parte de los cuales se dirigen hacia el Arroyo La Chacra. Ello fue importante para considerar a este último como una de las alternativas de solución.

Conclusiones

A pesar de la factibilidad técnica positiva de las dos alternativas planteadas, se seleccionó la Alternativa A a partir de una evaluación multicriterio. Este resultado se debe a los altos grados de incertidumbre que reviste la alternativa de derivación de caudales por un cauce menor en planicie de inundación; dicha solución tendría alta efectividad durante la ocurrencia de crecidas, pero prácticamente efecto nulo en condición de caudal encauzado en el Colastiné, durante la cual los procesos erosivos en la margen continúan degradándola.

La dinámica del tramo estaría entonces fuertemente asociada al caudal formativo, y no sólo a los caudales extremos en crecientes. El análisis de las distribuciones transversales de velocidades y caudales medidas y calculadas para condiciones próximas a la del caudal de desborde, ratifican la posibilidad de ese comportamiento.

Referencias Bibliográficas

- Bogardi, J.** (1978). *Sediment Transport in Alluvial Streams*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Calusio, J.C. y Meoli, G.** (1941). "Provisión de agua a la ciudad de Santa Fe. Nueva toma en el río Colastiné". *Boletín de Obras Sanitarias de la Nación*, Nro. 53. Noviembre de 1941.
- Ceirano, E.; Gioria, R. y Ércole, C.** (1982). "The Paraná Medio Hydrodynamic Model and its Calibration". *Water International*. Vol. 7, pp. 82.
- CRL-INCyTH, FICH-UNL** (1993). "Proyecto reconstrucción Acueducto Colastiné – Santa Fe. Informe de alternativas en anteproyecto". Centro Regional Litoral-Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas-Universidad Nacional del Litoral, Dirección Provincial de Obras Sanitarias de la Pcia. de Santa Fe.
- Demichelis, R. y Gioioso, E.** (1945). "Provisión de agua potable a la ciudad de Santa Fe. Obras de la nueva toma y conducto de impulsión". *Revista de la Administración Nacional del Agua*, Nro. 100 (octubre de 1945).
- FICH** (1998). "Auscultación de terraplenes de defensa. Sector Toma de Agua Colastiné (terraplén Garello)". Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL - Dirección Pcial. Obras Hidráulicas (DPOH), Ministerio de Obras, Servicios Públicos y Vivienda del Gobierno de la Pcia. de Santa Fe.
- Montagnini, M.D. y Amsler, M.L.** (2007). "Erosiones en una curva de meandro en el río Colastiné, Provincia de Santa Fe". *Tercer Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos*. Córdoba, Argentina. En CD.
- Ramonell, C.; Amsler, M. y Toniolo, H.** (2000). "Geomorfología del cauce principal". *El río Paraná en su tramo medio. Contribuciones al conocimiento y prácticas ingenieriles en un gran río de llanura* (Cap. 4, T. 1, pp. 173-232). Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional del Litoral. Argentina.