

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO ALUVIONAL EN CURSOS EFÍMEROS ATRAVESADOS POR CONDUCTOS SUBTERRÁNEOS. ESTUDIOS DE CASOS EN MENDOZA, ARGENTINA

Hector Daniel Farías

Instituto de Recursos Hídricos, FCEyT-UNSE
Av. Belgrano (S) 1912, (G4200ABT) Santiago del Estero, Argentina.
E-mail: hfarias@bigfoot.com - Web: <http://irh-fce.unse.edu.ar/>

Introducción

En este trabajo se presentan los estudios de riesgo aluvional que se aplicaron a una serie de cañadones que atraviesan la traza de un oleoducto y que pueden llegar a afectar la integridad estructural del mismo a través de eventuales procesos de erosión generalizada del lecho durante eventos hidrológicos severos.

El área de estudio comprende una serie de “cañadones”, que son unos cauces de régimen hidrológico efímero, se ubican como tributarios inmediatos sobre el flanco Norte (margen izquierda) del Río Colorado, en proximidades del ápice que configura el extremo Sud del territorio de la provincia de Mendoza, más precisamente sobre el cuadrante N-W del punto que define el límite entre las provincias de Mendoza, La Pampa, Río Negro y Neuquén (en sentido horario). El área se indica en la Figura 1.

En la región el clima es árido y semiárido y las precipitaciones generalmente no alcanzan a superar los 250 mm/año. Sin embargo, los cauces que atraviesan la traza del oleoducto poseen cuencas con rasgos geomorfológicos e hidrográficos tales que los eventos contados de precipitaciones convectivas que se producen por año suelen generar procesos erosivos significativos.

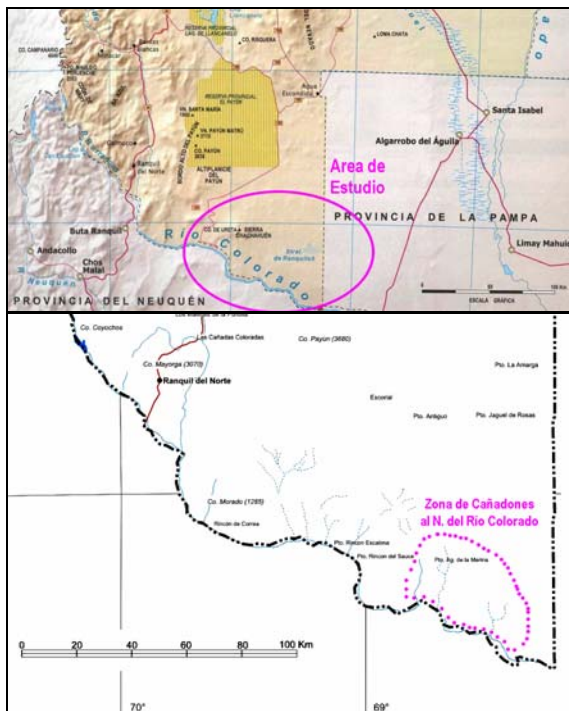


Figura 1.- Localización específica del área donde se ubican los cañadones tributarios sobre la margen izquierda del Río Colorado

Objetivos

El objetivo de la investigación es el de desarrollar un criterio metodológico para la evaluación del riesgo aluvional al que puede estar sometido un conducto subterráneo que atraviesa un curso efímero. La valoración

del riesgo ayuda a decidir la aplicación de medidas estructurales para mejorar los estándares de integridad estructural del ducto en la zona de cruces.

Comportamiento Hidráulico de los Cauces

La modelación del funcionamiento hidráulico de los cañadones se llevó a cabo con HEC-RAS, a partir de lo cual se estimó el perfil hidráulico del tramo, la función de descarga en la sección del ducto y distribución lateral de velocidades. A partir de esta última, se calcula la máxima erosión general probable para el caudal de diseño (recurrencia de 50 años). La erosión general se calculó a través de la aplicación de la relación genérica siguiente:

$$h_s = c_0 q^{c_1} / d^{c_2}$$

donde h_s es la profundidad media en una franja vertical del cauce, q es el caudal por unidad de ancho en esa franja y d es el tamaño mediano de las partículas de sedimento del lecho en la sección. Las constantes c_0 , c_1 y c_2 adquieren diferentes valores según sea el método considerado. Por ejemplo, la ecuación de Lischtvan & Lebediev (muy usada en Latinoamérica) para el rango de las arenas (y usando unidades SI) las constantes resultan 0.333, 0.710 y 0.199, respectivamente. Teniendo en cuenta el material arenoso grueso presente en todos los lechos de los cañadones, se adoptó como tamaño característico del mismo $d = d_{84} = 2.0$ mm para todos los cauces.

Tipificación de los Indicadores de Riesgo

Lo que se denomina “riesgo aluvional” se puede tipificar desde diferentes puntos de vista y en el marco de varias escalas de análisis. Por ejemplo, se puede proceder a nivel de cuenca, a nivel de cauces, a nivel de un tramo de cauce o una sección en particular, etc.

En el caso del impacto de los procesos aluvionales sobre obras de cruce, concretamente conductos, la tipificación puede hacerse también desde diferentes ópticas. En un trabajo reciente, Tchilinguirian et al. (2003) han desarrollado una metodología para tipificar el riesgo poniendo énfasis en los procesos erosivos sobre la pista del ducto, tanto por efecto de la escorrentía longitudinal a lo largo de la pista como por la acción de cauces que la atraviesan.

En este caso, el análisis se focaliza exclusivamente en el riesgo potencial inducido por el flujo concentrado de escorrentía conducida por los cañadones en la sección de cruce, en cuanto a la posibilidad de poner al descubierto al conducto una vez que los procesos erosivos alcanzan magnitudes del orden de la “tapada”.

Puesto que ya se han calculado cuantitativamente las magnitudes de las erosiones generales máximas esperables para las condiciones hidrológicas de diseño, los indicadores de riesgo a aplicar en este caso deberán expresarse a través de una comparación entre el valor de la erosión y la profundidad de ubicación de la cota de extradós del conducto, o “tapada”.

Según los planos conforme a obras, la tapada varía aproximadamente entre 1.20 m y 1.60 m en todas las secciones de cruces con cauces. Asimismo, debe tenerse en cuenta que los valores de erosiones calculados son puramente “determinísticos” sino que están asociados a un cierto margen de incertidumbre producto de una serie de situaciones que no se pueden cuantificar con precisión en la modelación a partir de la cual se originan los cálculos.

Por ejemplo, en todos los casos se adoptó un material característico $d = 2.0$ mm. Como se sabe, el tamaño de material es variable de sección en sección y también varía en una misma sección a través del tiempo, producto de la naturaleza de los procesos de deposición de sedimentos granulares al final de las crecidas y de la fuente de suministro de esos materiales en las áreas de generación en la cuenca. La incidencia de la incertidumbre en el tamaño de sedimento viene dada por la forma en que este aspecto interviene en la fórmula de cálculo, en este caso, la erosión varía con $d^{-0.2}$ a constancia del caudal específico q . Es decir, si se comete un error y el tamaño de sedimento resultara un 30% menor, la erosión se incrementaría sólo un 7.4%, lo cual no representa una magnitud alarmante.

Sin embargo, la incertidumbre en la distribución lateral de velocidades, y por ende, del caudal unitario, tiene un impacto sobre la erosión mucho más importante. En efecto, la erosión varía con $q^{0.71}$, de modo tal que si por alguna singularidad el flujo se concentra en un sector de la sección transversal de modo que se genera un incremento en el caudal específico del 30%, el aumento en la erosión será del 20.5%. Debe tenerse en cuenta que el modelo HEC-RAS es por naturaleza unidimensional y el mismo usa un algoritmo interno para generar la distribución lateral de velocidades. En la práctica se pueden producir un sinnúmero de situaciones (presencia de bloques de suelos, rocas, troncos, etc.) que pueden producir concentraciones de flujo que aumenten la erosión. Por lo tanto, las incertidumbres en este aspecto son mucho mayores.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, se han elaborado los siguientes criterios de calificación del riesgo de erosión (Tabla 1).

Tabla 1.- Criterios de valoración de riesgo para cada cruce

Denominación	Símbolo	Criterio de valoración del Riesgo
Muy bajo	B-	La erosión es menor que el 20% de la tapada mínima
Bajo	B+	La erosión se ubica entre un 20% y 35% de la tapada mínima
Medio moderado	M-	La erosión se ubica entre un 35% y 50% de la tapada mínima
Medio alto	M+	La erosión se ubica entre un 50% y 65% de la tapada mínima
Moderadamente alto	A-	La erosión se ubica entre un 65% y 80% de la tapada mínima
Muy alto	A+	La erosión es mayor que el 80% de la tapada mínima

Clasificación de los Cauces en cuanto al riesgo aluvional

Considerando los criterios de riesgo aluvional antes establecidos se procedió a la clasificación de cada uno de los cruces. En la Tabla 2 se presenta la calificación final, indicándose además los valores de erosión general máxima probable para el caudal de diseño y la cota mínima alcanzada por el thalweg de la sección erosionada para tal condición hidráulica.

Tabla 2.- Clasificación Final de Riesgo de cada cruce

Punto	Progresiva	Erosion	Cota Min.	Riesgo
P78	55977	0.89	653.67	A-
P75	54352	0.97	642.34	A+
P73	47673	0.99	677.77	A+
P70	45674	1.31	665.80	A+
P46	21700	0.54	598.48	M+
P43	21456	0.10	601.17	B-
P17	18624	0.48	622.58	M+
P4	6515	0.21	712.39	B-

Conclusiones y Recomendaciones

Se ha analizado el comportamiento hidrológico, hidráulico y morfodinámico de ocho cañadones que atraviesan la traza del oleoducto en puntos considerado críticos en relación a la posibilidad de ocurrencia de procesos aluvionales que pueden generar riesgos sobre la estabilidad de la estructura del conducto.

Los cañadones son unos cursos fluviales efímeros de morfología de tipo trenzado, típicos de climas áridos, con descargas extremas y de rápida variación y vegetación escasa. Transportan gran cantidad de materiales como carga de fondo durante eventos de escorrentía generados por tormentas convectivas intensas.

Los suelos típicos de la zona de estudio están constituidos por materiales granulares altamente erosionables ante la acción de corrientes de agua de tipo fluvial.

Las características hidrológicas de la región muestran eventos de escorrentía con competencia para generar importantes procesos de erosivos en los lechos de los cauces. Se han establecido las lluvias de diseño, se han modelado hidráulicamente los cauces y se han calculado las erosiones generales posibles en cada uno de ellos.

Asimismo, se ha desarrollado una metodología para la valoración de los riesgos a que se ve expuesto el conducto por procesos erosivos en cada cruce con un cañadón.

Se recomienda la implementación de esquemas ingenieriles para el control de los procesos erosivos en los cruces con riesgo muy alto. Por su parte, se recomienda evaluar la conveniencia de disponer medidas de protección en cruces tipificados como de riesgo ‘moderadamente alto’, desarrollando estudios más detallados.

Los dispositivos a diseñar son los típicos para el control de la erosión general en cauces aluvionales, es decir, mantas flexibles continuas o combinación de mantas con dispositivos del tipo “rastrillos”, dentellones, o similares.

Referencias Bibliográficas

- Duflho, A.C., Horne, F., Navedo, R. & Polla, G. (2001). “Diseño de obras de control de aluviones basada en simulación de procesos hidrológicos torrenciales en cuencas de la Patagonia”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.2, p.198-203, 2001. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB – [http://www.agriambi.com.br].
- Farias, H.D. (2008). “Estudio de Riesgo Aluvional. Cruces del Oleoducto ECN-JCP-PH con varios cañadones al Norte del Río Colorado. Provincias de Mendoza y Neuquén”. *Informe preparado para Serman & Asociados S.A. y elevado a Petroandina Resources Ltd.*
- Tchilinguirian, P., Guirin, A. & Genovesi, L. (2003). “Método de Evaluación y Mitigación del Riesgo de Erosión Aplicado a Poliductos en Ecosistemas del Monte Patagónico”. *II Congreso Hidrocarburos*, Buenos Aires, 29 jun./2 de jul. 2003, CD C749 4 0013812, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG), Buenos Aires, Argentina [http://biblioteca.iapg.org.ar/iapg/ArchivosAdjuntos/CONAID2/home.pdf].