

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE FLUJO Y SEDIMENTO EN BIFURCACIONES SOBRE CAUCES MEANDRIFORMES

Ruben, L. Dominguez y A. Mendoza

Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
Universidad autónoma metropolitana- Lerma.
E-mail: ldominguezruben@gmail.com

Introducción

Una de las configuraciones fluviales comúnmente observadas en grandes sistemas aluviales son las bifurcaciones. Dicha estructura controla la partición del flujo y sedimento logrando en ocasiones cierta estabilidad. Esta estabilidad ha sido evaluada mediante estudios íntegros de las diferentes variables en juego (Dargahi, 2004). Una de ellas, particularmente hablamos de la geometría, ha sido pobremente estudiada más aun cuando hablamos de bifurcaciones presentes en cauces curvos. Posiblemente alguno de los motivos involucrado se deba a su complejidad en campo para un estudio detallado o en laboratorio para su puesta en marcha. La importancia del trabajo radica en la evaluación de la condición más óptima de permanencia de este cauce bifurcado. Lograr discernir que geometría le permite una mayor 'vida' puede ser sumamente importante para la proyección de obras futuras sobre estos cauces bifurcados. En este sentido los estudios se centraron en explicar el comportamiento si involucrar a las geometrías presentes. Si bien ya existen algunos modelos 1D, 2D y hasta 3D (Klienmans et al., 2013) que tratan de predecir el dinamismo hidrosedimentológico de estas unidades no siempre, debido a las grandes simplificaciones incorporadas han permitido ser lo más aplicado.

La particularidad de los cauces curvos es la compleja estructura de flujo e interacción con el transporte de fondo que desarrollan estos.

Este trabajo tiene como objetivo presentar un estudio preliminar sobre la eficiencia en la captura de flujo y transporte de sedimento suspendido y fondo para diferentes configuraciones geométricas sobre una bifurcación en cauces curvos. Para ello se simulara con el sistema TELEMAT-MASCARET (Hervouet, 2007) bidimensionalmente, la hidrodinámica acoplada al transporte de sedimento para configuraciones geométricas aquí presentadas (i.e. ubicación del cauce secundario en la curva).

Metodología

El esquema geométrico general entre el cauce principal y secundario (i.e. espaciamiento entre cauces, anchos y longitudes) se adoptó en base a los parámetros expresados por Edmonds (2016), sobre cauces observados. Por su parte las geometrías adoptadas para la generación de las curvas se obtuvieron a través de la ecuación de Kinoshita (Abad y Garcia, 2009).

Los casos que se presentarán en este trabajo serán 3 (Tabla 1). En cada uno de estos se varió la posición de la bifurcación entre el cauce principal y secundario manteniendo el ángulo de salida fijo (90°) como lo muestra la Figura 1.

Definido el dominio general en los 3 casos se realizó el mallado del mismo. La malla fue generada por el software BlueKenue (Bluekenue, 2013), que permite el mallado no estructural con la condición de Delaunay. El espaciamiento entre nodos adoptados fue de 0.25m, generando mallas de dimensiones como se muestra en Tabla 1.

El modelo numérico aquí aplicado para la evaluación de los casos antes indicados, fue el sistema Telemac-Mascaret (Hervouet, 2007). Este es ampliamente utilizado debido a su

capacidad de cálculo y costo cero de aplicación. Telemac-Mascaret permite el cálculo hidrodinámico a superficie libre, utilizando para ello el método de elementos finitos. Además permite el acoplamiento del cálculo hidrodinámico con el de transporte de sedimento (de fondo y suspendido), a través del módulo SISYPHE (Tassi, 2017), basado en las ecuaciones empíricas de transporte.

Para la resolución del cálculo numérico se impuso una pendiente media del valle cercana a $1E-4$ y una la relación de ancho – profundidad (B/H) del canal principal de 20. Se modeló bajo una condición subcrítica con un caudal de entrada unitario y la altura de salida como el coeficiente de rugosidad (Manning), se calibró de tal manera de no incorporar perturbaciones a lo largo del dominio de estudio. Esto nos permite lograr una simetría hidrodinámica a lo largo del dominio. Se destaca que se incluyó la corrección de corrientes secundarias al cálculo hidrodinámico, desarrolladas por default por el modelo.

Respecto al módulo de transporte de sedimento, se simuló a fondo móvil con el modelo de Meyer-Peter and Muller (1948), y se incorporó el transporte en suspensión, considerando la ecuación de equilibrio de fondo de van Rijn (1984). Se incluyó una sola clase de sedimento de diámetro 2E-4m y se aplicó un factor morfológico igual a 5.

Definidas las condiciones hidráulicas y sedimentológicas el ciclo de cálculo numérico se inició con la simulación hidrosedimentológica del canal principal. La duración de esta simulación se evaluó en base a una condición de equilibrio dinámico, i.e. lograr un mínimo de variación del fondo sobre la zona cercana a la bifurcación. Finalizado esto, se incorporó a la simulación el canal secundario para cada uno de los casos. Nótese que inicialmente el fondo de los canales secundarios se consideró plano. Vale la pena mencionar que no se realizó una validación respecto a la magnitud del transporte de sedimentos debido a que lo que se toma en cuenta es el proceso físico y cuál es la interacción de la variable analizada -en este caso la ubicación del punto de bifurcación respecto a la curva- con la evolución morfológica del canal secundario.

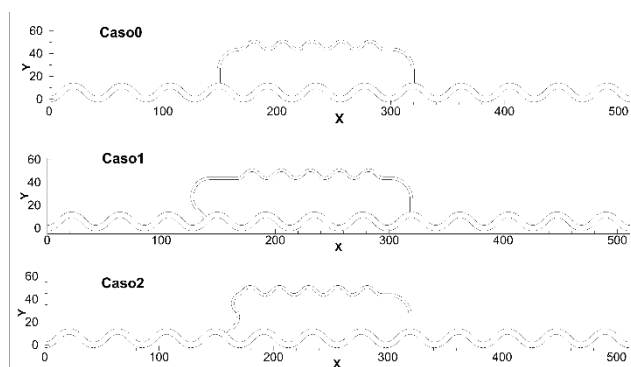


Figura 1.- Geometría resultante para los 3 casos aquí presentados.

Para los casos con el canal secundario se evaluó el equilibrio dinámico del fondo lograndolo en diferentes tiempos de simulación como lo indica la Tabla 1.

Cabe destacar que todos los casos se corrieron en una estación de trabajo, apta para cálculo en paralelo, con un total 64 núcleos y 128Gb de RAM.

Tabla 1.- Características y casos de estudio.

Casos	Posición de cauce secundario	Ángulo de salida	Número de elementos	Tiempo de simulación [s]
Caso0	Ápice	90°	124229	259200
Caso1	Aguas abajo del ápice	90°	126901	11232000
Caso2	Aguas arriba del ápice	90°	124073	13478400

Análisis de resultados

Los resultados obtenidos del modelo numérico Telemac-Mascaret han permitido avanzar de manera preliminar en el entendimiento de la fenomenología a un costo cero. Las figuras 2 y 3 muestran los 3 casos en un mapa de color de la variable (profundidad/ ancho H/B y caudal unitario q). Se destaca de la Figura 2 que los mayores cambios del fondo se producen para el Caso0 si se lo compara con las 2 restantes. A fin de evaluar las velocidades presentes en los 3 casos y el caudal ingresado al cauce secundario, la Figura 3 presenta el caudal unitario q , donde se destaca la clara capacidad de captura de la disposición Caso0.

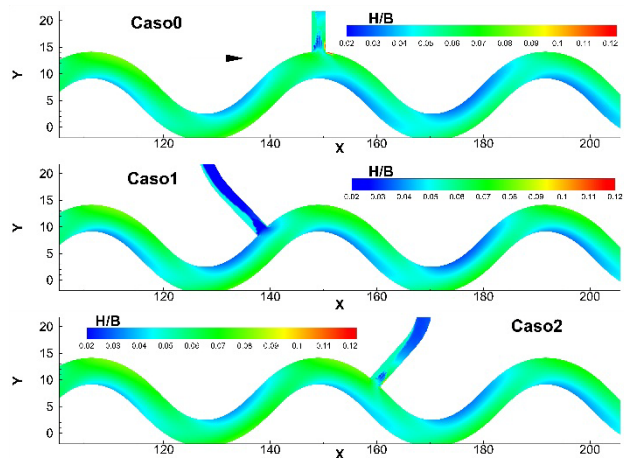


Figura 2.- Relación H/B (profundidad/ancho) para los 3 casos presentados.

A fin de evaluar las diferentes disposiciones aquí presentadas la Figura 4 muestra el porcentaje de captura de caudal líquido por parte del cauce secundario. Se observa como para el Caso0 se muestran mayores caudales líquidos con valores cercanos al 40% del caudal que ingresa al dominio.

Conclusiones

El presente trabajo muestra los resultados preliminares de la modelación bidimensional sobre una bifurcación para diferentes configuraciones geométricas usando el sistema Telemac-Mascaret. Se destaca que para los casos aquí presentados se observa una mayor eficiencia en la captura sobre la configuración que presenta el cauce secundario sobre el ápice de la curva (Caso0). Mayores cálculos numérico se deben realizar a futuro para reducir factores externos de cálculo y obtener mayores y mejores resultados.

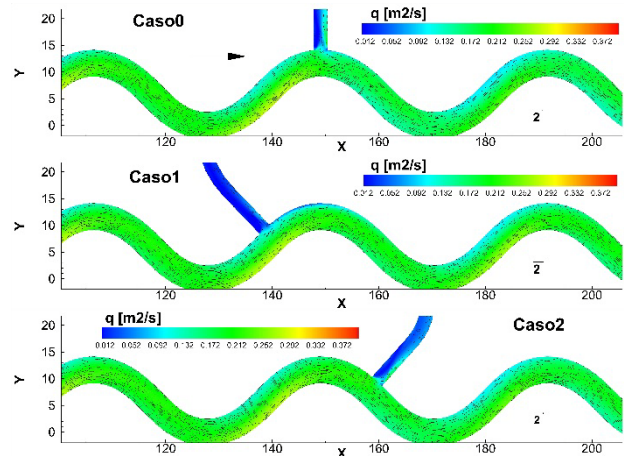


Figura 3.- Caudal unitario (q) para los 3 casos de estudio.

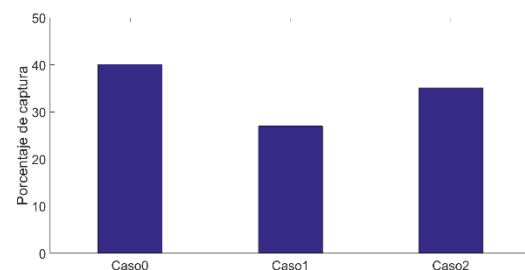


Figura 4.- Porcentaje de captura de los cauces secundarios respecto al que ingresa al dominio.

Referencias

- Abad, J. D., y García, M. H. (2009), Experiments in a high-amplitude Kinoshita meandering channel: 2. Implications of bend orientation on bed morphodynamics, *Water Resources Research*, 45, W02402, DOI: 10.1029/2008WR007017.
- BlueKenue (2013), Tutorial Manual for the Mesher in BlueKenue. Canadian Hydraulics Centre (CHC) of the National Research Council, 2013.
- Dargahi, B. (2004), Three-dimensional flow modelling and sediment transport in the River Klarälven. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29: 821–852. DOI:10.1002/esp.1071
- Edmonds, D. (2016), Avulsion flow-path selection on rivers in foreland basins, *Geology*, DOI: 10.1130/G38082.1.
- Hervouet, J. M. (2007), Hydrodynamics of free surface flows, modelling with the finite element method, Editions Wiley & Sons, 342 pp.
- Klienmans, M.G., Ferguson, R.I., Lane, S.N, y Hardy, R. J. (2012), Splitting rivers at their seams: bifurcations and avulsion. *Earth Surfaces Processes and Landforms*. DOI:10.1002/esp.3268.
- Meyer-Peter, E; Müller, R. (1948). *Formulas for bed-load transport*. Proceedings of the 2nd Meeting of the International Association for Hydraulic Structures Research. pp. 39–64.
- Tassi, P. A. (2017), Sisyph release 7.2-User manual. Available online at www.opentelemac.org.
- Van Rijn L.C., (1984) Sediment transport - Part II : suspended load. *J. of Hydraulic Division*, HY11:1631–1641.