

MODELACIÓN 1D Y 2D (OPTIMIZADO) DE UN TRAMO DEL RÍO PARANÁ PARA EL DISEÑO DE LA CONEXIÓN GOYA -RECONQUISTA

Gerado Hillman¹, Cecilia Pozzi Piacenza¹, Mariano Corral¹, Mariana Pagot¹, Andrés Rodríguez¹, Juan Hopwood² y Julio Cardini².

¹ Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Filloy s/n. Ciudad Universitaria. Córdoba. Te.: 0351-4334446. E-mail: gerardo.hillman@gmail.com

² Serman & Asociados S.A. Buenos Aires.

Introducción

Se presenta la descripción de las tareas asociadas al análisis hidrodinámico de un tramo del Río Paraná a la altura de las ciudades de Goya y Reconquista.

El modelo matemático bidimensional fue aplicado a partir de la valoración objetiva de variables hidráulicas como velocidades, profundidades, sobreelevaciones o niveles resultantes de la superficie libre del agua, utilizando también como elemento de comparación y de análisis, las líneas de escurrimiento preferencial del flujo ante la presencia de la obra y su contraste con las situación actual (sin puente).

Se destaca que con el objeto de optimizar los tiempos de cálculo se desarrolló un nuevo algoritmo de cálculo respetando las ecuaciones de gobierno y el esquema de elementos finitos. Este nuevo desarrollo computacional consistió en la paralelización de los procesos de cálculo, permitiendo disminuir el tiempo de proceso unas 27 veces respecto al esquema original (Andreotti et al, 2009).

Objetivos

Aplicar técnicas de optimización computacional al modelo hidrodinámico 2D RMA2© con el fin de mejorar el rendimiento del mismo.

Abordar en el trabajo dos escenarios de análisis, uno de larga duración (rugosidad baja), asociado a la creciente ocurrida en el año 1983 y otro de duración normal, asociado a la creciente del año 1998 (rugosidad alta).

Caracterizar las distintas rugosidades asociadas al tramo en estudio, a través del procesamiento de imágenes satelitales y el apoyo en campo necesario para la validación de las clasificaciones resultantes.

Calibrar los valores adoptados para las condiciones de borde aguas arriba ya aguas abajo del modelo a partir del análisis conjunto de elevación de superficie de agua extrapolada de datos de niveles observados en hidrómetros ubicados sobre el cauce principal (Bella Vista, Goya, Reconquista y Esquina) y la modelación 1D del tramo en estudio.

Materiales y Métodos

Las técnicas utilizadas para la optimización se componen de mejoras automáticas del compilador, programación paralela y librerías paralelas.

La herramienta utilizada para la modelación 2D fue el RMA2© y para la modelación 1D se utilizó HEC-RAS©.

Para ambos escenarios (rugosidad alta y baja) se definieron polígonos de rugosidades y luego se simuló escenarios sin puente y con puente para los caudales de recurrencia centenaria de 63400 m³/s y de recurrencia milenaria de 82700 m³/s.

Puesto que se evaluaron 16 configuraciones de obra, se presenta en este artículo la mejor alternativa, la cual resultó de evaluar sobreelevaciones, velocidades medias en puentes y las líneas de corriente resultantes entre el

escenario con obra y su comparación con el escenario sin obra.

El modelo se aplicó en un dominio de cálculo de aproximadamente 80 km de longitud por unos 40 km de ancho, centrando el mismo en el sector de la traza propuesta para el puente. Se procesó e incorporó la información topobatómica, diferenciándose las principales estructuras geo y fluviomorfológicas a partir de polígonos, que a su vez fueron analizados para la asignación de la rugosidad respectiva.

Una vez compatibilizada la información de base, se adoptaron distintos criterios de mado, con el objetivo de resaltar las principales estructuras fluviales y vías preferenciales de escurrimiento, aportando mayor resolución, en aquellas regiones de interés como las cercanías de la zona de traza, la ubicación de los albardones, islas del cauce principal y cauces menores definidos como el Río Mini y el Río Amores.

A través de los resultados obtenidos del procesamiento y análisis de imágenes satelitales se realizó la comparación de líneas de corriente generadas en las simulaciones con y sin obra. Este análisis se utilizó durante la etapa de propuesta de alternativas a los efectos de evaluar la reubicación y ampliación de puentes. Los resultados permitieron realizar ajustes menores y confirmar la ubicación de los puentes demostrando la consistencia de los patrones de flujo con y sin obra.

Evaluación de Resultados

La comparación de los resultados tuvo como objetivo principal determinar:

- La sobreelevación en la superficie libre como consecuencia de la presencia de la obra.
- La redistribución de caudales entre planicie y cauce principal.
- Las velocidades medias resultantes de la concentración de caudales en la planicie de inundación.

A partir de los aspectos mencionados, se propusieron y compararon 7 alternativas hasta arribar a la configuración seleccionada como definitiva. Cada opción permitió variar luces de puente en planicie, optimización de las dimensiones del puente principal y reubicación de puentes a lo largo de la traza. Se destaca que el número de puentes se mantuvo constante a la cantidad definida en el anteproyecto.

Conclusiones

La metodología adoptada permitió abordar un amplio dominio de análisis (80x40 km) considerando 12 clasificaciones de rugosidad, dos escenarios de modelación (rugosidad alta y baja) asociados a crecientes observadas y registradas. La incorporación de relevamientos de campo distribuidos en el dominio y el complemento resultante del análisis de imágenes satelitales, permitió calibrar en forma consistente los valores de Manning adoptados, conclusión a la que se

arriba por el ajuste del modelo en general, tanto desde el punto de vista de los niveles observados, las velocidades modeladas y la distribución de caudales entre planicie y cauce principal.

Calibrado el modelo y aprovechando al máximo su nueva versatilidad como consecuencia de la paralelización del código fuente, se logró arribar a niveles de detalle del orden de los 10 m en la zona de aliviaderos, prescindiendo de estrategias de anidación, con lo cual se pudo caracterizar de manera acabada los aspectos hidráulicos de mayor interés como las sobreelevaciones resultantes y las velocidades locales en las zonas de contracción.

La optimización del diseño se llevó a cabo contrastando también las dimensiones y ubicación de los puentes como consecuencia de la superposición de las líneas de escurrimiento resultantes del modelo con obra respecto al modelo sin obra y el respectivo análisis de las imágenes satelitales disponibles.

Referencias

Rodríguez, A., Bravo, H., Farias, H., Brea, D., Castello, Hillman, G., Weber, J., Pagot, M., & Spalleti, P. (2003). *Hydraulic analyses for a new bridge over the Parana River, Argentina*. International Journal of Sediment Research, nro. 18, Vol. 2, 166-175, China. ISSN 1001-6279.

Farias, H., Rodriguez, A., Brea, D., Bravo, H., Castello, E., Hillman, G., Pagot, M., & Martinez, R. (2003). *Morphodynamic analysis of a large plain alluvial river in relation to cross-channel road and bridge works*. III. IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics (Barcelona, 1-5 September 2003). RCEM 2003. ISBN 90-805649-6-6.

Rodríguez, A., Hillman, G., Farías, H., Brea, D., Bravo, H., Pagot, M. & Huerta, P. (2004). *Simulación hidrodinámica de un tramo medio del Río Paraná para la interconexión vial Goya-Reconquista*. Mecánica Computacional, (G. Buscaglia, E. Dari y O. Zamosky Eds.), Publicación de AMCA, Vol. XXIII, pgs. 1325-1342, Bariloche, Arg., ISSN 1666-6070.

Andreotti, A., Hillman, G., Pozzi, C., Rodriguez & Indigo SA. (2009). *Optimización de un Modelo Hidrodinámico Bidimensional*. Congreso Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería CMNI'09, CIMNE, Barcelona, Spain