

Condiciones de contorno internas en flujos transitorios bidimensionales: aplicación a regulación de compuertas en ríos

Tema M , tema D

Morales-Hernández, M., Murillo, J., García-Navarro, P.

Universidad de Zaragoza

[*mmorales@unizar.es*](mailto:mmorales@unizar.es)

Las condiciones de contorno internas responden a la necesidad de evaluar flujos físicos evitando resolver nuevos sistemas de ecuaciones y por lo tanto una alternancia en el esquema numérico utilizado. En este trabajo se incluye la modelización de compuertas como agente regulador del flujo de agua. El flujo a través una compuerta no puede ser definido como flujo de superficie libre y la hipótesis de presión hidrostática ya no es válida por lo que el sistema de ecuaciones de conservación de masa y momento del flujo de superficie libre no es adecuado y se requiere la participación de leyes de conservación de energía. Este cambio en el sistema de ecuaciones se evita modelando las compuertas como una discontinuidad entre las superficies de las celdas adyacentes y generando un algoritmo alternativo al esquema usado en las celdas ordinarias. Con este fin, se definen condiciones de contorno internas donde hay que imponer un número de variables adecuadas según sea el flujo.

La discretización de este tipo de condición de contorno que modela el flujo a presión en una compuerta y que garantiza una correcta conservación de la masa se detalla en la primera parte de este trabajo. La forma más explícita de regular el flujo másico es utilizar como condición de contorno el caudal unitario que atraviesa la compuerta en función de los niveles. De esta forma, una vez calculado el flujo unitario q circulante a través de la compuerta, este valor será compartido por las celdas vecinas en cuyo lado de interacción se localiza la compuerta. Este algoritmo ha de ser totalmente general y capaz de contemplar todo tipo de situaciones, como desniveles de fondo a ambos lados y simular tanto flujo libre como ahogado en ambos sentidos.

En la segunda parte de este trabajo se aplica esta formulación de las condiciones de contorno internas a un caso test académico. Éste consiste en un río provisto de tres áreas de almacenamiento de agua (o áreas de inundación controlada) conectadas al mismo río a través de tres compuertas laterales que permiten el paso del agua en ambos sentidos. Se consideran estas áreas de inundación controlada como posible herramienta para intentar mitigar el efecto de las grandes avenidas.

Una vez conocido el objetivo utilizamos el análisis dimensional para poder conocer qué variables gobiernan nuestro fenómeno y que relaciones se pueden establecer entre ellas. Las dependencias entre los números adimensionales se han explorado usando la simulación.

Con el fin de obtener un aprovechamiento óptimo de las zonas inundables, es decir, una laminación máxima del pico de caudal a la entrada, se han implementado dos algoritmos sencillos de regulación: un mecanismo de control denominado *On/Off* y un controlador *PID*. El objetivo del algoritmo de control en nuestro caso es ajustar la posición de las compuertas de acuerdo con el método de control establecido. En función de los niveles reales (no medidos con sensores, sino obtenidos mediante el método de simulación del flujo) y el nivel de referencia o *setpoint*, el algoritmo proporcionará una nueva posición para la compuerta sobre la que actúe. Se han simulado varios escenarios con distintos hidrogramas para analizar la conveniencia de la implantación de algún tipo de algoritmo de control.

REFERENCIAS

K.J. Aström *Control System Design*, Prentice Hall International UK., 2002

R. Bernetti, V.A. Titarev, E.F. Toro. *Exact solution of the Riemann problem for the shallow water equations with discontinuous bottom geometry*. *Journal of Computational Physics* **227**, 3212-3243, 2008.

D.L. George. *Augmented Riemann solvers for the shallow water equations over variable topography with steady states and inundation*. *Journal of Computational Physics* **227**, 3089--3113, 2008.

R.J. Leveque. *Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems*. Cambridge University Press, New York, 2002, p. 311, 2002.

J. Murillo, J. Burguete, P. Brufau, and P. García-Navarro. *The influence of source terms on stability, accuracy and conservation in two-dimensional shallow flow simulation using triangular finite volumes*. *International Journal of Numerical Methods in Fluids* **54**, 543--590, 2007.

J. Murillo, P. García-Navarro. *Weak solutions for partial differential equations with source terms: Application to the shallow water equations*. *Journal of Computational Physics* **229**, 4327--4368, 2010.

K. Ogata *Ingeniería de control moderna*. Prentice Hall, 2ª Ed.

E.F. Toro. *Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics*. Springer, Berlin, 1997, p. 526.

E.F. Toro. *Shock-Capturing Methods for Free-Surface Shallow Flows*. Wiley, New York, 2001, p. 109.