

Numerical and Physical Modelling Approaches to the Study of the Hydraulic Jump and its Application in Large-Dam Stilling Basins

Modelación Numérica y Física para el Estudio del Resalto Hidráulico y su Aplicación en Cuencos Amortiguadores de Grandes Presas

Resumen

El resalto hidráulico constituye uno de los fenómenos más complejos con aplicación en el campo de la ingeniería hidráulica. Por un lado, las propias características del resalto, entre las que se encuentran las grandes fluctuaciones turbulentas, la intensa entrada de aire y una disipación de energía muy significativa, contribuyen a su complejidad situando el conocimiento actual del fenómeno lejos de una comprensión total del mismo. Por otro lado, es precisamente la naturaleza disipadora de energía del resalto la que da lugar a su principal aplicación práctica.

Así pues, la investigación que aquí se presenta trata de contribuir al conocimiento general del resalto hidráulico y su aplicación para disipar energía en cuencos amortiguadores de grandes presas. Para ello, se abordaron las bases del fenómeno mediante la caracterización de un resalto hidráulico clásico (RHC). La investigación se llevó a cabo bajo una doble perspectiva de modelación numérica y física. Se emplearon técnicas de Dinámica de Fluidos Computacional (DFC) para la realización de simulaciones de este resalto hidráulico, a la vez que se llevó a cabo una campaña experimental en un modelo físico específicamente diseñado para tratar el caso. De este modo, se abordaron los aspectos más relevantes del resalto hidráulico, incluyendo el ratio de calados conjugados, la eficiencia del resalto, la longitud de la zona de recirculación, el perfil de la lámina libre, las distribuciones de velocidad y presión, la longitud del resalto y el análisis de frecuencias. Los resultados de los modelos físico y numérico fueron comparados, no solo entre ellos, sino también con información de otros autores procedente de una extensa revisión bibliográfica. Ambos modelos mostraron su capacidad para representar con precisión la lámina libre del resalto hidráulico, la longitud de la zona de recirculación, la eficiencia y el ratio de calados conjugados, de acuerdo con las fuentes de contraste. Con respecto a las distribuciones de velocidad y presión, los modelos mostraron ciertas discrepancias, a pesar de que, en general,

los resultados se situaron en la línea de datos y expresiones bibliográficos. En base a este análisis se observa que la metodología empleada resulta adecuada para la investigación del fenómeno a estudiar.

Una vez llevada a cabo la caracterización del RHC, se procedió a analizar un cuenco amortiguador para disipación de energía. En particular, se estudió un caso general y representativo de cuenco amortiguador tipificado USBR II, a partir de la doble perspectiva de modelación física y numérica. Asimismo, los resultados se compararon con datos y expresiones bibliográficas. Esta comparación pretendía evaluar los rasgos particulares del resalto hidráulico en cuencos amortiguadores de grandes presas, así como la influencia de los elementos disipadores de energía en el flujo. El análisis incluyó la forma del resalto hidráulico, perfiles de velocidad, presiones y distribución de la fracción de vacío. Los resultados revelaron ciertas similitudes con el RHC, pero también la influencia de los elementos disipadores de energía presentes en el cuenco amortiguador. Todos estos resultados mostraron estar en la línea de las investigaciones de otros autores, más allá de ciertas diferencias relativamente pequeñas. En consecuencia, la metodología desarrollada muestra su utilidad para abordar el estudio del flujo en cuencos amortiguadores.

En general, la investigación que aquí se presenta respalda el uso de una metodología de modelación desde la doble perspectiva física y numérica, para el estudio de flujos complejos y su interacción con estructuras hidráulicas. En concreto, los resultados contribuyen a expandir el conocimiento sobre el RHC y el flujo en un cuenco amortiguador tipificado USBR II. Así pues, los resultados pueden emplearse para mejorar el diseño de estructuras de disipación de energía en grandes presas. Durante los últimos años, la adaptación de cuencos amortiguadores a caudales superiores a los empleados para su diseño ha ganado gran relevancia. Esta adaptación resulta clave por los efectos del cambio climático y las crecientes exigencias de la sociedad en materia de seguridad y protección frente a avenidas. De este modo, toda contribución a la modelación de resaltos hidráulicos, como la que aquí se presenta, resulta crucial para afrontar el reto de la adaptación de las estructuras hidráulicas para disipación de energía.