

Línea prioritaria D: Seguridad de presas. Aspectos hidrológicos e hidráulicos

HACIA LA CARACTERIZACIÓN DE LA TURBULENCIA EN RESALTOS HIDRÁULICOS CON EL MÉTODO DE IMÁGENES BIV

Juan T. García, Luis G. Castillo, Antonio Viguera-Rodríguez y José M. Carrillo

Grupo I+D+i Hidr@m. Universidad Politécnica de Cartagena. UPCT

1. INTRODUCCIÓN

La técnica BIV fue introducida por Ryu et. al (2005) para medir el campo de velocidades en flujos altamente aireados desde el análisis de imágenes retroiluminadas, sin necesidad del laser. Los flujos con burbujas se iluminan desde atrás por una fuente de luz uniforme, mientras una cámara de alta velocidad captura las texturas de sombra creadas por la interfaces gas-líquido (Muste et al., 2017). La profundidad de campo es limitada, así que los objetos aparecen nítidos solo en unos pocos centímetros. Esta técnica ya ha sido utilizada para medir la estructura del flujo en resaltos hidráulicos en la zona aireada por Lin et. al (2012). En su estudio analizó la intensidad de turbulencia, la función de autocorrelación de las tensiones de Reynolds y el espectro de densidad de potencia.

Las características de la turbulencia en resaltos hidráulicos han sido estudiados con MicroADV en resaltos hidráulicos, en la zona poca aireada y con bajos números de Froude por Liu et al. (2004). El tamaño del remolino disipativo se calculó utilizando la teoría de Kolmogorov de la turbulencia isotrópica local (Pope, 2001).

Algunos parámetros de turbulencia han sido estudiados para entender el proceso de disipación de energía a lo largo de resaltos hidráulicos y así, mejorar el diseño de las estructuras hidráulicas (Nezu & Nakagawa, 1993). En este artículo se presentan los primeros resultados experimentales de la estructura de la turbulencia en la zona de mezcla, en resaltos hidráulicos totalmente desarrollados (números de Froude en el rango 4.9-8.0), a través de Velocimetría de Imagen de Burbujas (BIV).

2. EQUIPO EXPERIMENTAL

Los ensayos se llevaron a cabo en un canal de 12.5 m de largo y 0.31 m de ancho. Los caudales estuvieron en el rango de 11.52-16.66 l/s. La Tabla 1 resume las principales características, donde h_1 and h_2 , son los calados aguas arriba y aguas abajo del resalto, respectivamente.

Table 1. Detalles de la campaña experimental

Serie	h_1 (mm)	h_2 (mm)	Q (l/s)	Fr (-)
1	23.0	144.5	16.66	4.9
2	13.0	120.0	11.52	8.0
3	17.5	130.0	14.44	6.4

Una cámara de alta velocidad FASTCAM SA3 Modelo 120K (Photron Limited) con la siguiente configuración: un objetivo zoom con distancia focal de 60 mm de Nikkor, apertura de la lente f/5.6, píxeles de resolución 128x128, 8 bits \rightarrow 255 sombras y una distancia horizontal desde la cámara hasta el resalto hidráulico de alrededor de 1.50 m. La iluminación del ensayo se estableció con 8 bombillas de luz regulares de 800 W, con montajes reflectantes en el frente y la parte posterior del flujo (Lin et al., 2012). La velocidad de la cámara fue de 1,000 Hz; las dimensiones de los píxeles son 0.00017 m / pixel. Se hicieron tomas en varias secciones del resalto hidráulico y a diferentes profundidades de flujo. Las tomas se analizaron en pares consecutivos aplicando un algoritmo de cross-correlación, en un área de interrogación de 64 x 64 píxeles y ventanas secundarias de 32 x 32 píxeles, en una búsqueda de un solo paso y

superposición del 50%. No se aplicaron técnicas de eliminación de ruido. El software PIVlab 1.41 se utilizó para la correlación cruzada. Este programa es una herramienta abierta en MATLAB®. Cada prueba se repitió tres veces. Alrededor de 80,000 imágenes fueron grabadas cada vez.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las diferentes secciones medidas, se calculó la ley de similitudes de velocidad promediada y longitudinal. Los resultados están de acuerdo con Lin et al. (2012). También se obtuvo los espectros de densidad de potencia unidimensional de la componente de velocidad longitudinal, $S_{uu}(f)$. Las técnicas de reducción de datos y promediado se aplicaron al cálculo de espectros para reducir el sesgo y la variabilidad, respectivamente (Muste et al., 2017). En cada punto medido, se estudió dónde el flujo permanece isotrópico y donde la turbulencia de las burbujas es aditiva a la turbulencia de pared (Shawkat et al., 2007). Las características de flujo medidas también incluyeron cantidades estadísticas tales como la intensidad de la turbulencia, las tensiones de Reynolds, la función de distribución de probabilidad, los factores de asimetría y alisamiento, así como la función de autocorrelación. La Figura 1 presenta la densidad de potencia espectral de la velocidad en dos puntos medidos.

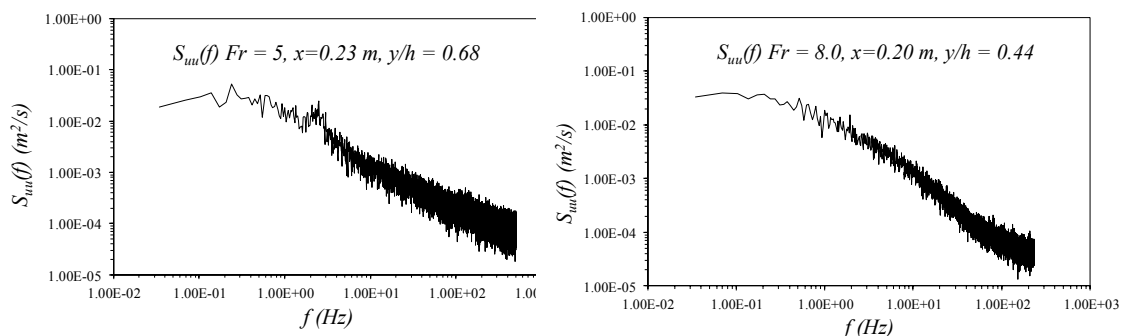


Fig.1. Espectros de densidad de potencia. Componente longitudinal de velocidad en el área de mezcla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrian, R.J. and Westerweel, J. (2010). Particle Image Velocimetry. Cambridge University Press.
- Lin, C., Hsieh, S. C., Lin, I. J., Chang, K. A. & Raikar, R. V., (2012). Flow property and self-similarity in steady hydraulic jumps. Experiments in Fluids, 53(5), 1591-1616.
- Liu, M., Rajaratnam, N. & Zhu, D. Z., (2004). Turbulence structure of hydraulic jumps of low Froude numbers. Journal of Hydraulic Engineering, 130(6), 511-520.
- Muste, M., Lyn, D.A., Admiraal, D., Ettema, R., Nikora, V. & Garcia M. H. (Eds.), (2017). Experimental Hydraulics: Methods, Instrumentation, Data Processing and Management: Volume I: Fundamentals and methods. CRC Press.
- Nezu, I. & Nakagawa, H., (1993). Turbulence in open-channel flows. CRC Press.
- Pope, S. B. 2001. Turbulent flows. Cambridge University Press.
- Ryu, Y., Chang, K. A. & Lim, H. J., (2005). Use of bubble image velocimetry for measurement of plunging wave impinging on structure and associated greenwater. Measurement Science and Technology, 16(10), p. 1945.
- Shawkat, M. E., Ching, C. Y. & Shoukri, M. 2007. On the liquid turbulence energy spectra in two-phase bubbly flow in a large diameter vertical pipe. International journal of multiphase flow, 33(3), 300-316.
- Thielicke, W. & Stamhuis, E. (2014). PIVlab—towards user-friendly, affordable and accurate digital particle image velocimetry in MATLAB. Journal of Open Research Software, 2(1).