



CÓRDOBA, ARGENTINA

MEMORIAS

DEL VII SIMPOSIO SOBRE MÉTODOS
EXPERIMENTALES EN HIDRÁULICA,
HIDROLOGÍA E HIDROMETEOROLOGÍA

4 AL 6 DE OCTUBRE DE 2023



Memorias del VII Simposio sobre Métodos Experimentales en Hidráulica, Hidrología e Hidrometeorología

Editores

Carlos Marcelo García

*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Universidad Nacional de Córdoba.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

José Manuel Díaz Lozada

*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Universidad Nacional de Córdoba.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

Ricardo Szupiany

*Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

Compaginación y Edición Gráfica

Joaquín Sebastián Segura Ellis

*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Universidad Nacional de Córdoba.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

Rocío Bianchi

*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Universidad Nacional de Córdoba.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

Andrés Portigliatti

*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Universidad Nacional de Córdoba.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

Memorias del VII Simposio sobre Métodos Experimentales en Hidráulica, Hidrología e Hidrometeorología / Carlos Marcelo García; Jose Manuel Diaz Lozada; Szupiany Ricardo N.- 1a ed.- Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2023.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-33-1765-5

VERIFICACIÓN DEL DISPOSITIVO DE AFORO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE LA REGIÓN SERRANA DE CÓRDOBA MEDIANTE TÉCNICAS EXPERIMENTALES Y MODELACIÓN NUMÉRICA

José G. León^{1;2}, Adriana B. Muchiut³, Iván M. Ragessi^{4;5}, José M. Díaz Lozada^{1;2;4}, Ana H. Heredia Ligorria^{1;4} y Carlos G. Catalini^{1;5}

1: Instituto Nacional del Agua – Centro de la Región Semiárida; CONICET; Municipalidad de Villa Carlos Paz; 4: FCEfyN – UN Córdoba; 5: F. de Ing. UC de Córdoba.

Medrano 235. Va. Carlos Paz, 3516325672, jleon@ina.gob.ar

Palabras Clave: potabilización, velocimetría acústica Doppler, fluidodinámica computacional.

Área temática del Simposio:

Aplicación de técnicas experimentales para la caracterización de procesos físicos.

Introducción

En un proceso de potabilización es fundamental medir el caudal de agua cruda (Q) que ingresa a la planta porque esta variable, además de determinar la cantidad extraída de una fuente, controla parámetros básicos en operaciones unitarias como el tiempo de residencia, la concentración de productos químicos en la dosificación y la intensidad del gradiente de mezcla en dispositivos hidráulicos (McCabe *et al.*, 2004). En este sentido, como la eficiencia de dichas operaciones es dependiente de Q , su correcta y continua medición es condición básica para optimizar el rendimiento general del sistema.

Un dispositivo ampliamente utilizado para medir Q en sistemas de tratamiento de agua es la canaleta Parshall (cP), el cual funciona asumiendo que el flujo de agua a través de un estrechamiento en un canal produce una carga hidráulica (h) proporcional al flujo volumétrico en cierto punto aguas arriba de dicha angostura (Hendricks, 2011). Una cP comprende un tramo de canal de proporciones específicas entre sus dimensiones (sistema primario), el cual produce la mencionada carga hidráulica y de un instrumento de medición de nivel del agua (sistema secundario) que mide el nivel de esta carga (Davis, 2019).-Entre las ventajas del uso de estos dispositivos pueden mencionarse una pérdida de carga relativamente baja, un amplio rango de medición, bajo mantenimiento de operación y la posibilidad de producir la mezcla rápida. Sin embargo, existen estudios que documentan imprecisiones en la medición de Q derivadas de instalaciones no ideales (ref. en Khosronejad *et al.* 2021); por tanto, para obtener un desempeño adecuado es necesario que se respeten las dimensiones preestablecidas y que sea sujeto de acciones periódicas de control y verificación de su funcionamiento (USB, 2001, EPA, 2017). En el presente trabajo se estudió una cP que mide el Q de ingreso de agua cruda a la planta potabilizadora de agua de Cuesta Blanca (PCB). Esta planta abastece al área urbana de la ciudad de Villa Carlos Paz y localidades del sur del Valle de Punilla (ca. 100.000 habitantes permanentes que llegan a triplicarse durante la temporada estival).

Métodos

Se construyó un modelo conceptual del dispositivo inspeccionando la cP y evaluando: a) dimensiones (Figura 1); b) adecuación del tamaño del dispositivo al Q de operación; c) ubicación y características del canal aguas arriba; d) estado de los materiales; y e) verificación del cero de la escala.

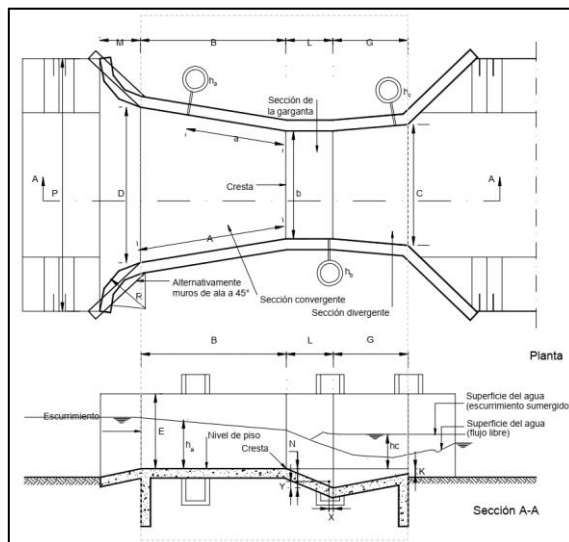


Figura 1.- Dimensiones relevadas en la cP (ENOHA).

A fin de estudiar la relación h - Q en la cP, se realizaron mediciones puntuales de Q en la sección convergente a la altura de la cámara de aquietamiento mediante velocimetría acústica Doppler (ADV) utilizando un instrumento marca YSI/SonTek® modelo FlowTracker 2.

Adicionalmente, se utilizó una técnica informática basada en aplicación de fluidodinámica computacional (CFD), la cual permite estudiar el flujo en la cP, obtener una curva h - Q y estimar el gradiente de mezcla y el tiempo de residencia en la cP. Se utilizó en forma combinada Gmsh® (Geuzaine y Remacle, 2009) y el paquete de librerías de OpenFOAM® (OpenCFD, 2005), que ofrece herramientas de pre y post-procesamiento. Se utilizó el post-procesador paraView, que permite la visualización y análisis de datos.

Resultados

La diferencia entre las mediciones de la cP en la PCB y las de un dispositivo estándar osciló entre -1.7% y 1%, a excepción del escalón al final de la sección divergente, que resultó ser casi el doble de alto en la PCB (Tabla 1).

Tabla 1.- Comparación entre las medidas (en mm) de una cP estándar y las de la cP de la PCB (ver Fig. 1 para referencias). Los asteriscos indican estructuras ausentes en la cP de la PCB.

	cP estándar	cP PCB	Diferencia	Diferencia
b	610	608	2	0.3%
A	1524	1550	-26	-1.7%
a	1016	1005	11	1.1%
B	1495	1520	-25	-1.7%
C	914	900	14	1.5%
D	1206	1200	6	0.5%
L	610	610	0	0.0%
G	914	920	-6	-0.7%
K	76	160	-84	-110.5%
M	381	*		
P	1854	1870	-16	-0.9%
R	508	*		

Además, se observó la ausencia del muro guía que disminuye la turbulencia en la transición entre el canal y la cP y una diferencia de 5.15 cm entre el nivel de la solera de la sección convergente y el cero de la escala de medición. Por este último motivo, la medición obtenida de dicha escala estaría subestimando Q en aproximadamente 46 L/s, los cuales constituyen *ca.* el 9 % del Q máximo de tratamiento.

Al igual que lo observado visualmente y mediante ADV, el modelo numérico muestra con detalle la no uniformidad del flujo junto a las marcadas tridimensionalidad y recirculación presentes (Figura 2).

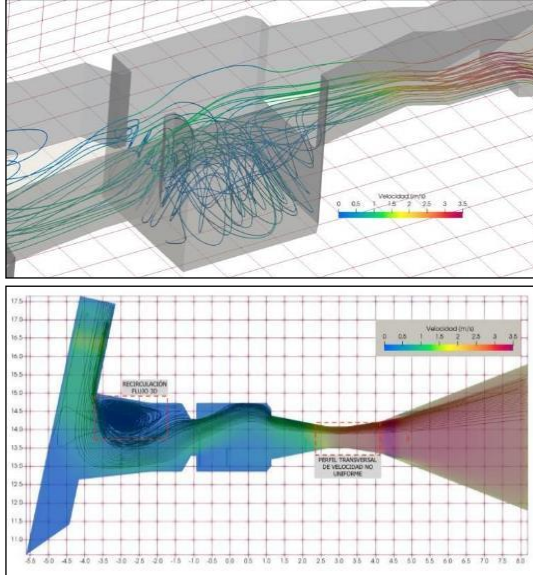


Figura 2.- Campo de velocidad obtenido mediante CFD.

Este comportamiento hidráulico es causado por el cambio de dirección de la corriente de agua proveniente del canal de ingreso, al cual se agrega el efecto producido por una profundización en el canal de ingreso en donde desemboca una cañería de DN600 mm que suplementa el ingreso de agua cruda durante los picos de demanda. La falta de un tramo previo a la sección convergente de la cP lo suficientemente prolongado para permitir la condición de flujo uniforme, sumado a la profundización y el ingreso de la cañería antes mencionada, generan flujos turbulentos que no son considerados en las ecuaciones de diseño de la cP.

Al comparar las curvas h-Q, se observa que la curva h-Q actualmente utilizada en la PCB se aleja de la curva estándar, mientras que la curva obtenida a partir del modelo CFD es aproximadamente la misma que dicha curva estándar (Figura 3).

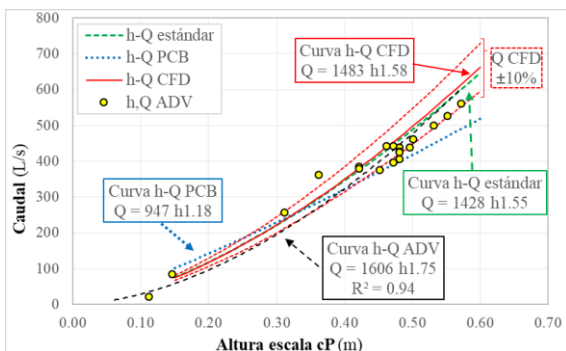


Figura 3.- Curvas h-Q: curva actualmente utilizada en la PCB (h-Q PCB); curva estándar; la curva obtenida mediante CFD (h-Q CFD) y la ajustada a las mediciones con ADV (h,Q ADV).

Por otro lado, la curva ajustada a partir de mediciones con ADV (con h corregida según nivel) es intermedia entre ambas, no obstante, se observa que gran parte de los puntos experimentales se encuentran dentro del intervalo de $\pm 10\%$ por lo tanto se puede afirmar que los valores medidos y modelados son estadísticamente similares y válidos. Las condiciones de flujo dentro de la canaleta y el poco ancho de la garganta dificultan la reducción de la incertidumbre ya que no es posible incrementar el número de verticales.

Como conclusión de la experiencia puede mencionarse que se observó una buena correspondencia entre la curva estándar para una cP con garganta de 0.61 m, la curva obtenida por CFD y los puntos medidos con ADV. Los puntos experimentales medidos poseen una incertidumbre menor al 10%. Si bien en mediciones de caudal se toleran incertidumbres del 5%, se toleró una incertidumbre mayor ya que las condiciones de flujo no son las óptimas para aforo debido a que el ingreso de agua cruda se desarrolla en forma tridimensional por la curva a 90° desde el canal de agua cruda, la reja utilizada como filtro de material grueso, una compuerta para regular el Q de ingreso y una cámara de ingreso de una tubería DN600. Asimismo, a fin de reducir la incertidumbre de las mediciones con ADV es necesario realizar un número superior a 20 mediciones verticales a lo ancho de la sección, situación impracticable en la cP debido al insuficiente ancho de la sección convergente y la velocidad del flujo en esa zona. No obstante, los valores de caudal obtenidos son confiables y ajustan adecuadamente con las ecuaciones estándares y el modelo numérico CFD.

Referencias

- Davis, M. L.** (2010). Water and wastewater engineering: design principles and practice. McGraw-Hill Education.
- ENOHSa.** Fundamentación de Normas de Proyectos de Agua. Ente Nacional de Obras Hídricas y de Saneamiento. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Buenos Aires. Argentina.
- EPA.** (2017). NPDES Compliance Inspection Manual. US Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Water Enforcement and Permits. EPA 305-K-17-001.
- Geuzaine, C. & Remacle, J. F.** (2009) Gmsh: a 3-D element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities. International Journal for Numerical Methods in Engineering 79 (11), 461–477. Versteeg, 2007
- Hendricks, D.** (2016). Fundamentals of water treatment unit processes: physical, chemical, and biological. Crc Press.
- Khosronejad, A. et al.** (2021). Assessment of Parshall flumes for discharge measurement of open-channel flows: A comparative numerical and field case study. Measurement, 167, 108292.
- McCabe, W. L. S. et al.** (2007). Operaciones unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill Interamericana.
- OpenCFD** (2005), OpenFOAM® User Guide (version 1.2, 2005), OpenFOAM Foundation.
- USBR.** (2001) Water Measurement Manual; A Water Resources Technical Publication, US Department of Interior Bureau of Reclamation, 2001.