

# ESTUDIOS HIDRODINÁMICOS EXPERIMENTALES PARA EL DIAGNÓSTICO DE PROBLEMÁTICAS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Javier Alvarez<sup>1</sup>; I. Matías Ragessi<sup>1</sup>; Antoine Patalano<sup>1</sup>; Carlos M. García<sup>1</sup> y Gerardo Hillman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina, email: [javieralvarez.ic@gmail.com](mailto:javieralvarez.ic@gmail.com)

## Introducción

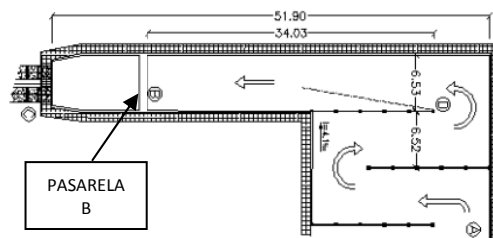
Las obras sanitarias de tratamiento de efluentes y acondicionamiento de agua potable son relevantes en las grandes aglomeraciones urbanas. El diseño y evaluación del correcto funcionamiento de este tipo de obras de infraestructura se realiza habitualmente siguiendo criterios definidos en ingeniería sanitaria. Sin embargo, las singularidades hidrodinámicas presentes en el flujo de los líquidos en las distintas estructuras componentes de una planta pueden afectar en gran medida su rendimiento, resultando en un funcionamiento no compatible con el previsto en el diseño sanitarista.

## Objetivos

En el proyecto en el que se enmarca este trabajo se realizaron estudios hidrodinámicos experimentales in situ para el diagnóstico de problemáticas particulares en componentes de dos plantas de tratamiento de agua (una de agua potable y una de líquidos cloacales) en la ciudad de Córdoba, Argentina. En este trabajo se detalla lo relacionado a un estudio particular realizado en el canal de aforo de efluentes (localizado aguas abajo la cámara de contacto) en la planta de tratamiento de líquidos cloacales "Bajo Grande" de la Ciudad de Córdoba (Ver Figura 1) para describir experimentalmente las condiciones de flujo presentes en esa zona y evaluar si estas son compatibles con las requeridas para tener un preciso monitoreo de los caudales procesados por la planta.

## Materiales y Métodos

La descripción hidrodinámica del flujo turbulento en la componente de la planta evaluada se realizó in situ mediante el uso de modernas técnicas experimentales: 1) Perfilador Acústico Doppler (ADP) y 2) Velocimetría por Seguimiento de Partículas (PTV). La aplicación complementaria de estas técnicas de velocimetría (las cuales no fueron inicialmente diseñadas para ser utilizadas en plantas de tratamiento) permitió registrar datos de velocidades de flujo con buena resolución espacial y temporal. En este trabajo se utilizó un ADP River Surveyour S5 YSI/Sontek para aguas poco profundas. Las mediciones con ADP se realizaron en una sección inmediatamente aguas debajo de la pasarela en el canal de aforo (Figura 1), y para utilizar el ADP se siguió la metodología recomendada en Tarrab et al. (2012). Para ello se transitó la pasarela en ida y vuelta trasladando al ADP (mediante un barrenador) mientras el instrumento registra perfiles de velocidad del flujo a una frecuencia de 1Hz y reconstruye el campo de flujo de la sección transversal. Se realizaron 16 transectas (cruces) con un tiempo promedio de cruce de 109 segundos (desvío estándar de 18 segundos) siendo el tiempo total de medición de todas las transectas de 30 minutos aproximadamente.



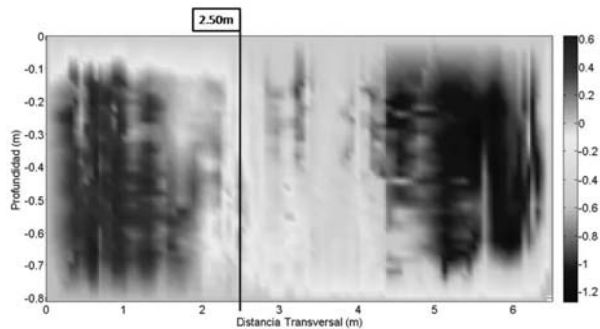
**Figura 1.-** Esquema de la Instalación experimental donde se realizaron las mediciones. La ubicación de la estación de aforo se encuentra en la pasarela B. Las distancias están en metros.

Para la implementación de la técnica PTV, se adoptaron como trazadores elementos formados por dos tapas plásticas abrochadas entre sí cuyo diámetro comercial es 63 mm logrando cierto peso de forma tal que la acción del viento no modifique su velocidad, manteniendo la flotabilidad y constituyendo partículas simétricas respecto de sus dos caras. Los motivos de la elección son fundamentalmente su visibilidad y bajo costo. Se arrojaron las partículas trazadoras desde ambos márgenes del canal para lograr uniformidad en la distribución sobre el flujo. Se realizó una filmación desde la margen izquierda del canal, por lo que fue necesario rectificar el video para trabajar con las imágenes sobre el plano superior del perfil del flujo (Patalano et al., 2013a). El procesamiento de las imágenes rectificadas se hizo mediante la herramienta de "PTVlab" (Patalano et al., 2013b).

## Resultados

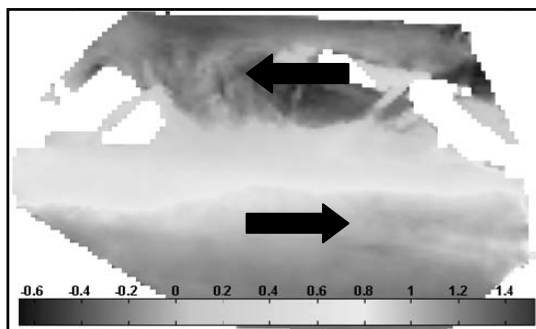
La profundidad del flujo al momento de realizar las mediciones era de 0,81 metros. Se observó en la zona de medición una importante recirculación del flujo (presencia de velocidades negativas) debido a la separación del flujo producida en la curva a 180° localizada a 34m aguas arriba de la zona de medición (flujo que proviene de la cámara de contacto). La Figura 2 muestra el campo de la velocidad longitudinal del flujo obtenido en uno de los cruces (transecta 12) con el ADP en la sección inmediatamente aguas debajo de la pasarela del canal. Se observa a los 2,50m desde la margen izquierda la zona de cambio de velocidades positivas a negativas, quedando reducida la sección efectiva de flujo a un ancho de aproximadamente 4,00m. Se realizó el mismo análisis para cada una de las 16 transectas muestreadas. La localización del punto de velocidad nula con respecto a la margen izquierda del canal varía su posición más de un metro entre transectas mostrando de esta forma la fluctuación de la capa de corte entre el flujo efectivo y la zona de recirculación. Esta fluctuación genera incertidumbres en la determinación de caudal desde plataformas móviles (Tarrab et al. 2012) y es por ello que se realizaron múltiples transectas (16) en lugar de las 4 generalmente recomendadas para estimar caudal. El caudal medio obtenido al promediar los valores de caudal

observados en cada una de las 16 transectas fue de  $2,22 \text{ m}^3/\text{s}$ .



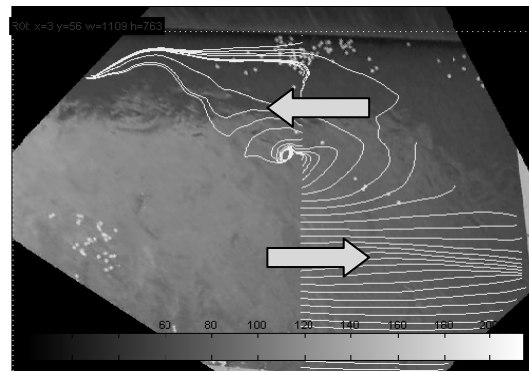
**Figura 2.-** Velocidades longitudinales de flujo muestreadas con ADP en la sección transversal aguas debajo de la pasarela durante la transecta N°12. El cero en el eje de las abscisas indica la margen izquierda del canal. Los valores de velocidad están en m/s. Los valores negativos de la velocidad indican la dirección predominante del flujo hacia aguas abajo.

La recirculación del flujo también se evidencia en la Figura 3 donde se muestra el campo medio (promedio a lo largo de todo el video) de la componente longitudinal de la velocidad superficial del flujo resultante del procesamiento de las imágenes rectificadas con el software PTVlab. Las velocidades positivas (color rojo) son de izquierda a derecha (dirección principal del flujo) y se observan en la zona cercana a la margen derecha. Las zonas blancas observadas en la Figura 3 indican que en esos puntos no se registraron suficientes partículas.



**Figura 3.-** Componente longitudinal de la velocidad superficial del flujo en la zona de medición aguas arriba de la pasarela. Los valores de velocidad están en m/s. Valores positivos indican flujo hacia aguas abajo.

La Figura 4 muestra las líneas de corriente superficiales del flujo en la zona de medición aguas arriba de la pasarela determinadas a partir del campo de flujo relevado experimentalmente con PTV. Las líneas de corriente se obtuvieron por medio del software de procesamiento de imágenes PTVlab. Las líneas de corriente resultantes indican la presencia de zonas de recirculación y un vórtice en la zona central del canal.



**Figura 4.-** Líneas de corriente superficiales obtenidas con la técnica de PTV. El flujo en la figura es de izquierda a derecha. En la margen derecha se observa un parte de la pasarela del canal.

## Conclusiones

A partir de la descripción experimental del flujo turbulento realizada utilizando modernas técnicas experimentales en la zona de medición se observó una importante recirculación del flujo debido a la separación del flujo producida en la curva a  $180^\circ$  localizada aguas arriba. La presencia de esta separación del flujo genera, aun a 34m aguas abajo, una reducción en la sección efectiva de flujo a un ancho de aproximadamente de un 60%. Se observó además una fluctuación de baja frecuencia de la capa de corte entre el flujo efectivo y la zona de recirculación. Este comportamiento impermanente genera incertidumbres en la determinación de caudal desde plataformas móviles por lo múltiples transectas (16) fueron requeridas en lugar de las 4 generalmente recomendadas para estimar caudal. Así se ha demostrado experimentalmente que los patrones de flujo presentes en el canal de aforo no son compatibles con los requeridos para tener un preciso monitoreo de los caudales procesados por la planta de tratamiento. Esta información es relevante para realizar la correcta operación de la misma (incluyendo la dosificación de cloro) y para evaluar los potenciales efectos de la descarga sobre el cuerpo de agua receptor (Río Suquía).

## Referencias bibliográficas

- Tarrab, L., C. M. García, M. I. Cantero, and K. Oberg (2012). "Role of turbulence fluctuations on uncertainties of acoustic Doppler current profiler discharge measurements", *Water Resour. Res.*, 48, W06507, doi:10.1029/2011WR011185.
- Patalano, A., Brevis W., García C.M., Bleninger T., y Rodríguez, A. (2013a). "PTVLAB, una herramienta grafica para el procesamiento digital en velocimetría por seguimiento de partículas". III Simposio sobre Métodos Experimentales en Hidráulica. Santa Fe. Argentina
- Patalano, A., Brevis W., Guillén N., Alvarez, J., García C.M., Bleninger T., y Rodríguez, A. (2013a). "Rectificación digital para mediciones de velocidad de flujo a gran escala utilizando velocimetría por imágenes de partículas". III Simposio sobre Métodos Experimentales en Hidráulica. Santa Fe. Argentina.