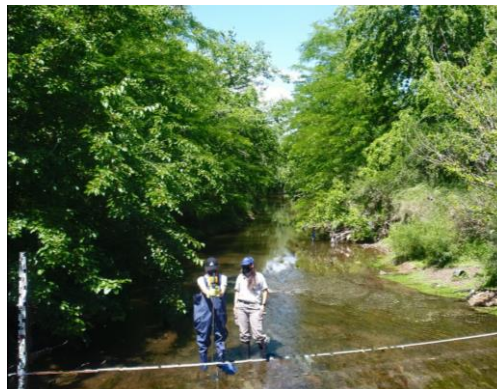
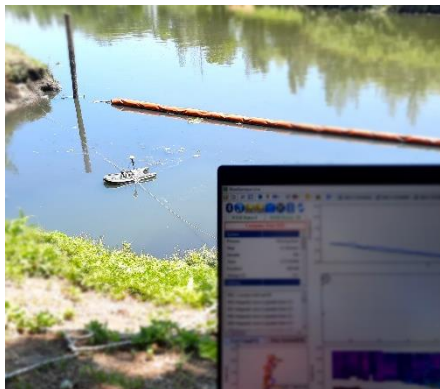




# Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo

## Informe 06 – Campaña de aforos N° 2



Programa Hidráulica Computacional – Subgerencia Laboratorio de Hidráulica  
Instituto Nacional del Agua

**Proyecto INA 397**  
**Informe LHA 06-397-22**  
**Ezeiza, febrero de 2022**

## **Equipo de trabajo (por orden alfabético)**

*Programa Hidráulica Computacional – Subgerencia Laboratorio de Hidráulica – Instituto Nacional del Agua*

Dr. Ing. Pablo E. García | Ing. Santiago Guizzardi | Ing. Leandro Kazimierski | Ing. Marina Lagos | Mayra Morale | Lic. Nicolás Ortiz | Msc. Ing. Mariano Re | Ing. Martín Sabarots Gerbec

*Subgerencia Centro de la Región Semiárida – Instituto Nacional del Agua*

Dr. Ing. Carlos G. Catalini | Ing. Giuliana Elcano | Msc. Ing. Ana I. Heredia Ligorria | Geol. Nadia Mortarino

## **Informe realizado por:**

Pablo E. García

Nicolás Ortiz

Mayra Morale

Ana I. Heredia Ligorria

Marina Lagos

## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	6
1.1.	Informe de la Campaña de aforos N°2.....	7
2.	Campaña de aforos N°2 .....	8
2.1.	Técnicas de aforos líquidos.....	8
2.1.1.	Velocímetro acústico Doppler (ADV) .....	10
2.1.2.	Perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP).....	11
2.1.3.	Metodología LSPIV.....	15
2.2.	Resumen de actividades y resultados de la campaña de aforos N°2 .....	18
2.3.	Conclusiones y recomendaciones.....	21
	Anexo A. Detalle de los aforos de la campaña N°2. ....	26
A.1.	EM01.....	27
	Aforo con ADCP .....	28
	Comparación con registros históricos.....	29
A.2.	EM03.....	30
	Aforo con ADV .....	30
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	31
A.3.	EM04.....	34
	Aforo con ADV. ....	34
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	35
A.4.	EM06.....	38
	Aforo con ADCP .....	38
	Comparación con registros históricos.....	40
A.5.	EM08.....	41
	Aforo con ADV .....	42
A.6.	EM10.....	45
	Aforo con ADV .....	45
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	47
	Comparación con registros históricos.....	49

A.7.	EM11.....	50
	Aforo con ADCP .....	51
	Comparación con registros históricos.....	52
A.8.	EM12.....	53
	Aforo con ADCP .....	53
	Comparación con registros históricos.....	55
A.9.	EM13.....	56
	Aforo con ADCP .....	56
	Comparación con registros históricos.....	58
A.10.	EM14 .....	59
	Aforo con ADV .....	59
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	60
A.11.	EM16 .....	62
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	62
A.12.	EM17 .....	65
	Aforo con ADCP .....	65
	Comparación con registros históricos.....	67
A.13.	EM19 .....	68
	Aforo con ADCP .....	68
A.14.	EM22 .....	71
	Aforo con ADCP .....	71
A.15.	EM24 .....	74
	Aforo con ADCP .....	74
A.16.	EM30 .....	77
	Aforo con ADCP .....	77
A.17.	EM33 .....	80
	Aforo con ADV .....	80
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	80
	Comparación con registros históricos.....	83
A.18.	EM38 .....	84
	Aforo con ADV .....	84
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	86
	Comparación con registros históricos.....	88

A.19.	EM39 .....	89
	Aforo con ADV .....	90
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	90
A.20.	EM41 .....	92
	Aforo con ADV .....	92
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	93
A.21.	EM47 .....	96
	Aforo con ADV .....	96
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	98
	Comparación con registros históricos.....	100
A.22.	EM56 .....	101
	Aforo con ADV .....	101
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	103
A.23.	EM63 .....	105
A.24.	EM68 .....	107
	Aforo con ADV .....	107
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	109
	Comparación con registros históricos.....	111
A.25.	EM72 .....	112
	Aforo con ADCP .....	112
	Comparación con registros históricos.....	114
A.26.	EM76 .....	115
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	115
A.27.	EM77 .....	117
	Aforo con ADV .....	117
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	119
A.28.	EM78 .....	121
	Aforo mediante la técnica LSPIV .....	121

# 1. Introducción

El monitoreo de parámetros ambientales dentro de la Cuenca Matanza Riachuelo (CMR) es de suma importancia para la definición de acciones a realizar por la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) en búsqueda de cumplir los objetivos propuestos en el Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA).

Los estudios de la calidad de agua superficial y subterránea, sedimentos y aire, se llevan a cabo en la red de estaciones de monitoreo puntual y continuo extendidas a lo largo de toda la CMR. Toda la información obtenida a partir de dichos estudios constituye un conjunto de herramientas de gestión fundamental para evaluar las acciones planificadas en materia de reducción de las fuentes de contaminación tienen sobre la calidad ambiental de la Cuenca.

Para monitorear la calidad del agua superficial, ACUMAR estableció una red que incluye puntos sobre el río principal Matanza Riachuelo, sus afluentes, distintos arroyos a lo largo de la extensión aguas arriba y hasta sus nacientes, involucrando a las 14 subcuencas que conforman la Cuenca Hídrica del Matanza Riachuelo.

El presente proyecto tiene por objetivo principal darle continuidad al monitoreo integrado y simultáneo de calidad de agua superficial y caudales que viene realizando la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) en forma sistemática desde el año 2007. Para eso se plantean 3 Campañas de aforos en diferentes estaciones de la red.

Los aforos previstos para cada una de las Campañas se efectuarán utilizando diferentes técnicas, entre las que se destacan aquellas que utilizan tecnología Doppler como es el caso de ADV (*Acoustic Doppler Velocity*) y ADCP (*Acoustic Doppler Current Profilers*) y una nueva tecnología de medición indirecta de velocidades superficiales del agua, a partir de la utilización de cámaras terrestres, aéreas e incluso radares, que permiten estimar caudales líquidos mediante el postprocesamiento de los videos registrados. Para esta última tecnología, denominada velocimetría por imágenes, se usará como algoritmo de análisis el denominado '*Large Scale Particle Image Velocimetry*' (LSPIV).

Adicionalmente a las campañas mencionadas previamente, durante el Proyecto se realizará un análisis de datos y curvas H-Q en una serie de estaciones, con vistas a un diagnóstico de dichas curvas y optimización de las mismas cuando sea posible.

### 1.1. Informe de la Campaña de aforos N°2

En el presente informe se describen los aforos realizados correspondientes a la Campaña N°2. Los aforos se realizaron en 27 estaciones de la red de monitoreo de calidad y caudal del agua superficial de ACUMAR. Los aforos realizados en la campaña se llevaron a cabo utilizando el Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP por sus siglas en inglés), el Velocímetro Acústico Doppler (ADV por sus siglas en inglés) y la técnica de Velocimetría por Imágenes de Partículas a Gran Escala (LSPIV por sus siglas en inglés).

## 2. Campaña de aforos N°2

Entre los días 08 y 24 de noviembre de 2021 se llevó a cabo la Campaña de aforos N°2 en simultáneo con la Campaña de muestreo de calidad. Los aforos se realizaron en 27 de las 28 estaciones definidas en el Convenio Específico N°9 INA- ACUMAR y se las presentan en la Figura 2.1 (en una de las estaciones, la EM63, no se pudo realizar el aforo correspondiente pues el curso presentaba una película de grasa superficial que impidió realizar la medición).

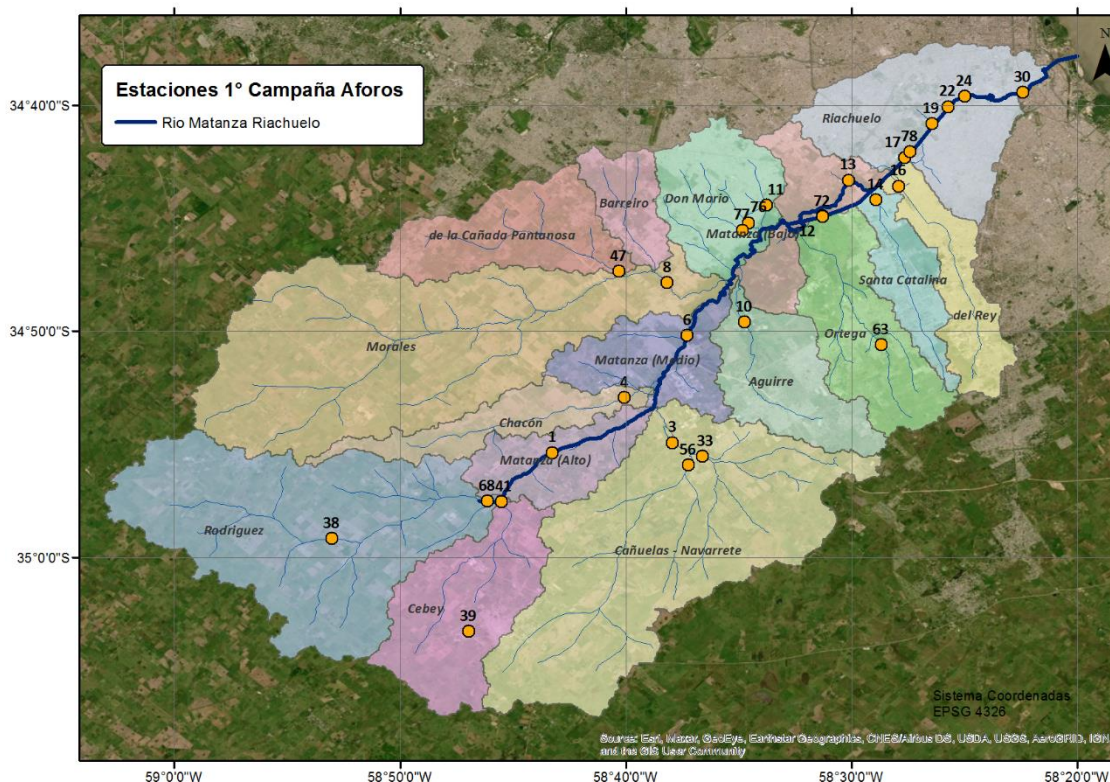


Figura 2.1. Estaciones incluidas en la campaña de aforos N°2.

### 2.1. Técnicas de aforos líquidos

Las técnicas de aforos líquidos en ríos y arroyos históricamente se han basado en métodos mecánicos, electromagnéticos o acústicos que requieren contacto con el flujo para la medición. Diversos problemas (seguridad, logística, interferencias en la medición, etc.) limitan la

aplicabilidad de estos métodos convencionales, por lo que en las últimas décadas se han desarrollado métodos no intrusivos basados en la detección remota de la velocidad de la superficie del agua utilizando análisis de secuencias de imágenes y radares Doppler, entre otros<sup>1</sup>.

En el marco de las actividades de aforos líquidos realizadas en el ámbito de la cuenca Matanza-Riachuelo las metodologías utilizadas principalmente han sido las hidroacústicas. Específicamente, según el requerimiento de las secciones relevadas en la cuenca, como instrumentos de medición han sido utilizadas técnicas de medición con ADV (velocímetro acústico Doppler; Acoustic Doppler Velocity) y ADCP (perfilador de corriente acústico Doppler; Acoustic Doppler Current Profiler). La implementación de estas tecnologías basadas en el efecto Doppler (respecto de otras tradicionales como el uso de molinetes) permite obtener velocidades del flujo con mayor precisión, y han significado una mejora sustantiva en las observaciones a partir de una mejor caracterización del flujo, disminuyendo los tiempos operativos y favoreciendo las mediciones en cursos particulares. El ADV registra puntualmente series temporales de las tres componentes del vector velocidad del flujo y generalmente se aplica en cauces pequeños (estimación de caudal, caracterización de turbulencia, estudios en capa límite; entre otros usos). El ADCP también permite medir las tres componentes de la velocidad del flujo a través de un perfil, pero se lo utiliza en cauces naturales o artificiales con valores de profundidad mayores.

Las principales técnicas de velocimetría por imágenes, los métodos no intrusivos más desarrollados, son las denominadas velocimetría por imágenes de partículas (PIV, Particle Image Velocimetry), velocimetría por seguimiento de partículas (PTV, Particle Tracking Velocimetry), y su implementación a gran escala (LSPTV y LSPIV, siendo LS en el acrónimo Large Scale). Estas técnicas de medición permiten caracterizar el campo de velocidades de flujos con alta resolución temporal y espacial mediante un análisis en el que se cuantifica el desplazamiento en el flujo de partículas sembradas (trazadores) o de patrones superficiales<sup>2</sup>. El abordaje que realiza PIV es de tipo euleriano (comparando desplazamientos de patrones superficiales o grupos de partículas) y el de PTV es de tipo lagrangiano (donde se sigue a cada partícula/trazador individualmente).

A pesar de que las técnicas de velocimetría por imágenes resultan adecuadas para gran variedad de condiciones de flujo, presentan algunas limitaciones que tienen que ver con las condiciones de luminosidad sobre el curso de agua o las características de los trazadores o las estructuras superficiales, entre otras. En el marco del presente proyecto se realizará una pormenorizada evaluación de su aplicabilidad en distintas secciones de la red de estaciones de monitoreo.

A continuación se presenta el detalle de los equipos y técnicas utilizadas en las campañas de aforos como así también un resumen de sus funcionamientos.

---

<sup>1</sup> Tauro et al. (2016). "A novel permanent gauge-cam station for Surface flow observations on the Tiber River". *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems* 5.1, págs. 241-251.

<sup>2</sup> Patalano, A., C. M. García y A. Rodríguez (2017). "Rectification of Image Velocity Results (RIVeR): A simple and user-friendly toolbox for large scale water surface Particle Image Velocimetry (PIV) and Particle Tracking Velocimetry (PTV)". *Computers & Geosciences* 109, págs. 323-330.

### 2.1.1. Velocímetro acústico Doppler (ADV)<sup>3</sup>

El velocímetro acústico Doppler, ADV por sus siglas en inglés, mide localmente velocidades tridimensionales del flujo, utilizando el principio de corrimiento de fase Doppler. El emisor de sonido genera una señal acústica en una frecuencia conocida que se propaga a través del agua a lo largo de su eje, y es reflejada por partículas presentes en el agua (sedimento, organismos pequeños, burbujas), que se asume se desplazan a la velocidad del agua y deben tener inercia muy pequeña. Una cierta porción de la energía reflejada vuelve a lo largo de los ejes de los receptores, la señal es registrada y procesada por los distintos componentes del ADV para determinar el cambio de frecuencia debido al efecto Doppler. El ADV mide localmente las velocidades del flujo en un pequeño volumen de medición localizado entre 5 y 10 cm del instrumento, dependiendo del modelo de ADV. El rango de velocidad que el instrumento es capaz de monitorear es programable por el usuario, y los valores máximos de ese rango pueden alcanzar el valor de  $\pm 400$  cm/s.

En este proyecto se utilizó el ADV *FlowTracker2 Sontek* (ver Figura 2.2) cuyas principales características se presentan a continuación:

- Rango de velocidad de flujo a medir: 0,001 a 4,0 m/s (precisión:  $\pm 1\%$  del valor medido,  $\pm 0,25$  cm/s)
- Rango de profundidad de trabajo: 0,02 a 10,0 m (resolución 0,001 m)
- Frecuencia: 10 MHz

#### 2.1.1.1 Incertidumbres en la medición con ADV *FlowTracker2 Sontek*

El análisis de incertidumbre en la estimación del caudal con el equipo *FlowTracker2* puede realizarse con dos métodos:

- Norma ISO 748-2007, Hidrometría: medición de caudal líquido en canales abiertos utilizando correntómetro o flotadores
- Estimador de Varianza Interpolado (IVE por sus siglas en inglés)<sup>4</sup>.

El método de cálculo de incertidumbre del Estimador de varianza interpolado (IVE) utiliza un método desarrollado por investigadores del Servicio Geológico de EEUU. El cálculo de la incertidumbre del IVE es el método que proporciona el indicador más fiable de la calidad de la medida. Sin embargo, el método ISO se basa en el estándar internacional, que proporciona los resultados de una técnica estándar publicada, razón por la cual es el valor reportado en las mediciones realizadas con el *FlowTracker2*.

<sup>3</sup> Adaptado de Heredia, A. (2017). Caracterización del transporte de sedimentos en un tramo del río Tercero (Ctalamochita) utilizando tecnología acústica doppler. Tesis de Maestría.

<sup>4</sup> Cohn, T., Kiang, J., and Mason, R., Jr. (2013). "Estimating Discharge Measurement Uncertainty Using the Interpolated Variance.

Los cálculos de incertidumbre se basan en el análisis de diferentes parámetros. Además de la incertidumbre general, el *FlowTracker2* también analiza la contribución de cada uno de los siguientes parámetros:

- a) Precisión: La precisión de la calibración *FlowTracker2* (generalmente es insignificante),
- b) Profundidad: en el cálculo ISO, este término incluye únicamente la incertidumbre en las medidas de profundidad.
- c) Velocidad: este término incluye solo la incertidumbre en las mediciones de velocidad.
- d) Ancho: incertidumbre estimada en medidas de ancho.
- e) Método: determinación de la velocidad media de la estación (verticales).
- f) Número de estaciones

La incertidumbre estándar relativa combinada (porcentaje) en la medición se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$u(Q)^2 = u_m^2 + u_s^2 + \frac{\sum_{i=1}^m (b_i d_i \bar{v}_i)^2 (u_{b,i}^2 + u_{d,i}^2 + u_{v,i}^2)}{(\sum_{i=1}^m (b_i d_i \bar{v}_i))^2}$$

Donde:

$u(Q)$  es la incertidumbre estándar relativa combinada (en porcentaje) del caudal;

$u_{b,i}, u_{d,i}, u_{v,i}$  son las incertidumbres estándar relativas (en porcentaje) del ancho, la profundidad y la velocidad media medida en la vertical  $i$ .

$u_s$  es la incertidumbre asociada a la respuesta variable del instrumento ( $u_{cm}$ ), el ancho del instrumento ( $u_{bm}$ ) y el sensor de profundidad del instrumento ( $u_{ds}$ ).

$$u_s = \sqrt{u_{cm}^2 + u_{bm}^2 + u_{ds}^2}$$

Se puede adoptar un valor estimado de 1% para esta expresión.

$u_m$  es la incertidumbre asociada a la cantidad de verticales

$m$  es la cantidad de verticales

### 2.1.2. Perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP)<sup>5</sup>

En las presentes campañas se utilizó un perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP) *RiverSurveyor M9*, fabricado por SonTek. El ADCP provee información batimétrica (profundidad)

<sup>5</sup> Adaptado de Heredia, A. (2017). Caracterización del transporte de sedimentos en un tramo del río Tercero (Ctalamochita) utilizando tecnología acústica doppler. Tesis de Maestría.

de la sección y de las velocidades del flujo en tres direcciones ortogonales. Este instrumento mide la velocidad del agua utilizando el principio físico llamado cambio de frecuencia Doppler. Un transductor genera un pulso de sonido a una frecuencia conocida que se propaga a través del agua. Este se refleja en todas las direcciones por las partículas que se encuentran en suspensión (sedimento, materia orgánica, etc.). Una porción de la energía reflejada vuelve hacia el transductor donde es recibida por éste y el ADCP mide el cambio de frecuencia de la señal de retorno (Figura 2.3). Este cambio de frecuencia, medido por cada transductor, se traduce en la velocidad del agua en la dirección radial del mismo.



Figura 2.2. ADV FlowTracker2 Sontek con sus diversos componentes (izquierda) y utilización del equipo en los aforos del presente proyecto (derecha).

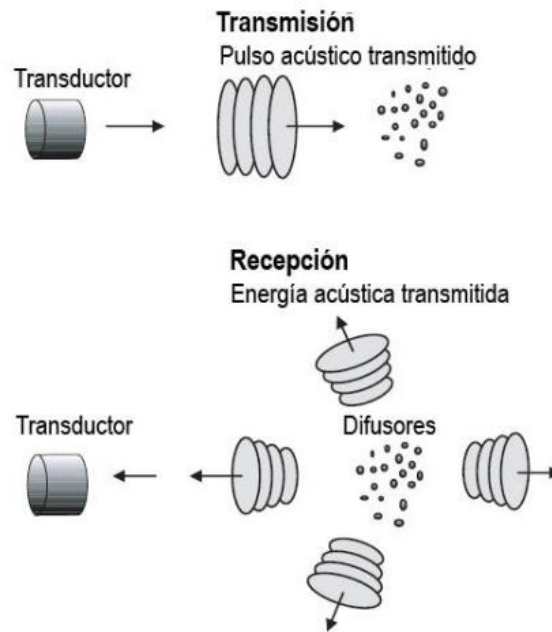


Figura 2.3. Funcionamiento del equipo ADCP<sup>6</sup>.

El ADCP SonTek RiverSurveyor M9 tiene un conjunto dual de cuatro sensores inclinados 25° con respecto a la vertical (Figura 2.4) en una configuración denominada “Janus” (mirando en direcciones opuestas) que emiten pulsos acústicos mediante los cuales puede medirse la velocidad en tres direcciones (el sistema de cuatro rayos provee información redundante en una dirección, generalmente la vertical, que permite determinar la calidad de la medición).

Un conjunto de sensores del ADCP RiverSurveyor M9 opera con una señal acústica de 3,0 MHz mientras que el otro conjunto de cuatro sensores lo hace con 1,0 MHz. Además, este equipo posee un rayo acústico vertical que envía señales a una frecuencia menor (0,5 MHz) lo que le permite tener un mayor alcance en profundidad (Figura 2.4). Su función es medir las profundidades y obtener la batimetría y topografía del fondo de la sección. Este instrumento puede ser comandado desde una computadora personal o bien con un teléfono celular, ambos dispositivos capaces de registrar los datos medidos. Para realizar la medición y visualizar los resultados obtenidos con el ADCP se utiliza el programa computacional llamado RiverSurveyor Live. Este programa permite configurar el instrumento y registra toda la información enviada por el equipo, generando resultados en forma de tablas, gráficos e imágenes, permitiendo además exportar los resultados a otros programas para un análisis más detallado.

Las especificaciones técnicas del ADCP se presentan a continuación:

- Rango de velocidad de flujo a medir: hasta 20,0 m/s (precisión:  $\pm 0,25\%$  del valor medido,  $\pm 0,2$  cm/s)

<sup>6</sup> Simpson, M. R. (2001). “Discharge Measurements Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current Profiler”. Open File Report 01-1, United States Geological Survey, Sacramento, California

- Rango de profundidad de trabajo: 0,3 a 40,0 m con Bottom Track y 0,3 a 80,0 m con RTK GPS (resolución 0,001 m)
- Frecuencia: 10 MHz
- 9 Transductores: 4 rayos de 3,0 MHz inclinados 25°, 4 rayos de 1,0 MHz inclinados 25° y un rayo vertical de 0,5 MHz



Figura 2.4. Configuración de los sensores del ADCP RiverSurveyor M9 (izquierda) y utilización del equipo en los aforos del presente proyecto (derecha)

#### 2.1.2.1 Incertidumbres en la medición con ADCP

Durante mediciones experimentales hay errores sistemáticos y aleatorios. Los primeros pueden deberse a sesgos en la medición de la velocidad, la profundidad, factores ambientales (como movimiento del fondo), limitaciones del instrumento (zonas no medibles), problemas con el GPS y errores propios del operador.

Todos los procesos presentes durante el muestreo de flujo de campo, como ser ruido ambiental (ondas superficiales, fluctuaciones del flujo, entre otros), ruido del instrumento y la turbulencia del flujo, contribuyen a los errores aleatorios (incertidumbre) de las mediciones de caudal con ADCP desde plataformas móviles.

Durante las mediciones de caudal con ADCP los errores críticos más comunes que pueden observarse son: a) una selección inapropiada o mala configuración de los modos de operación, b) errores de configuración (tales como número insuficiente de celdas en la vertical), c) errores en la comunicación del instrumento con el GPS, d) pérdida apreciable del sistema de monitoreo de fondo, e) errores debido a una alta velocidad de la embarcación y f) excesivo cabeceo o balanceo de la embarcación.

En este proyecto, para la estimación de las incertidumbres, se utilizó el software “QRev”<sup>7</sup> desarrollado por el USGS (*United States Geological Survey*). Las incertidumbres analizadas por este software incluyen: datos inválidos, caudales extrapolados en las márgenes, fondo móvil y errores sistemáticos.

### 2.1.3. Metodología LSPIV

La metodología LSPIV de medición de caudales se implementa a partir de la obtención de una videofilmación estática de la superficie de un curso de agua, con una duración de registro suficiente como para obtener parámetros estadísticos representativos que permitan la evaluación del desplazamiento de estructuras de flujo y/o trazadores superficiales. Luego, la selección de fotogramas (o frames por su nombre en inglés) del video con una discretización temporal constante, permite realizar distintos tipos de procesamientos y/o análisis para obtener la velocidad superficial del flujo.

Conocida la batimetría de una sección transversal y con el campo de velocidades en superficie, asumiendo que la distribución de velocidades en la columna de agua presenta una distribución logarítmica estándar, se puede obtener interpolando el perfil en cada punto de la misma. Finalmente, con esta información se puede calcular el caudal total en la sección. En la Figura 2.5 se presenta un esquema simplificado del campo de velocidades superficiales obtenido con LSPIV y los perfiles verticales de velocidad estimados en una sección transversal conocida.

---

<sup>7</sup> <https://hydroacoustics.usgs.gov/movingboat/QRev.shtml>

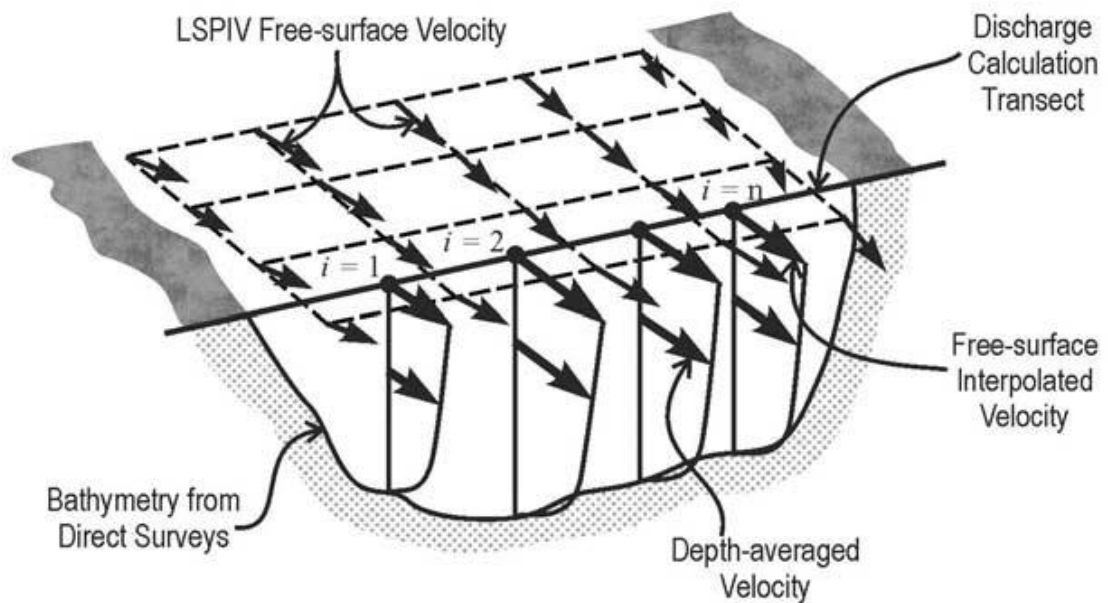


Figura 2.5. LSPIV - Esquema de velocidades superficiales observadas e interpolación en una sección transversal conocida<sup>8</sup>.

La toma de los videos consiste en una etapa fundamental de la aplicación de esta técnica. Las filmaciones pueden ser ocasionales (generalmente de baja calidad) y/o planificadas. Para estas últimas se considera la posibilidad de realizarlas mediante la utilización de cámaras de video fijas (en trípodes o estructuras ad-hoc) o cámaras en VANTs (drones).

Para una correcta aplicación de la técnica LSPIV, en caso de no poder registrar un flujo con patrones de escurrimiento superficiales dinámicos, es necesario contar con trazadores identificables en la superficie, de lo contrario el cálculo de velocidades no resulta con una adecuada precisión. La selección de trazadores debe realizarse considerando una densidad similar a la del líquido y preferentemente de forma esférica. El movimiento de trazadores muy livianos puede verse afectado por la acción del viento, mientras que trazadores de densidad excesiva pueden hundirse dificultando su detección. Las partículas elegidas deben ser capaces de seguir el movimiento superficial del fluido y de no interrumpirlo.

<sup>8</sup> Muste, M., I. Fujita y A. Hauet (2008). "Large-scale particle image velocimetry for measurements in riverine environments". Water Resources Research 44.4.

La estimación de las velocidades superficiales del flujo, en el marco de la etapa de procesamiento de imágenes, resulta posible utilizar una variedad de algoritmos de acuerdo al software que se utilice. En el proyecto se utilizarán dos softwares: RIVER<sup>9</sup> y Fudaa<sup>10</sup>

En el proceso de cálculo de caudal, dado que la velocidad superficial en un curso de agua resulta representativa de la velocidad promediada en la vertical, resulta necesario determinar el coeficiente  $\alpha$  que relaciona a ambos valores (Figura 2.6). Este coeficiente  $\alpha$  depende de la forma del perfil vertical de velocidades y de la geometría de la sección (relación de aspecto: ancho sobre radio hidráulico) y además puede verse afectado por los números de Froude y Reynolds y la micro y macro rugosidad de fondo<sup>11</sup>.

Más detalles de esta metodología, junto con varios ejemplos de aplicación, pueden encontrarse en el Informe LHA 01-397-21 “Estado del arte de la medición de caudales utilizando la técnica de velocimetría por imágenes” desarrollado en el marco del presente Convenio.

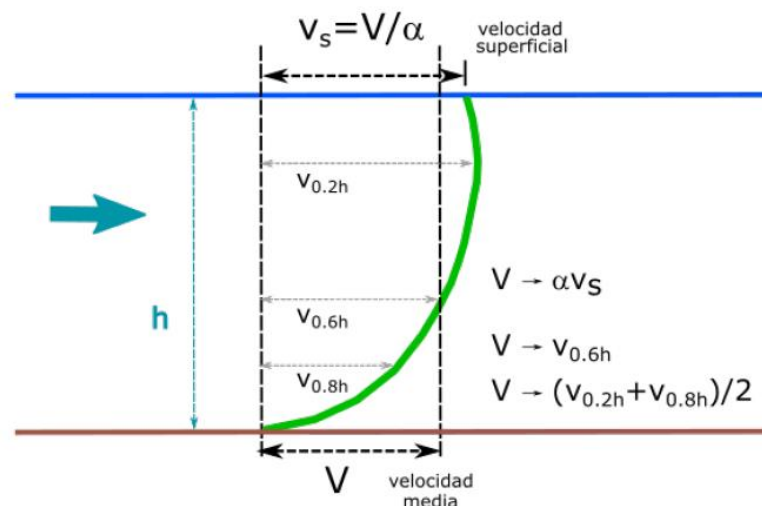


Figura 2.6. Perfil vertical teórico de velocidad.

### 2.1.3.1 Incertidumbres en la medición con LSPIV

En la actualidad no existe una metodología normalizada para poder estimar las incertidumbres asociadas a la medición de caudales mediante LSPIV.

<sup>9</sup> Patalano, A., C. M. García y A. Rodríguez (2017). “Rectification of Image Velocity Results (RIVER): A simple and user-friendly toolbox for large scale water surface Particle Image Velocimetry (PIV) and Particle Tracking Velocimetry (PTV)”. Computers & Geosciences 109, págs. 323-330.

<sup>10</sup> Perks et al. (2020). “Towards harmonisation of image velocimetry techniques for river surface velocity observations”. En: Earth System Science Data 12.3

<sup>11</sup> Muste, M., I. Fujita y A. Hauet (2008). “Large-scale particle image velocimetry for measurements in riverine environments”. Water Resources Research 44.4.

## 2.2. Resumen de actividades y resultados de la campaña de aforos N°2

El resumen de los resultados de la campaña de aforos N°2 se presenta en la Tabla 2.1. Los datos informados son: Fecha y hora del aforo, técnica utilizada, nivel de la escala (en los casos donde las mismas se encontraban en correctas condiciones), cota IGN de la superficie del curso de agua, caudal aforado, incertidumbre asociada al caudal aforado, área total de la sección, ancho total de la sección, profundidad media y velocidad media.

El detalle del aforo en cada una de las estaciones junto con el registro fotográfico del mismo se puede encontrar en el Anexo A que acompaña este informe.

Tabla 2.1. Resultados de los aforos realizados en la campaña de aforos N°2

Estación		Fecha	Hora	H escala	H superficie agua	Método de aforo	Q	Incertidumbre aforo	Área total	Ancho Total	Vel. media	Prof. media
N°	Código			[m]	[m IGN]		[m³/s]	[%]	[m²]	[m]	[m/s]	[m]
01	MatyRut3- 1	12/11/2021	09:45	0,67 ± 0,01	10,55 ± 0,03	ADCP	0,58	7,9	3,37	7,58	0,17	0,44
03	ArroCanu- 3	10/11/2021	13:15	-	7,43 ± 0,03	ADV	0,24	3,5	2,15	7,00	0,11	0,31
			13:30			LSPIV	0,28	-	2,15	7,00	0,13	0,31
04	ArroChac- 4	15/11/2021	11:20	0,34 ± 0,01	11,65 ± 0,03	ADV	0,52	3,9	1,71	6,20	0,30	0,28
			11:45			LSPIV	0,47	-	1,71	6,20	0,27	0,28
06	AgMolina- 6	12/11/2021	12:30	1,36 ± 0,01	4,26 ± 0,03	ADCP	1,55	10,0	16,27	13,73	0,10	1,18
08	ArroMora- 8	11/11/2021	12:25	0,64 ± 0,01	4,75 ± 0,03	ADV	0,63	3,2	6,09	13,40	0,10	0,45
10	ArroAgui- 10	16/11/2021	10:00	0,65 ± 0,01	4,40 ± 0,03	ADV	0,13	3,6	0,88	2,30	0,15	0,38
			10:20			LSPIV	0,09	-	0,88	2,30	0,10	0,38
11	ArroDMar- 11	16/11/2021	11:50	1,00 ± 0,01	2,81 ± 0,03	ADCP	0,74	16,3	10,6	12,83	0,07	0,83
12	AutoRich- 12	18/11/2021	10:30	0,38 ± 0,01	0,83 ± 0,03	ADCP	3,48	4,5	24,95	30,33	0,14	0,82
13	DepuOest- 13	18/11/2021	12:00	0,78 ± 0,01	0,81 ± 0,03	ADCP	2,57	6,1	6,9	18,28	0,37	0,38
14	ArroSCat – 14	17/11/2021	14:40	-	-	ADV	0,40	3,4	2,5	7,40	0,16	0,34
16	ArrodRey- 16	18/11/2021	14:45	-	0,59 ± 0,03	LSPIV	0,59	-	7,2	13,27	0,08	0,54
17	PteLaNor- 17	19/11/2021	10:20	2,18 ± 0,01	--	ADCP	13,07	4,9	79,22	58,86	0,16	1,35

19	ArroCild- 19	19/11/2021	11:45	-	-	ADCP	5,93	5,9	60,39	47,18	0,10	1,28
22	DPel1900- 22	19/11/2021	13:20	-	-	ADCP	0,78	6,0	24,19	17,41	0,03	1,39
24	PteUribu- 24	24/11/2021	12:30	-	-	ADCP	15,55	17,3	197,73	53,22	0,08	3,72
30	PtePueyr- 30	24/11/2021	14:00	-	-	ADCP	28,06	6,1	181,99	76,98	0,15	2,36
33	ArroCanu2- 33	10/11/2021	10:00	0,26 ± 0,01	9,46 ± 0,03	ADV	0,10	3,6	2,21	9,90	0,05	0,22
38	ArroRod- 38	08/11/2021	11:40	0,47 ± 0,01	22,83 ± 0,03	ADV	0,064	2,9	5,59	7,30	0,01	0,77
			12:30			LSPIV	0,12	-	5,59	7,30	0,02	0,77
39	ArroCeb- 39	09/11/2021	11:40	-	25,24 ± 0,03	ADV	0,07	3,6	0,64	3,30	0,11	0,19
41	ArroCeb4- 41	09/11/2021	13:25	-	14,15 ± 0,03	ADV	0,14	3,6	0,85	2,90	0,16	0,29
			13:35			LSPIV	0,14	-	0,85	2,90	0,16	0,29
47	ArroPant2- 47	11/11/2021	10:30	0,45 ± 0,01	7,11 ± 0,03	ADV	0,06	3,5	1,34	3,85	0,04	0,35
			10:45			LSPIV	0,09	-	1,34	3,85	0,07	0,35
56	ArroCanuEMC- 56	10/11/2021	11:30	-	-	ADV	0,13	3,5	0,98	4,50	0,13	0,22
			11:45			LSPIV	0,10	-	0,98	4,50	0,10	0,22
68	ArroRod1- 68	08/11/2021	14:30	0,15 ± 0,01	14,75 ± 0,03	ADV	0,20	3,4	0,87	7,80	0,23	0,11
			15:00			LSPIV	0,21	-	0,87	7,80	0,24	0,11
72	DescRocha- 72	17/11/2021	11:50	0,88 ± 0,01	-	ADCP	0,30	5,3	3,80	6,57	0,08	0,58
76	ArroSusana- 76	16/11/2021	13:00	0,08 ± 0,01	2,67 ± 0,03	LSPIV	0,17	-	0,52	6,50	0,33	0,08
77	ArroDupuy- 77	16/11/2021	14:00	-	3,90 ± 0,03	ADV	0,22	3,7	0,97	3,05	0,23	0,32
			14:30			LSPIV	0,25	-	0,97	3,05	0,26	0,32
78	AlivCild - 78	19/11/2021	11:10	-	-	LSPIV	0,18	-	0,83	16,60	0,22	0,05

### 2.3. Conclusiones y recomendaciones

Se pudieron realizar los aforos en 27 de las 28 estaciones previstas con las diferentes técnicas propuestas en el Convenio. Se pudo trabajar en forma coordinada con el resto de los equipos de trabajo que participaron en la campaña (tanto con el equipo encargado del muestreo de calidad del INA como con el equipo de ACUMAR que acompañó en todas las estaciones de monitoreo).

Se destaca la implementación de la técnica de aforo por velocimetría de imágenes (LSPIV) por segunda vez en una campaña de muestreo realizada por ACUMAR. En muchas secciones donde se pudo aforar utilizando LSPIV, la técnica resultó prometedora, mostrando algunas ventajas comparativas con otras técnicas entre las cuales se destacan: i) menores tiempos de aforo, ii) minimizar o evitar el contacto con aguas contaminadas por parte del personal involucrado en las mediciones y iii) no requerir instrumental de alta complejidad para el aforo. Obviamente esta técnica tiene sus limitaciones (como cualquier otra) y se encontraron varias secciones donde las condiciones para implementarla no fueron las ideales, afectando los resultados obtenidos. Las principales restricciones para el aforo mediante LSPIV que se encontraron en esta campaña fueron la presencia de algas, islas de vegetación y residuos sólidos flotantes en los cursos de agua que dificultaron el sembrado de trazadores y/o retuvieron a los mismos. Adicionalmente se presentó otra restricción para la aplicación de la técnica LSPIV: en dos estaciones (EM03 y EM39), las condiciones del viento presentes al momento de realizar el aforo generaban un movimiento de la superficie del curso de agua en dirección contraria al flujo (bajo estas condiciones, los trazadores superficiales necesarios para aplicar esta metodología, no hubiesen representado correctamente las condiciones hidrodinámicas de los correspondientes cuerpos de agua).

Si analizamos la performance de los aforos mediante velocimetría por imágenes (comparando los resultados con los obtenidos mediante ADV) vemos que en cursos limpios (es decir sin vegetación ni residuos sólidos flotantes) las diferencias entre ambas técnicas están en el orden del 12%. En el caso de cursos con presencia de algas o vegetación, como en el caso de las estaciones EM38 y EM68 las diferencias aumentan y se encuentran en torno del 45% (hay que tener en cuenta que estas importantes diferencias porcentuales se dan también por los bajos caudales que se están aforando, independientemente de la técnica utilizada; pequeñas diferencias en los volúmenes registrados se transformen en diferencias porcentuales importantes). Esta situación también se presentó en los aforos de la 1° campaña realizados en dichas estaciones. Entrando en el análisis particular de los aforos en las diferentes estaciones de monitoreo podemos ver lo siguiente:

- Como sucedió en la campaña de aforos N°1, los aforos en la EM16 y en la EM76 se hicieron en un tiempo acotado, aprovechando que se tenían marcados y georreferenciados los puntos fijos desde la campaña de recorrida inicial<sup>12</sup>. En este tipo de secciones canalizadas el aforo mediante LSPIV muestra sus mayores ventajas (puesto que tampoco es necesario relevar la sección). En estas secciones solo se realizaron aforos con LSPIV para evitar el contacto del personal involucrado en las mediciones con las aguas

---

<sup>12</sup> INA, 20201. Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe 02 – Campaña de reconocimiento inicial. Proyecto INA 397. Informe LHA 02-397-21. Ezeiza, marzo de 2021

del arroyo del Rey (EM16) y del arroyo Susana (EM76) dada la calidad de los mismos y la cantidad de residuos sólidos flotantes que transportan.

- En la EM16 el aforo con LSPIV evitó que el personal tuviese que entrar en contacto directo con aguas que presentaban importantes cantidades de residuos y descargas cloacales domésticas (ver Figura 2.7).
- En la EM78 la técnica LSPIV evitó tener que acceder a la sección de aforo, con las dificultades que eso acarrea, bajo diferentes condiciones hidrológicas del Riachuelo, dada su ubicación (ver Figura 2.8).
- La presencia de islas de vegetación en las estaciones de monitoreo EM03 dificultó el sembrado de trazadores, tal como se observa en la Figura 2.9.
- Las algas superficiales (Figura 2.10) encontradas en la EM68 complicaron el libre escurrimiento de los trazadores.
- La presencia de viento imposibilitó el aforo en las estaciones 33 y 39. La dirección del mismo generaba un movimiento de la superficie en los cursos de agua contraria al sentido de escurrimiento del flujo (Figura 2.11). De haber lanzado los trazadores en estos casos, los mismos no iban a describir correctamente la hidrodinámica de los arroyos analizados.
- Las obstrucciones en los puentes y alcantarillas aguas debajo de la EM10 y EM47 condicionaron la hidrodinámica del flujo en las secciones de aforo. En estos casos, las diferencias entre los aforos con LSIV y ADV fueron de 31% y 50% respectivamente. Como se mencionó previamente, estas diferencias porcentuales también se explican en parte por los pequeños caudales aforados.
- Los aforos con LSPIV en las estaciones de monitoreo EM03, EM04, EM41, EM68 y EM77 presentaron diferencias menores al 15% respecto de los caudales obtenidos mediante ADV.
- Las estaciones de monitoreo donde los aforos con LSPIV mostraron diferencias mayores al 15% respecto de los caudales obtenidos mediante ADV presentaban caudales del orden de 0,1 m<sup>3</sup>/s o menores. Si se analizan las diferencias absolutas, estas están en el orden de los 0,03 m<sup>3</sup>/s.

Se recomienda continuar utilizando la técnica de aforo por velocimetría de imágenes, para poder seguir evaluando su performance. Se podría focalizar su continuidad en secciones donde el curso se encuentre altamente contaminado o de difícil acceso, como así también en secciones canalizadas. En futuros trabajos se podría desarrollar una metodología para poder estimar las incertidumbres asociadas a los caudales obtenidos con esta metodología.



Figura 2.7. Residuos flotantes en la EM16.



Figura 2.8. Ubicación de la EM78 en la margen izquierda del Riachuelo.



Figura 2.9. Isla de vegetación en la EM03.

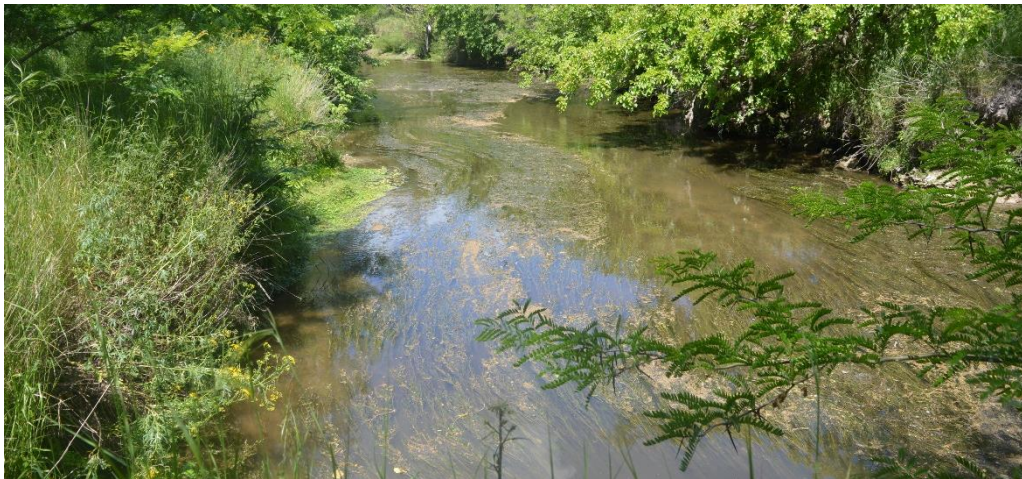


Figura 2.10. Algas en la sección de aforo de la EM68.



Figura 2.11. Movimiento superficial del agua en dirección contraria a la del flujo producto del viento.

Como se mencionó anteriormente, no se pudo realizar el aforo en la EM63 debido a la capa superficial de grasa que presentaba el A° Ortega (ver Figura 2.12).

Por último los aforos realizados con ADV y ADCP mostraron una muy buena performance, obteniéndose incertidumbres medias en la campaña del orden del 5% y 9% respectivamente, lo cual se considera muy satisfactorio.



Figura 2.12. Capa superficial de grasa en la sección de aforo de la EM63.

# Anexo A. Detalle de los aforos de la campaña N°2.

### A.1. EM01

El día 12/11/2021 a las 09:00 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 2° campaña de aforos. La sección se encontraba con un correcto mantenimiento. El aforo en esta sección se realizó con ADCP en la sección ubicada entre los puentes viales de la RN3. (Figura A.1).

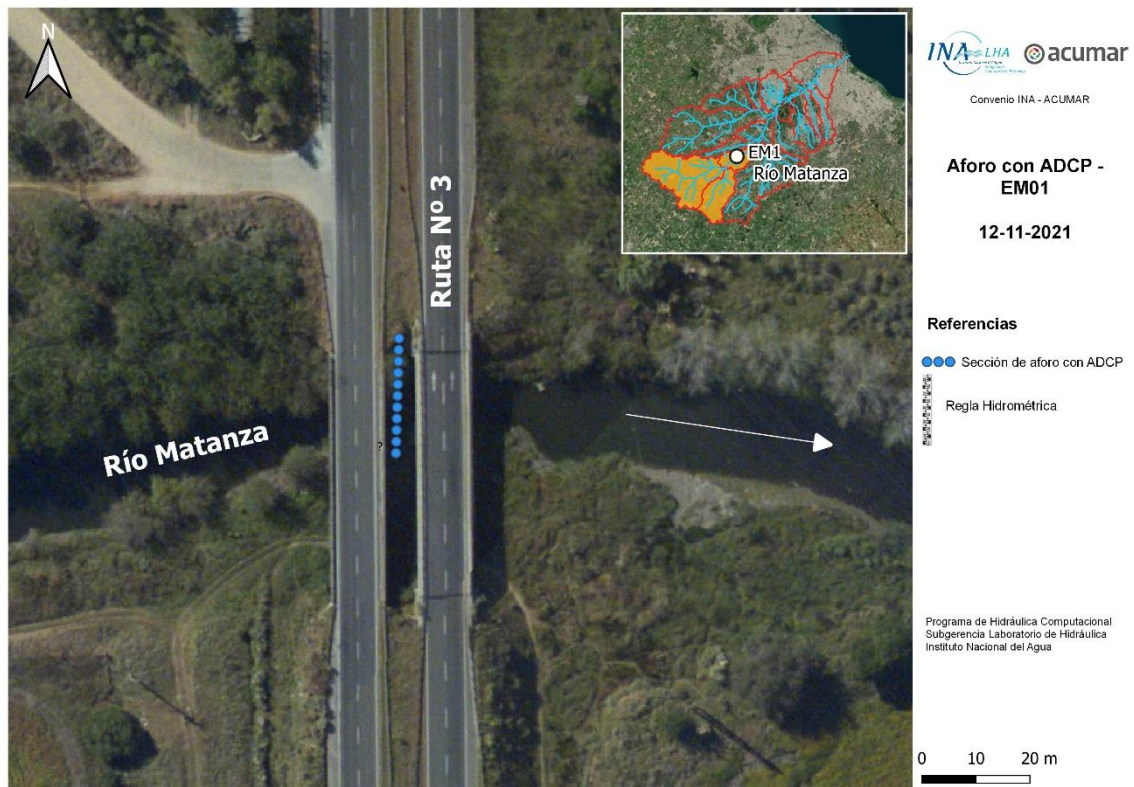


Figura A.1. Secciones de aforo en la EM01.

El curso del río Matanza se encontraba en una situación de aguas bajas. En la Figura A.2 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa (se observa que no hubo lluvias en los días anteriores al aforo). La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,67 \pm 0,01$  m a las 09:25 hs (correspondiente a una cota  $10,55 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.2 derecha).

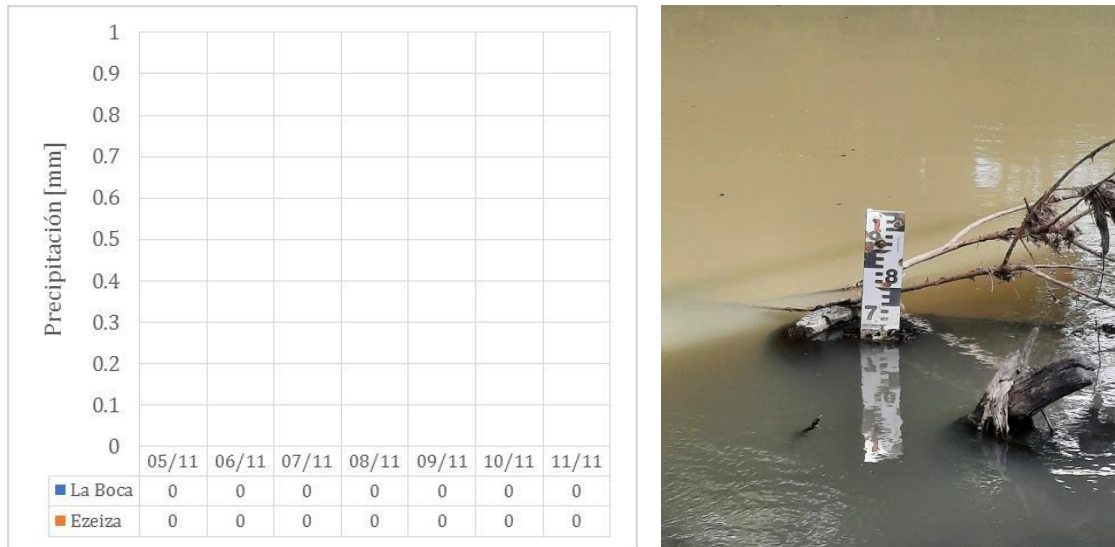


Figura A.2. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica de la EM01 (derecha).

### Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un hydroboard guiado mediante sogas desde ambas márgenes del curso de agua (ver Figura A.3). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de 0,58 m<sup>3</sup>/s con una incertidumbre del 7,9%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.4.



Figura A.3. Aforo con ADCP en la EM01.

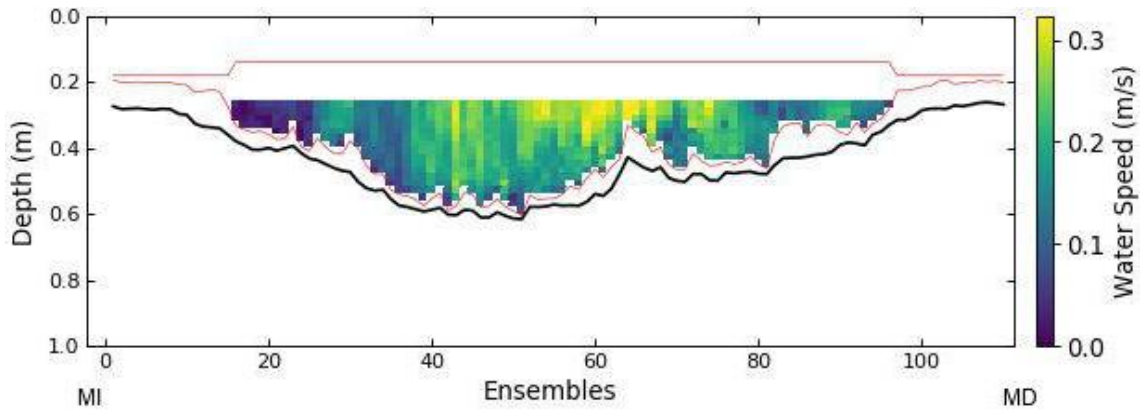


Figura A.4. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM01 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

### Comparación con registros históricos

La Figura A.5 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM01 y la comparación con los valores obtenidos en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

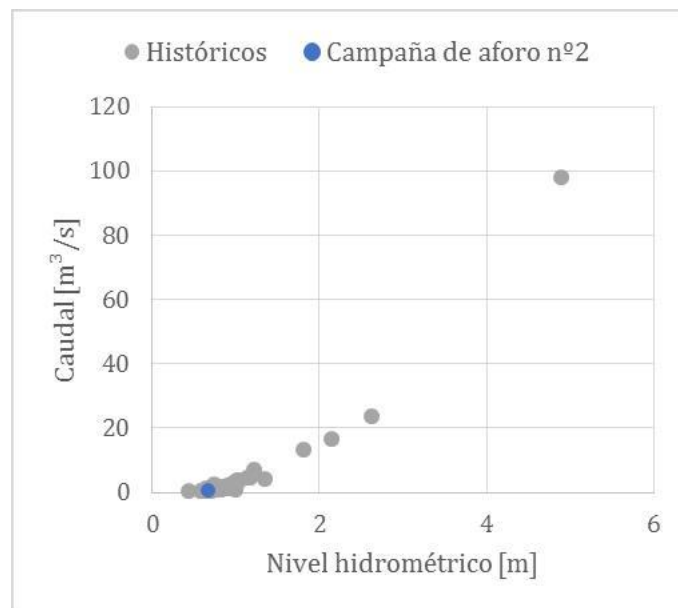


Figura A.5. Registros históricos de niveles y caudales en la EM01.

## A.2. EM03

El aforo en esta estación se realizó el día 10/11/2021. La sección de aforo se ubicó debajo del puente vial de la Autopista Ezeiza-Cañuelas en dirección a CABA (Figura A.6). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Cañuelas presentaba una situación de aguas bajas. No se registraron precipitaciones en la semana previa al aforo, tal como se muestra en la Figura A.7. El nivel de la superficie de agua a las 13:00 hs fue de  $7,43 \pm 0,03$  m IGN y se determinó con el GPS diferencial a no encontrarse el primer tramo de la escala hidrométrica de la sección.



Figura A.6. Sección de aforo en la EM03.

### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A 8) se realizó desde las 12:30 hs hasta las 13:15 hs. Se obtuvo un caudal de  $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,5%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.9.

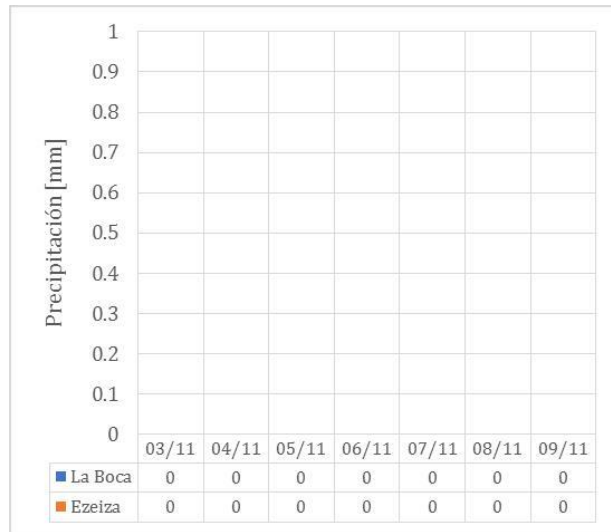


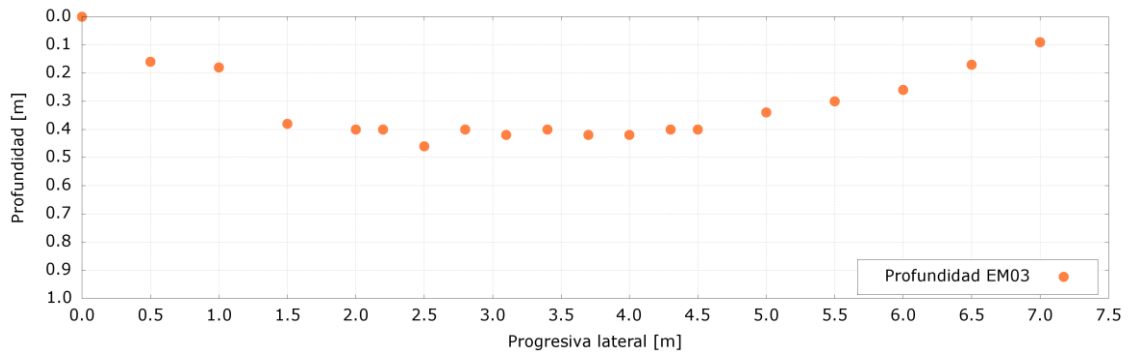
Figura A.7. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo



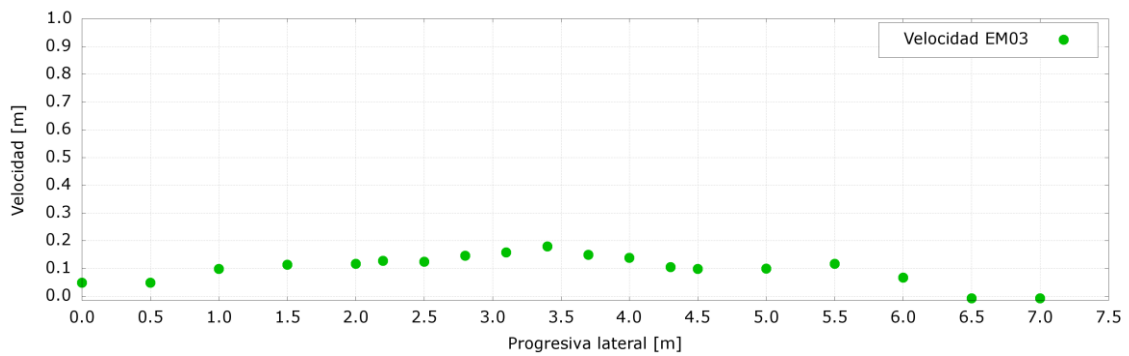
Figura A 8. Aforo con ADV en la EM03.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

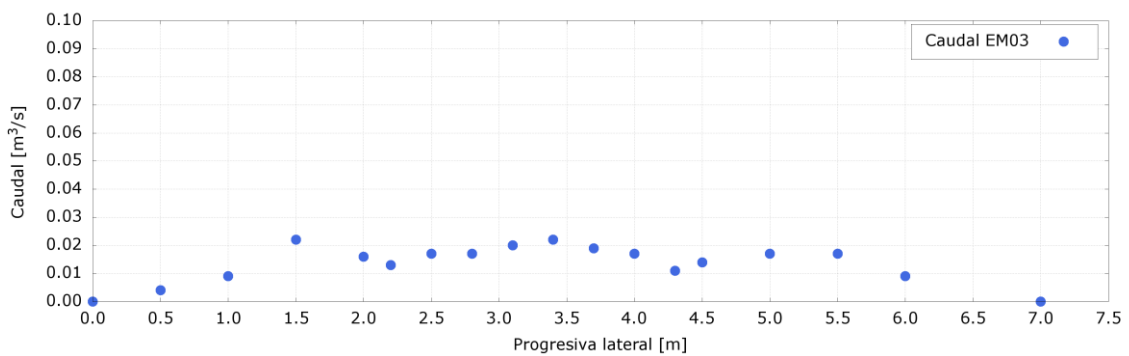
Para llevar adelante la técnica se midieron con una cinta métrica las distancias entre los cuatro puntos fijos dispuestos a nivel de agua. Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Cañuelas 20 metros aguas arriba de la sección de aforo (Figura A.10). El aforo se realizó a las 13:30. La Figura A.11 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades superficiales máximas alcanzan 0,15 m/s en la sección de aforo. El caudal obtenido fue de 0,28 m<sup>3</sup>/s.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.9. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM03 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



Figura A.10. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM03.

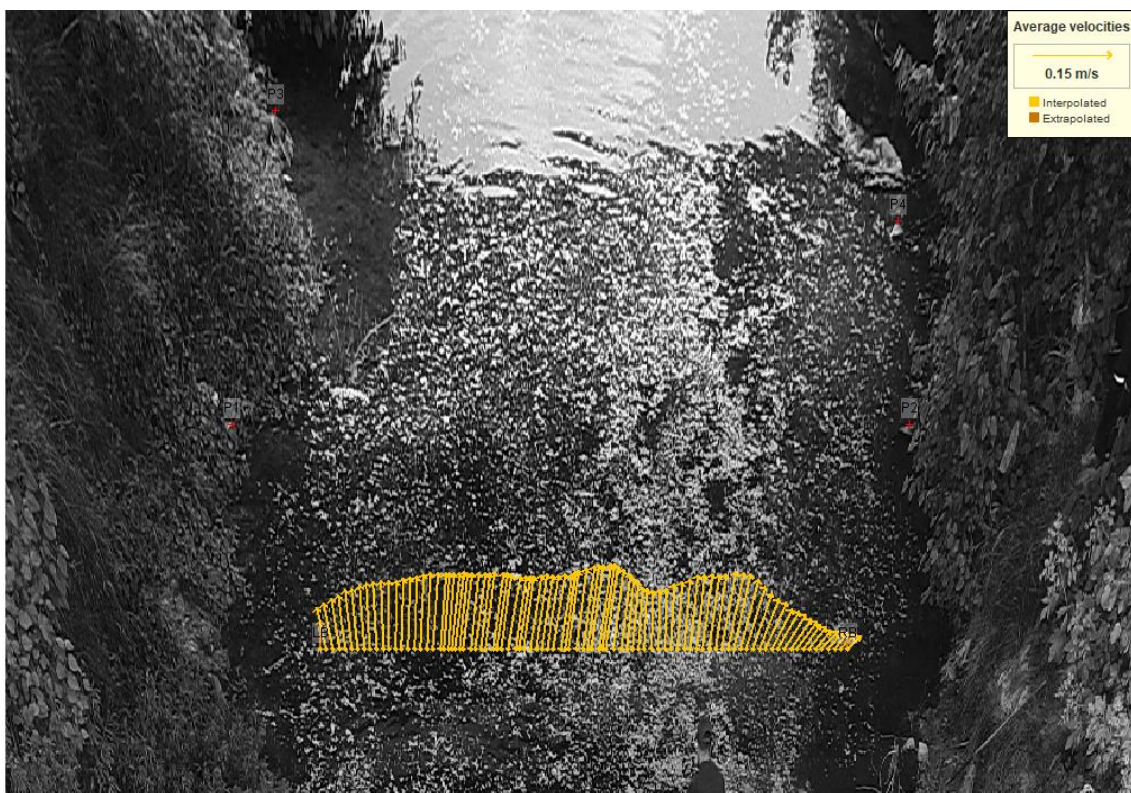


Figura A.11. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa.

### A.3. EM04

El aforo en esta estación se realizó el día 15/11/2021. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la calle Miguel Planes (Figura A.12). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Chacón presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.13 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,34 \pm 0,01$  m a las 11:00 hs (correspondiente a una cota  $11,65 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.14). En esta sección se re instaló el primer tramo de la escala hidrométrica de la sección el día 19/07/2021. El cero del primer tramo se corresponde con una cota de 11,31 m IGN, según lo determinado con el GPS Diferencial durante la presenta campaña.



Figura A.12. Sección de aforo en la EM04.

#### Aforo con ADV.

El aforo con ADV (ver Figura A.15) se realizó desde las 10:30 hs hasta las 11:20 hs. Se obtuvo un caudal de  $0,52 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,9%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.16.

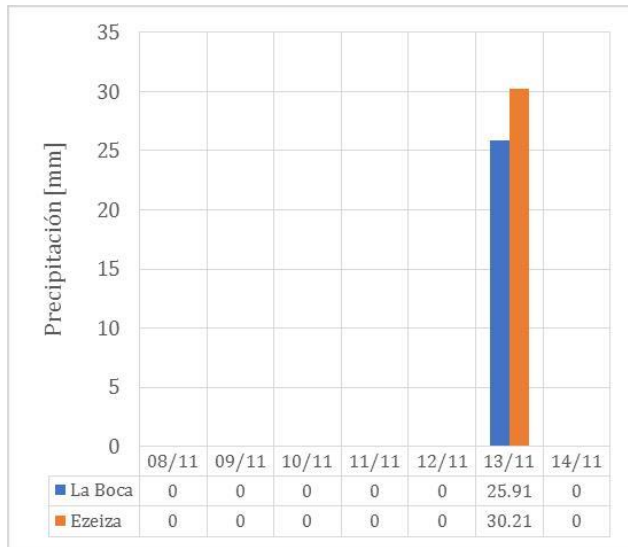


Figura A.13. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo.

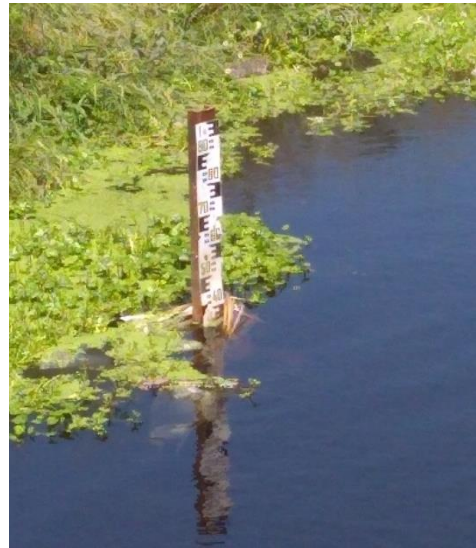


Figura A.14. Nivel del curso registrado por la regla hidrométrica de la EM04

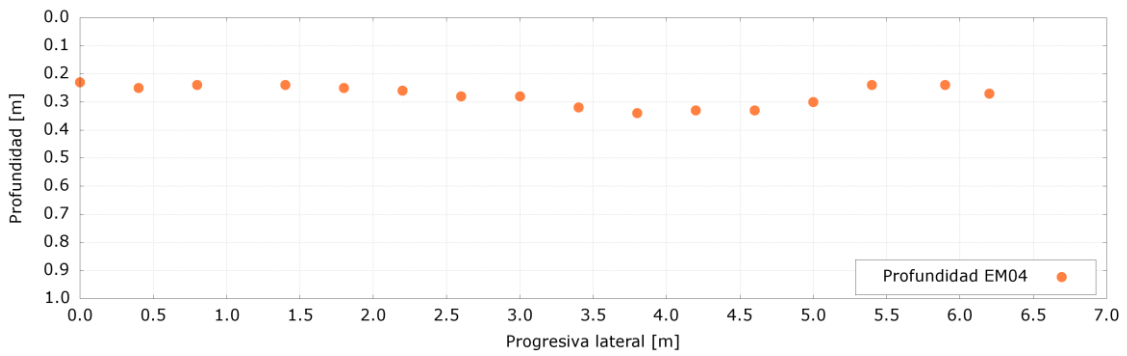


Figura A.15. Aforo con ADV en la EM04.

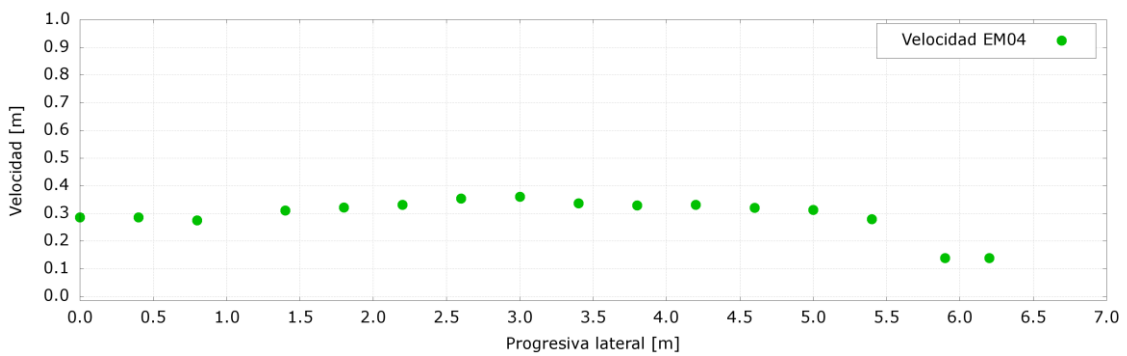
### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se midieron con una cinta métrica las distancias entre los 4 puntos fijos dispuestos a nivel de agua. Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por viruta de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Chacón unos metros aguas arriba de la sección de aforo. La Figura A.17 muestra el campo de velocidades

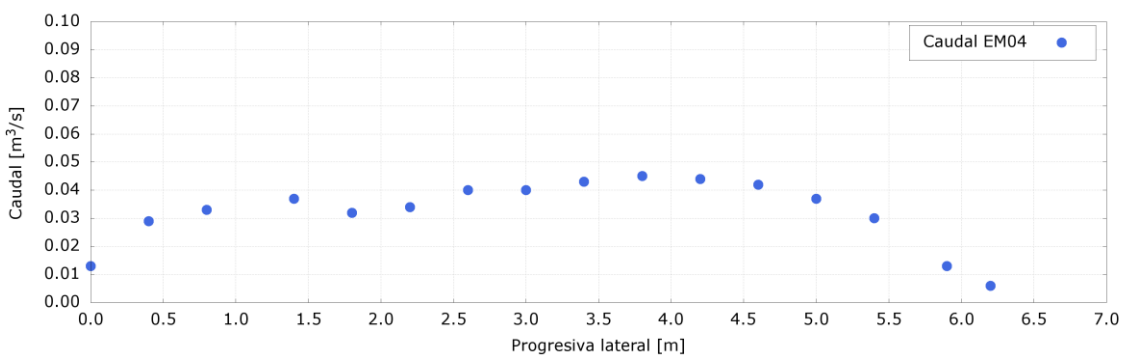
superficiales obtenido con el software RIVER, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,40 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,47 m<sup>3</sup>/s.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.16. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM04 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

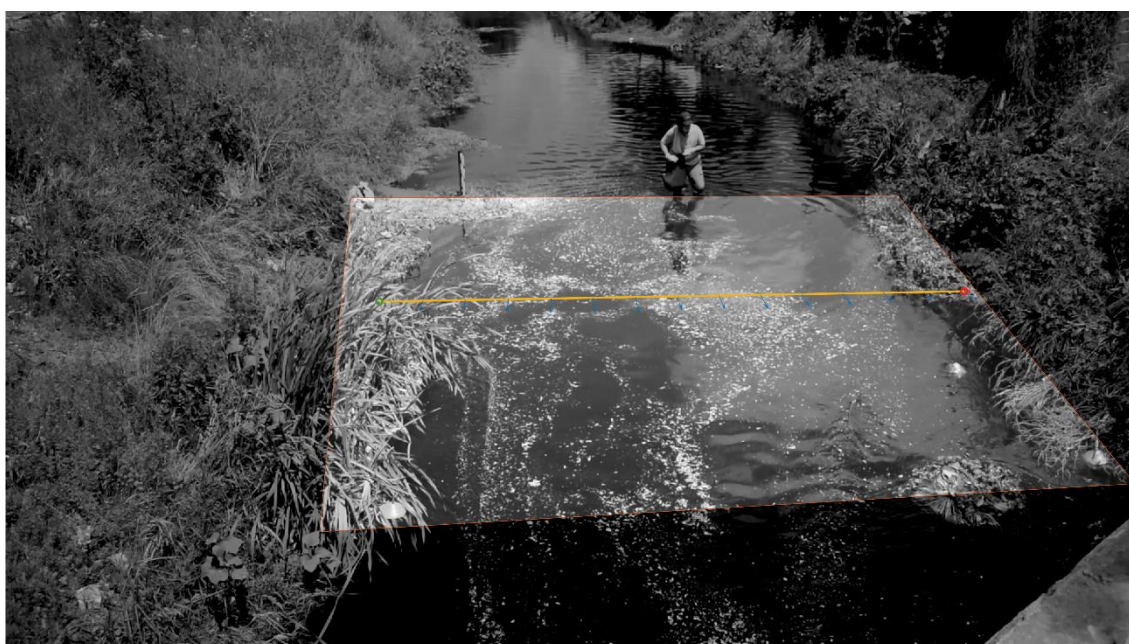


Figura A.17. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM04: Sembrado de trazadores (figura superior) y campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVER (figura inferior).

#### A.4. EM06

El aforo en esta estación se realizó el día 12/11/2021. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente vial de la calle Blas Parera (Figura A.18). El aforo se realizó con el equipo ADCP. El río Matanza presentaba una situación de aguas bajas con fuerte presencia de residuos en la margen izquierda (producto de descargas clandestinas de volquetes) y en el cuerpo de agua (sobre todo en cercanías de la escala). En la Figura A.19 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa (se observa que no hubo lluvias en los días anteriores al aforo). La lectura de la regla hidrométrica fue de  $1,36 \pm 0,01$  m a las 11:10 hs (correspondiente a una cota  $4,26 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.19).



Figura A.18. Sección de aforo en la EM06.

#### Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un hydroboard guiado mediante sogas desde el puente vial de la calle Blas Parera (ver Figura A.20). Se realizaron cuatro pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de  $1,55 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 10%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.21.

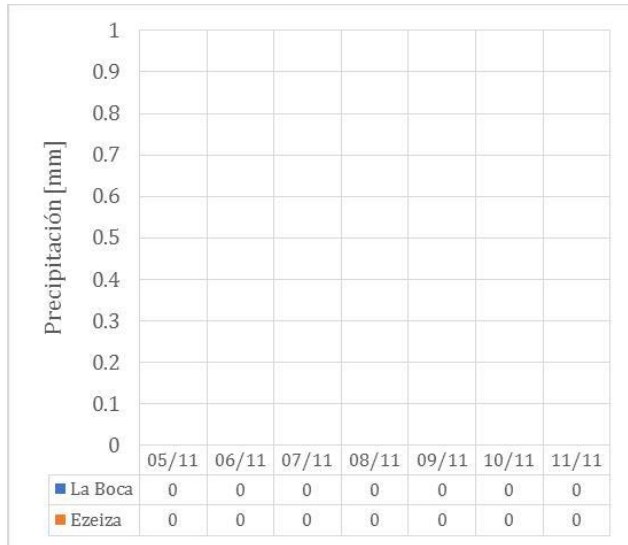


Figura A.19. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.20. Aforo con ADCP en la EM06. Se observa fuerte presencia de residuos en la margen izquierda (producto de descargas clandestinas de volquetes) y en el cuerpo de agua (sobre todo en cercanías de la escala)

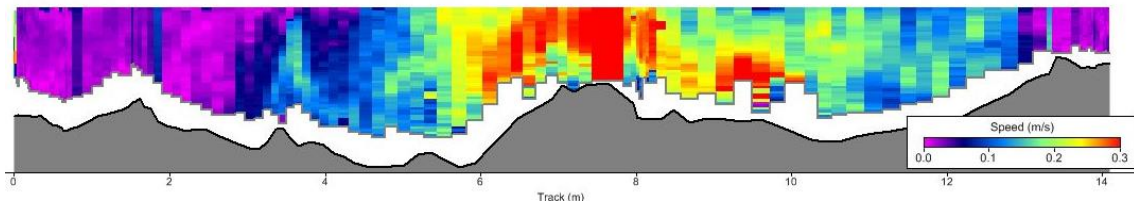


Figura A.21. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM06 obtenida con ADCP. La coordenada lateral 0 se corresponde con la ubicación de la margen izquierda (MI).

### Comparación con registros históricos

La Figura A.22 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM06 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde efectivamente a una situación de aguas bajas.

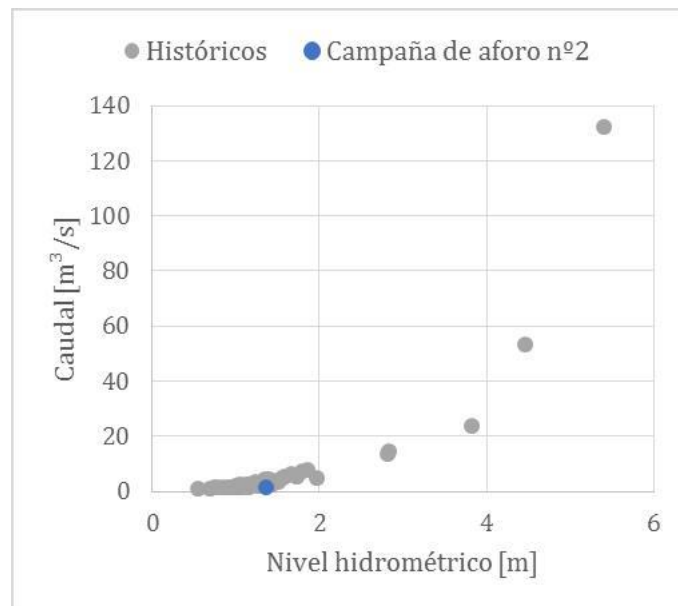


Figura A.22. Registros históricos de niveles y caudales en la EM06.

### A.5. EM08

El día 11/11/2021 a las 11:40 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la campaña N°2. El aforo se realizó debajo del puente de la calle Manuel Castilla Hidalgo (Figura A.23) utilizando el equipo ADV. No se pudo implementar la técnica LSPIV debido a la presencia de algas en la sección (ver Figura A.24). No se registraron precipitaciones en la semana previa al aforo, tal como se muestra en la Figura A.25. La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,64 \pm 0,01$  m a las 12:10 hs (correspondiente a una cota  $4,75 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.26). En esta sección se re instaló el primer tramo de la escala hidrométrica de la sección el día 19/07/2021. El cero del primer tramo se corresponde con una cota de 4,11 m IGN, según lo determinado con el GPS Diferencial durante la presenta campaña.

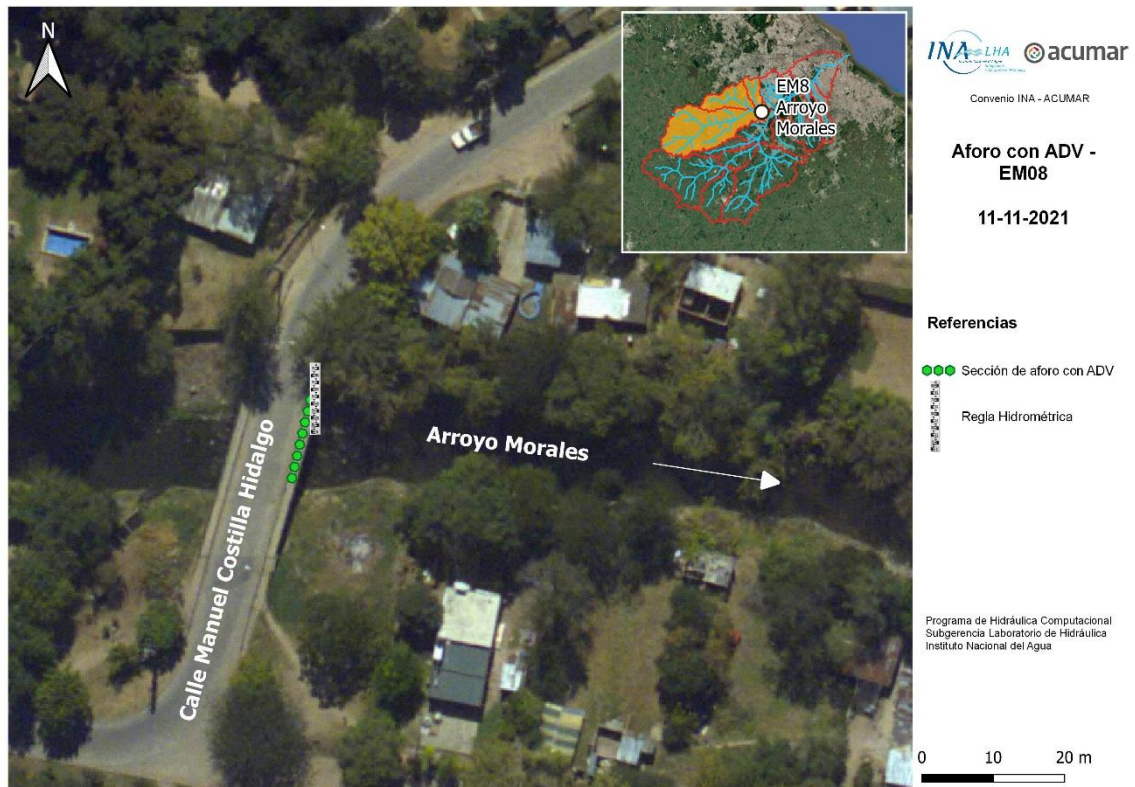


Figura A.23. Sección de aforo en la EM08.



Figura A.24. Presencia de algas y residuos sólidos flotantes en la EM08.

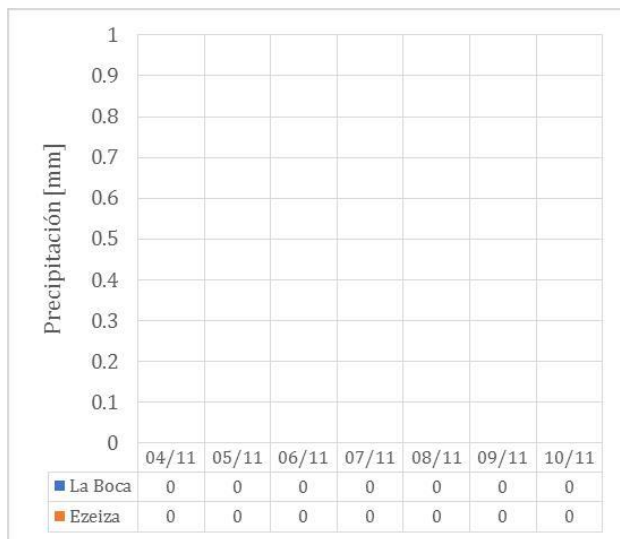


Figura A.25. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo en la EM 08



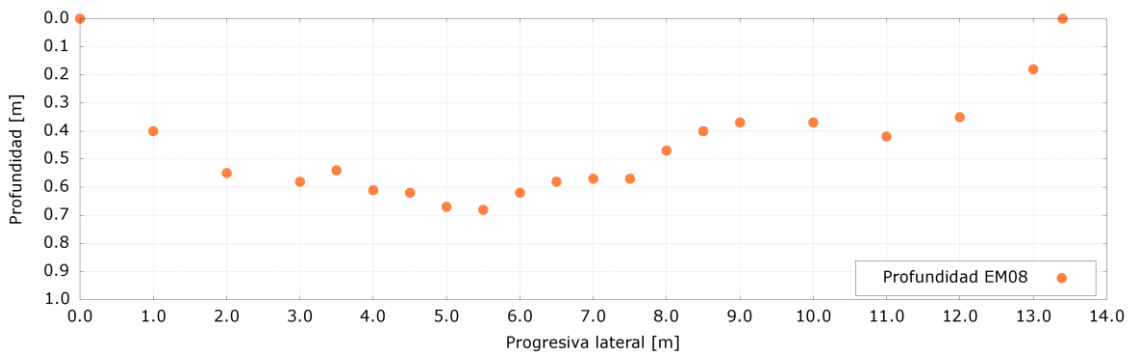
Figura A.26. Nivel del curso registrado por la regla hidrométrica de la EM08

### Aforo con ADV

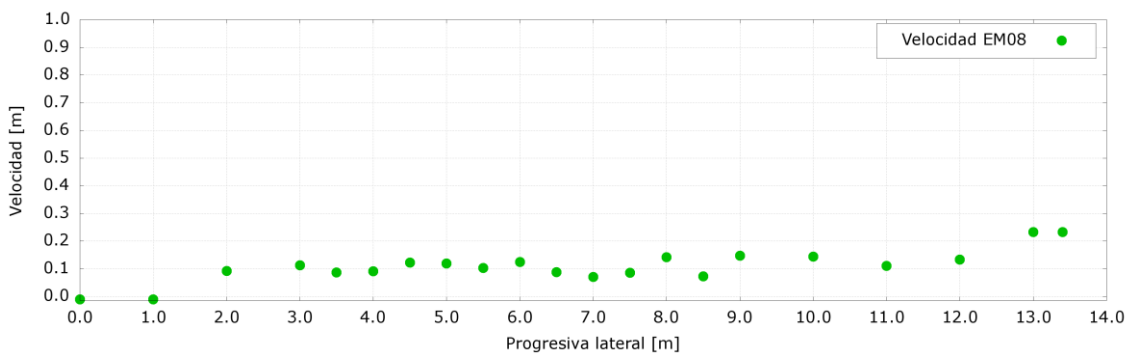
El aforo con ADV (Figura A.27) se realizó desde las 12:00 hs hasta las 12:45 hs. Se obtuvo un caudal de  $0,63 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,2%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.28.



Figura A.27. Aforo con ADV en la EM08.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas

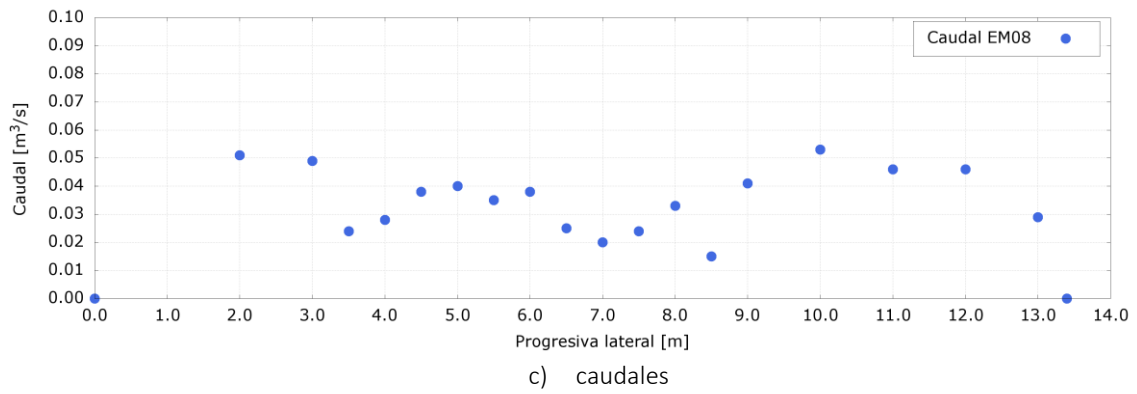


Figura A.28. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM08 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

## A.6. EM10

El aforo en esta estación se realizó el día 16/11/2021. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial del Camino Real Presbítero Juan G. González y Aragón (Figura A.29). Al igual que en la primera campaña, las alcantarillas del puente estaban parcialmente tapadas alterando el normal escurrimiento del flujo, lo que determinó la nueva sección de aforo adoptada. El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Aguirre presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.30 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,65 \pm 0,01$  m a las 09:00 hs (correspondiente a una cota  $4,40 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.30).

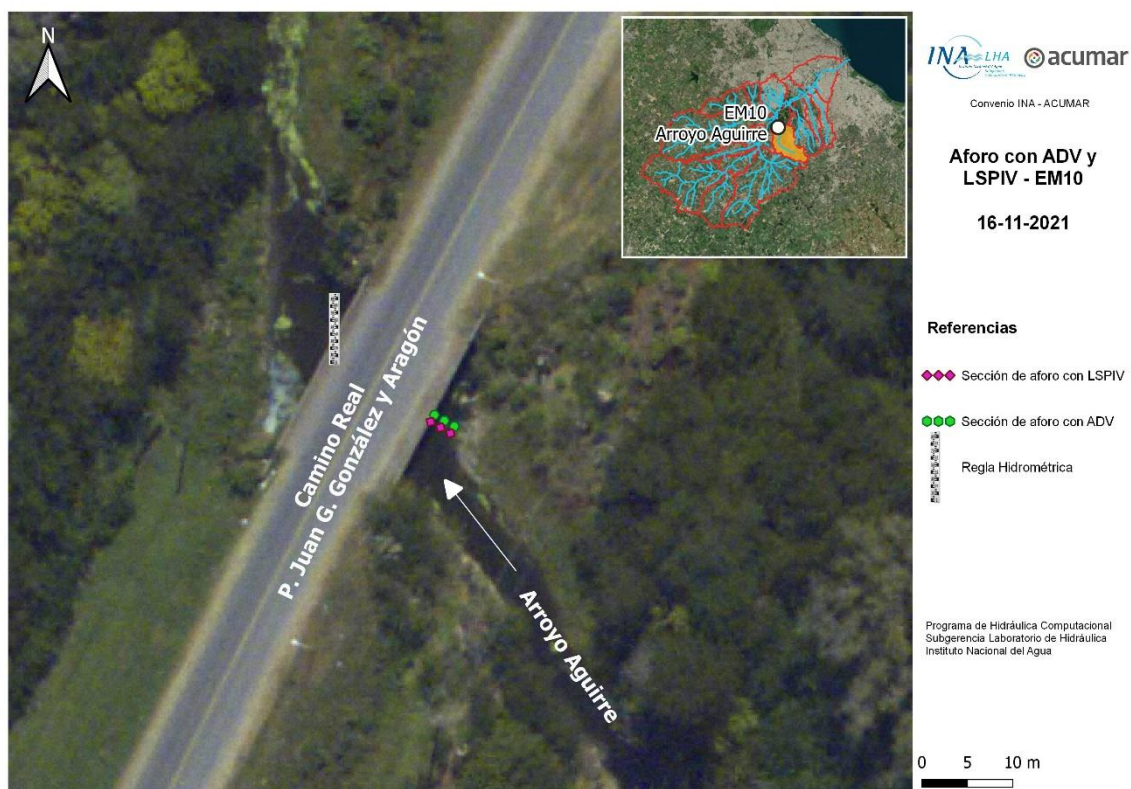


Figura A.29. Sección de aforo en la EM10.

### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.31) se realizó desde las 09:30 hs hasta las 10:00 hs. Se obtuvo un caudal de  $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,6%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.32.

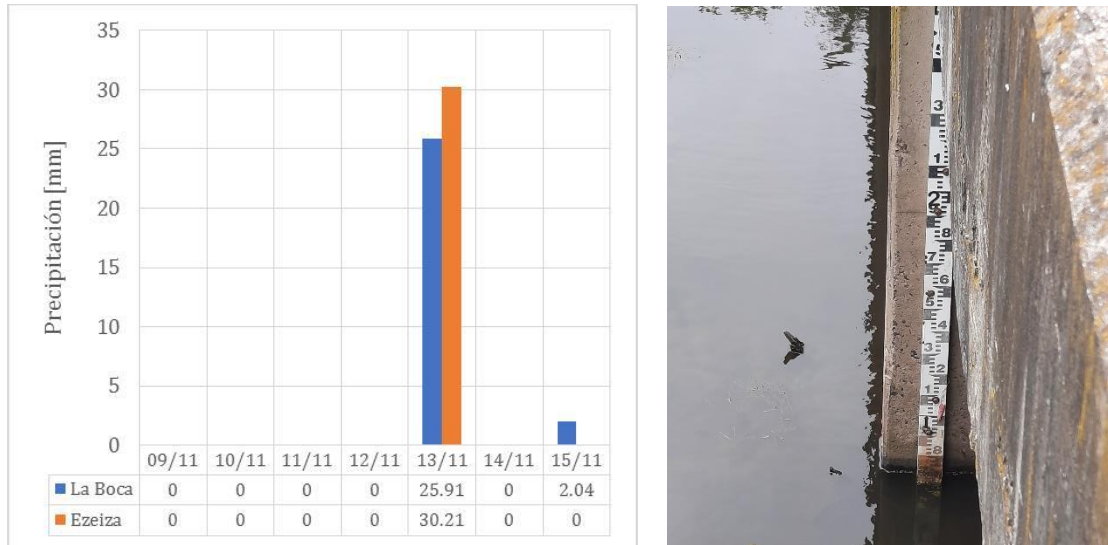


Figura A.30. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.31. Aforo con ADV en la EM10.

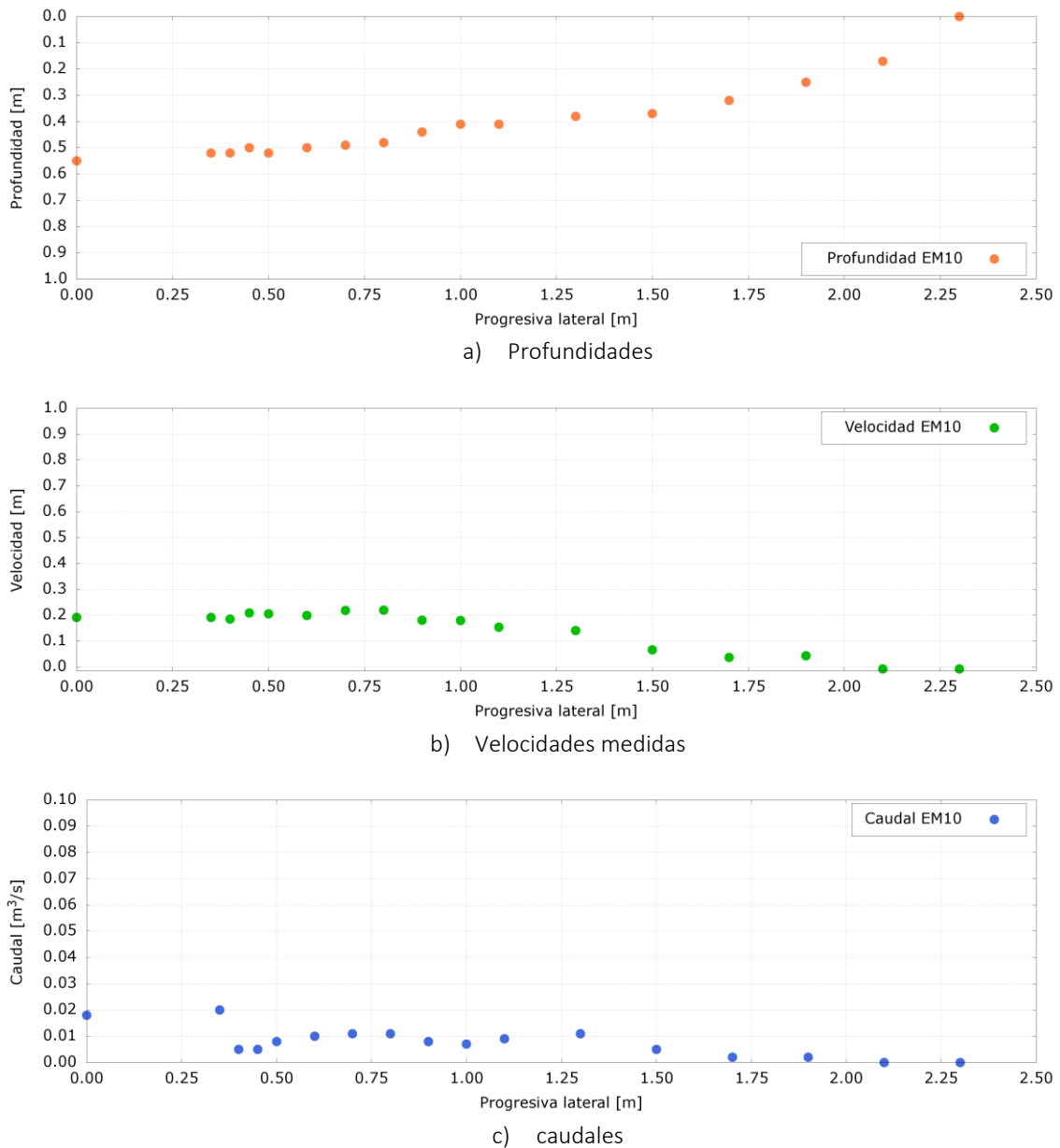


Figura A.32. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM10 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se utilizaron cuatro puntos fijos cuyas distancias fueron relevadas con cinta métrica (ver Figura A.33). Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Aguirre cuatro metros aguas arriba de la sección de aforo (Figura A.33). El aforo se realizó a las 10:20 hs. La Figura A.34 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,21 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,09 m³/s.



a) Medición de coordenadas de puntos fijos



b) Sembrado de trazadores

Figura A.33. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM10

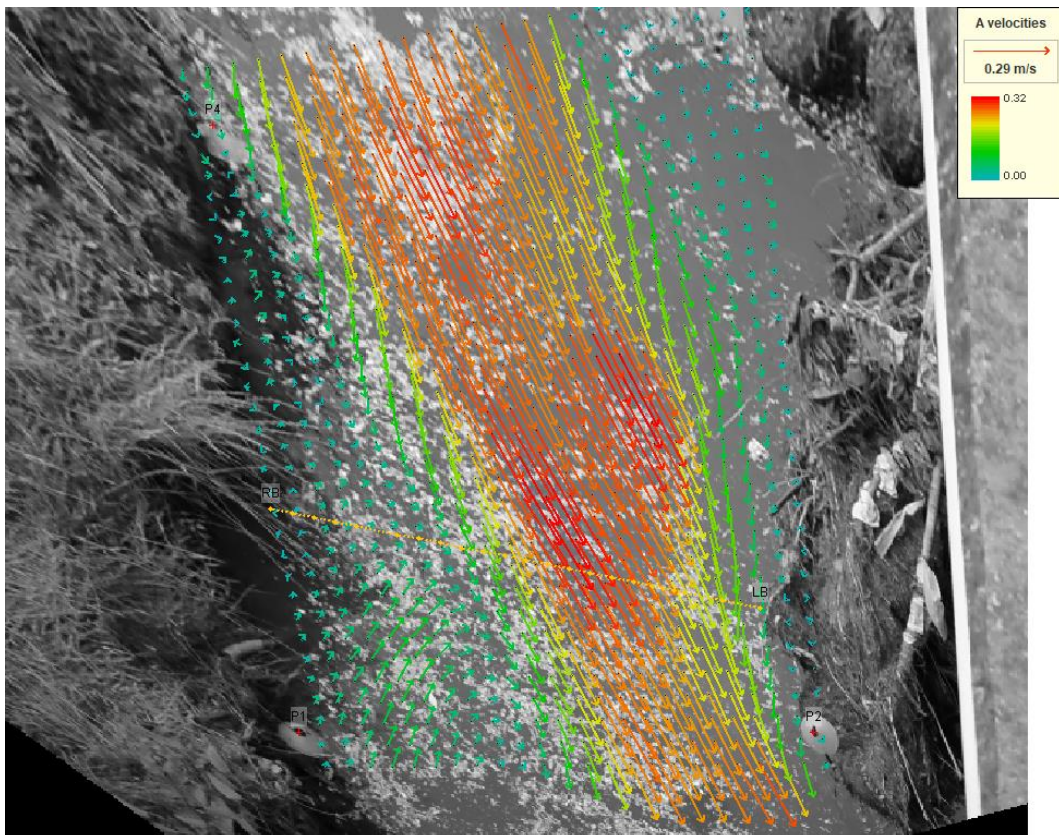


Figura A.34. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa.

### Comparación con registros históricos

La Figura A.35 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM10 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde efectivamente a una situación de aguas bajas.

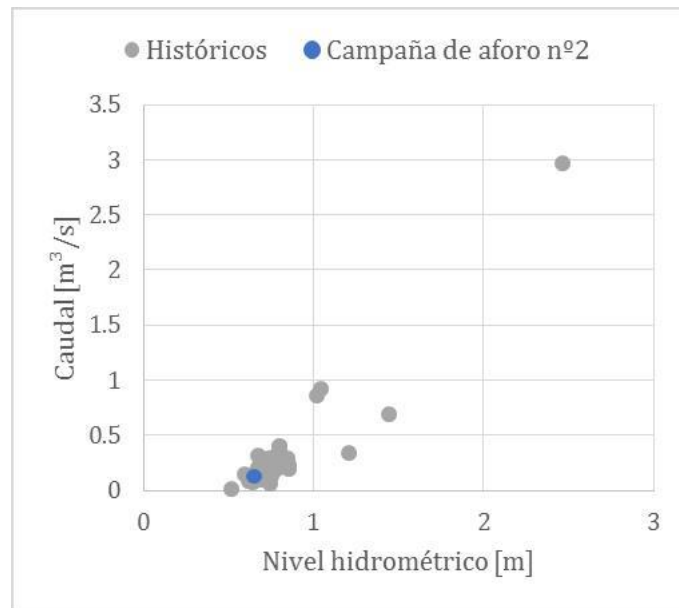


Figura A.35. Registros históricos de niveles y caudales en la EM10.

### A.7. EM11

El aforo en esta sección se realizó el día 16/11/2021 a partir de las 11:30 hs. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la calle Guillermo Marconi (Figura A.36).

En la Figura A.37 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El nivel observado en la escala a las 11:35 hs fue de  $1,00 \pm 0,01$  m (Figura A.37), esto se corresponde a una cota de la superficie del agua del arroyo Don Mario de  $2,81 \pm 0,03$  m IGN.



Figura A.36. Sección de aforo en la EM11.

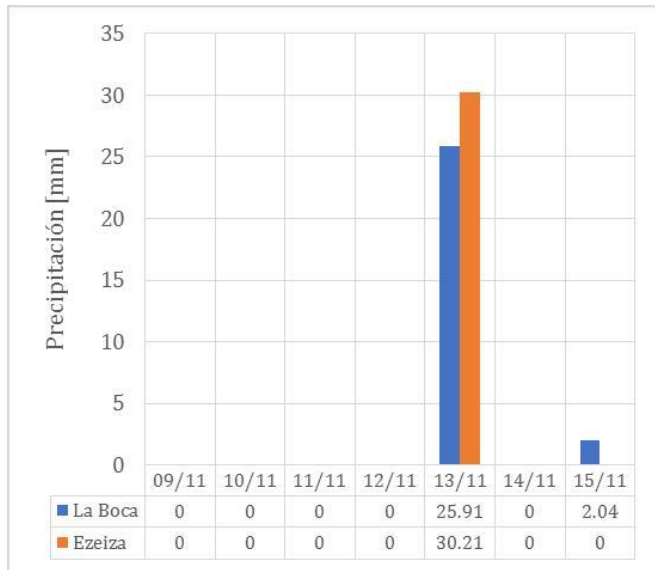


Figura A.37. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).

### Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un hydroboard guiado mediante sogas desde ambas márgenes del curso de agua (ver Figura A.38). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de  $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 16,3%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo presentada en la Figura A.39 muestra claramente sobre la margen derecha una zona de aguas estancas y con algún grado de recirculación. Esta situación afectó el aforo, por eso el aumento en la incertidumbre del caudal estimado.



Figura A.38. Preparación del equipo ADCP (izquierda) y aforo en la EM11.

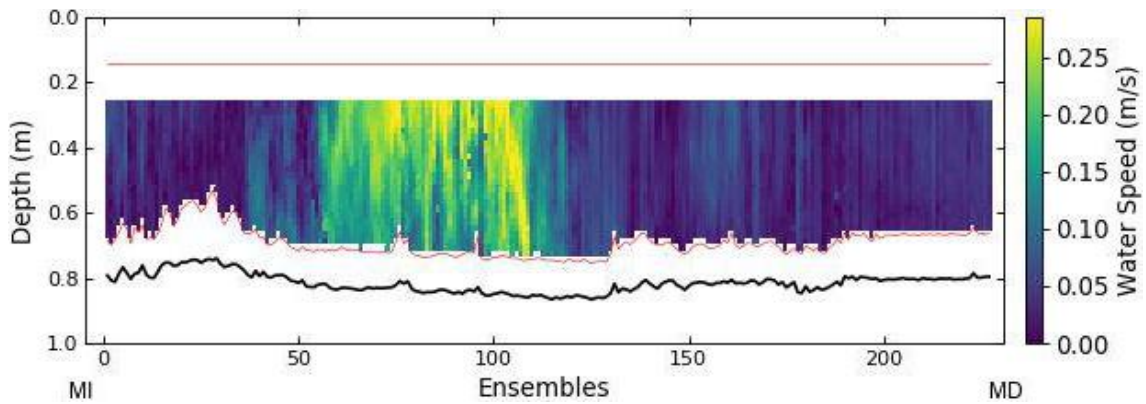


Figura A.39. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM11 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

### Comparación con registros históricos

La Figura A.40 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM11 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas medias bajas.

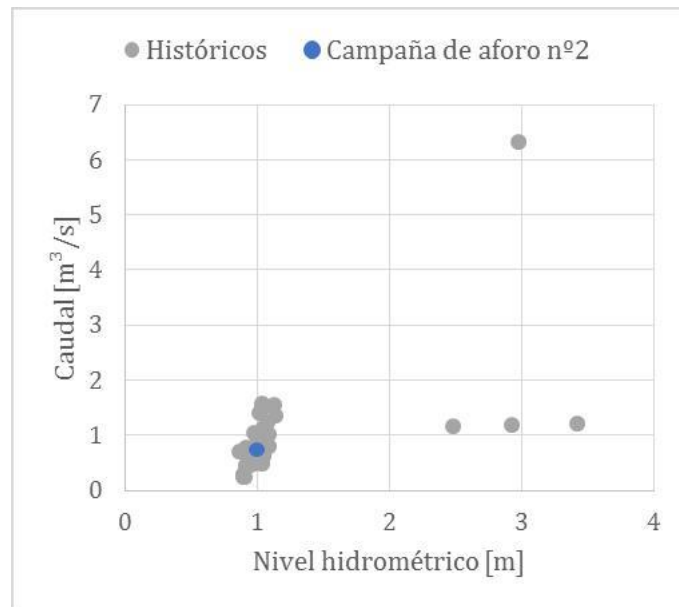


Figura A.40. Registros históricos de niveles y caudales en la EM11.

## A.8. EM12

El aforo en esta sección se realizó el día 18/11/2021 a partir de las 09:10 hs. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente de la Autopista Ricchieri (ver Figura A.41). El aforo se realizó con el equipo ADCP. Dado que la dinámica hídrica en esta sección puede llegar a estar afectada por los niveles del Río de la Plata, se muestran en la Figura A.42 los niveles registrados el día del aforo por el sensor de ACUMAR ubicado en el Riachuelo (a la altura del Club Regatas de Avellaneda).

El río Matanza presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.43 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,38 \pm 0,01$  m a las 10:00 hs (correspondiente a una cota  $0,83 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.43 derecha).

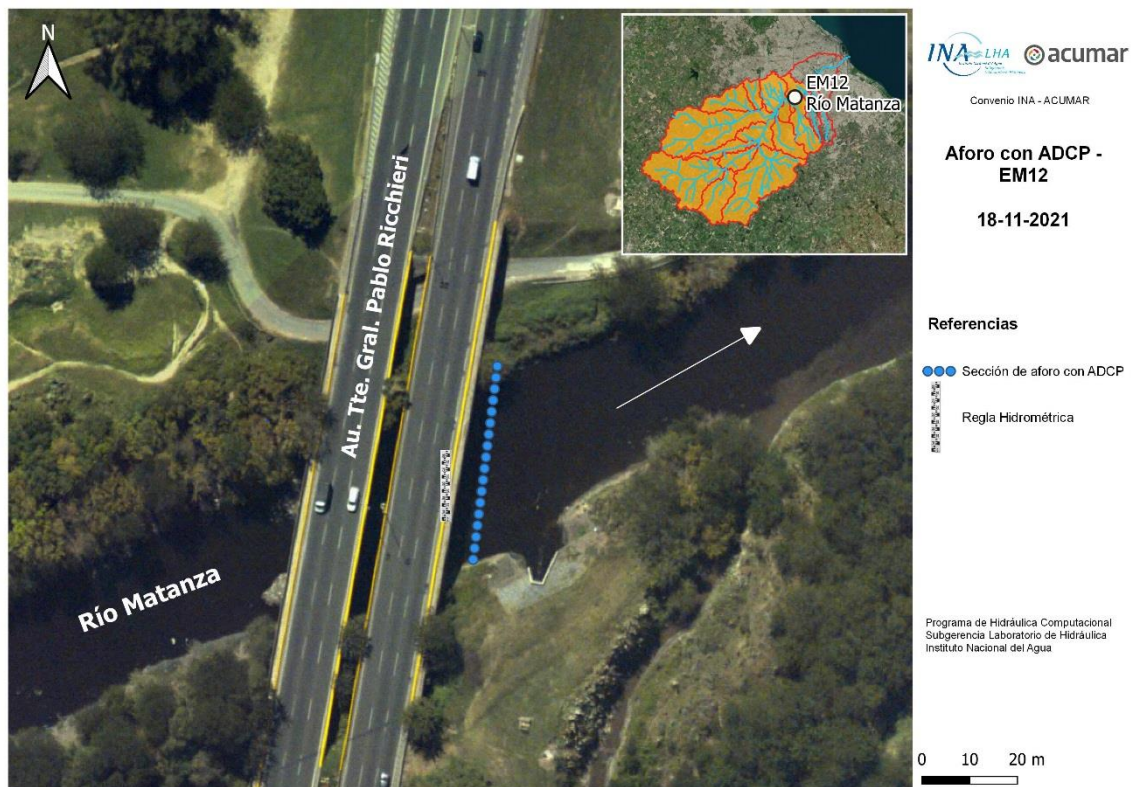


Figura A.41. Sección de aforo en la EM12.

### Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante dos sogas desde el puente de la autopista Ricchieri (ver Figura A.44). Se realizaron cuatro pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de  $3,48 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 4,5%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.45.

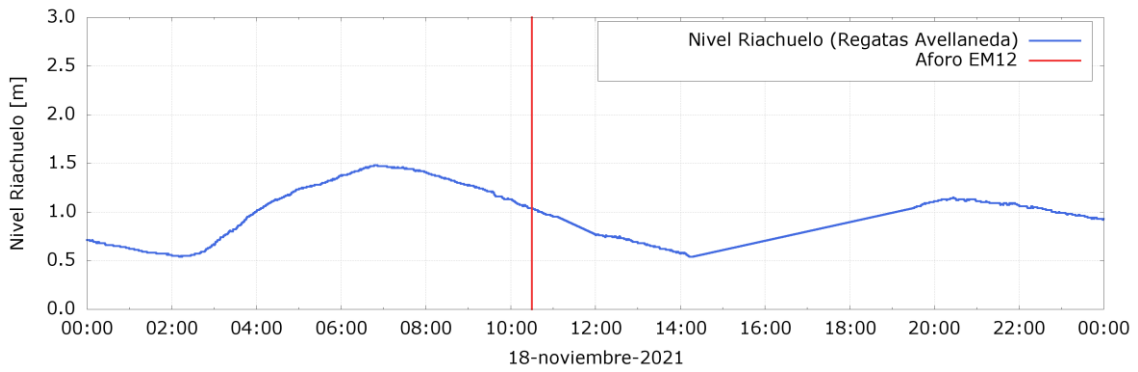


Figura A.42. Niveles registrados en la Estación Regatas de Avellaneda (ACUMAR) al momento de realizarse el aforo en la EM12.

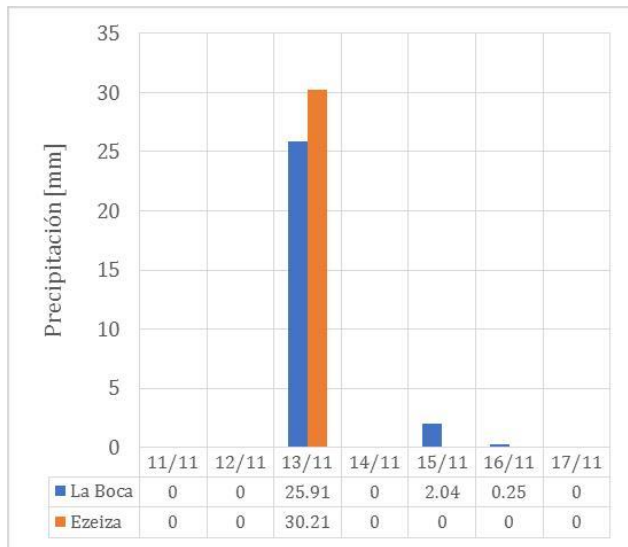


Figura A.43. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.44. Aforo con ADCP en la EM12.

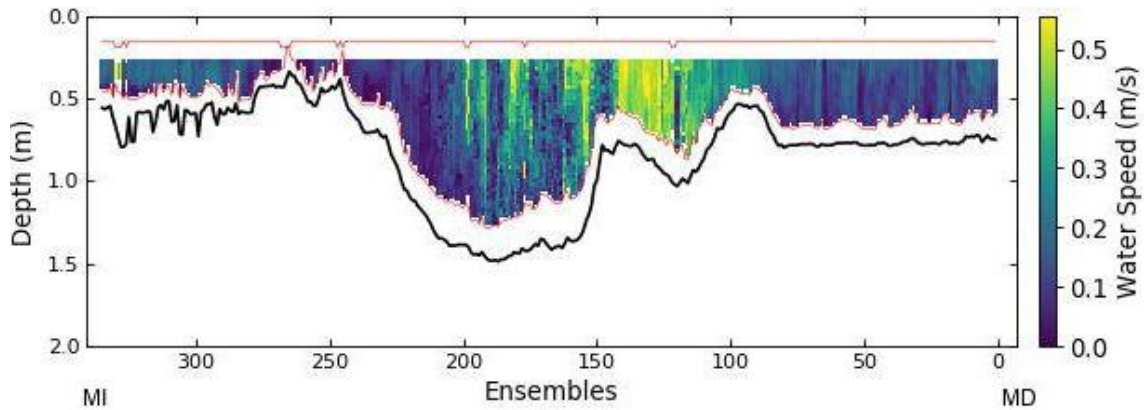


Figura A.45. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM12 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

### Comparación con registros históricos

La Figura A.46 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM12 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas medias bajas.

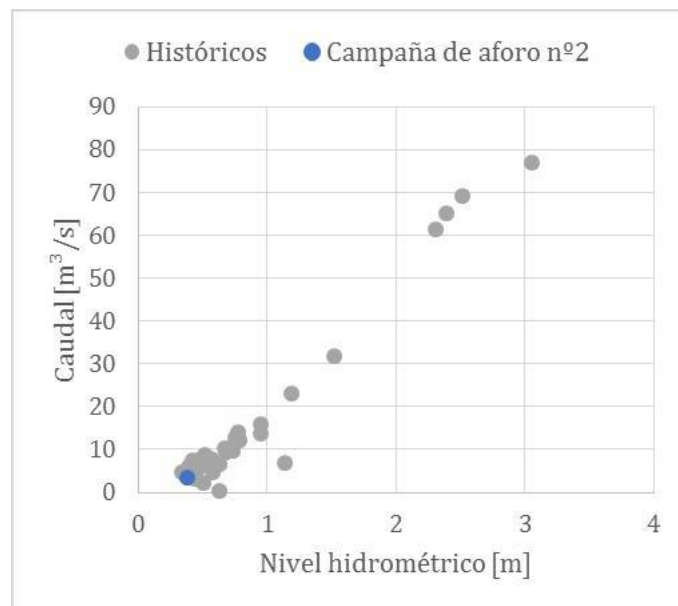


Figura A.46. Registros históricos de niveles y caudales en la EM12.

## A.9. EM13

El día 18/11/2021 a las 11:40 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la campaña N°2. El aforo se realizó aguas debajo de la descarga de la Planta Sudoeste de tratamiento de líquidos cloacales (Figura A.47) utilizando el equipo ADCP. En la Figura A.48 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,78 \pm 0,01$  m a las 12:00 hs (correspondiente a una cota  $0,81 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.48 derecha).

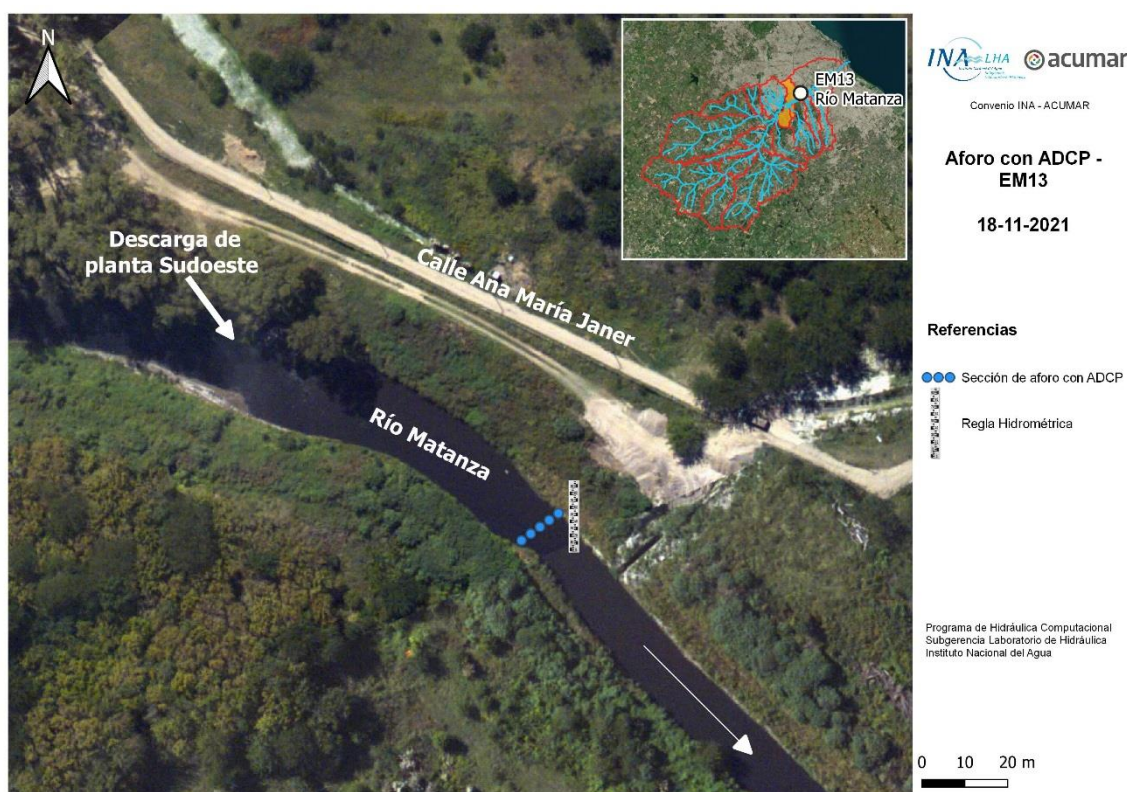


Figura A.47. Sección de aforo en la EM13.

### Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante una soga desde ambos márgenes del río, para lo cual hubo que cruzar el cauce antiguo del río Matanza utilizando un kayak (ver Figura A.49). Se realizaron ocho pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de  $2,57 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 6,1%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.50.

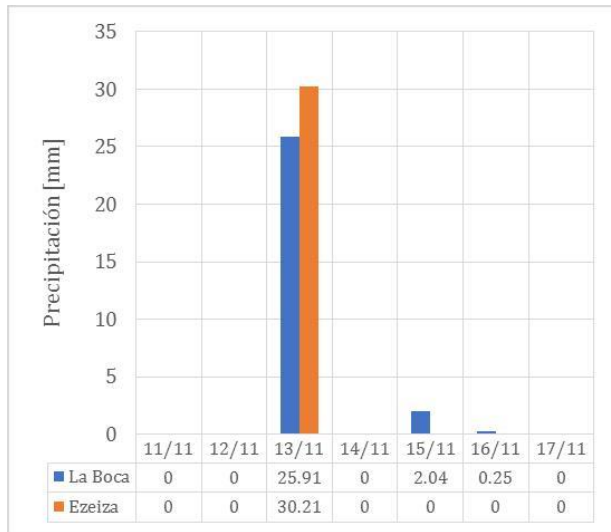


Figura A.48. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.49. Cruce del cauce antiguo del río Matanza con kayak (izquierda) y aforo con ADCP en la EM13.

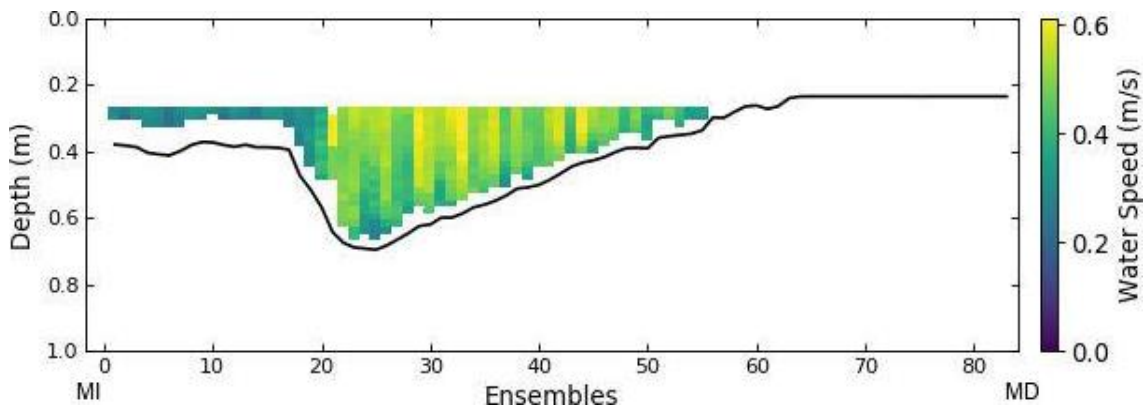


Figura A.50. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM13 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

### Comparación con registros históricos

La Figura A.51 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM13 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la correlación entre ambas variables está fuertemente influenciada por los niveles del tramo canalizado del río Matanza, donde descarga el cauce original.

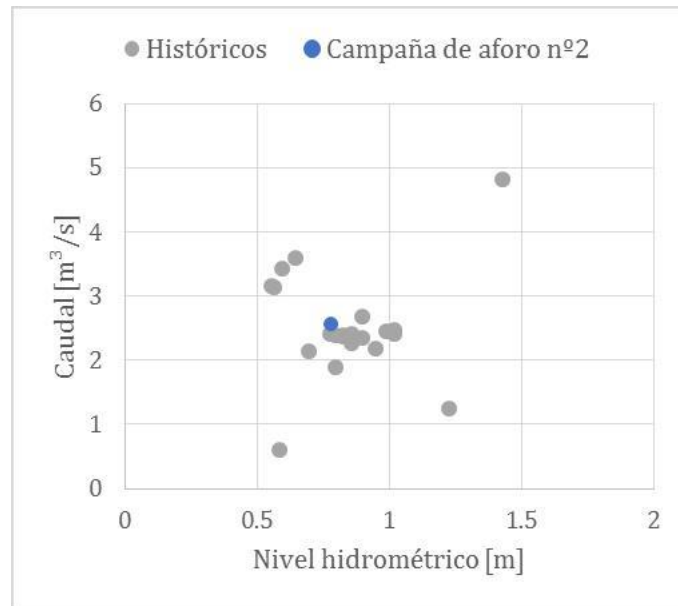


Figura A.51. Registros históricos de niveles y caudales en la EM13.

### A.10. EM14

El aforo en esta estación se realizó el día 17/11/2021 a partir de las 14:00 hs. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente vial de la Avenida Olimpo (O Avenida Brigadier Gral. Juan Manuel de Rosas) (Figura A.52). El aforo se realizó con el equipo ADV (no se utilizó la técnica LSPIV por cuestiones de seguridad, al haberse registrado un intento de robo a mano armado a un integrante del equipo de ACUMAR). El arroyo Santa Catalina presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.53 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El nivel de la escala hidrométrica de la sección estaba rodeada de barro imposibilitando determinar el nivel del agua en la misma (Figura A.53, derecha).



Figura A.52. Sección de aforo en la EM14.

#### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.54) se realizó desde las 14:10 hs hasta las 14:45 hs. Se obtuvo un caudal de 0,40 m<sup>3</sup>/s con una incertidumbre del 3,4%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.55.

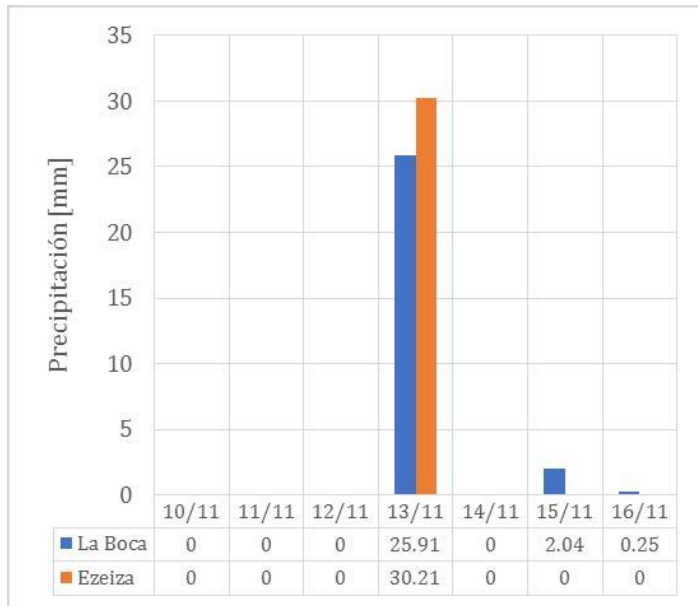


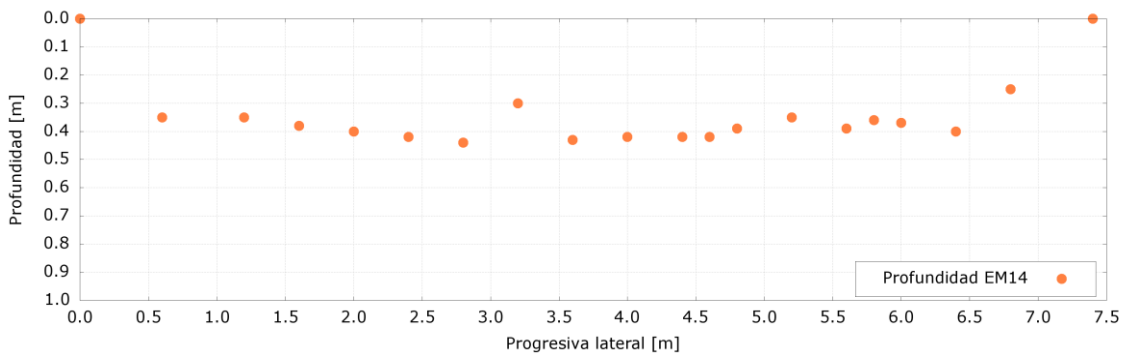
Figura A.53. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso (derecha) más bajo que el cero de la escala hidrométrica.



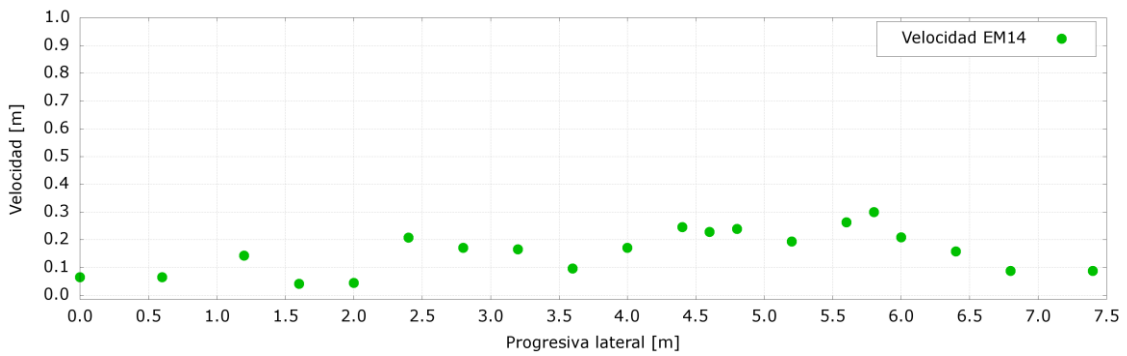
Figura A.54. Aforo con ADV en la EM14.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

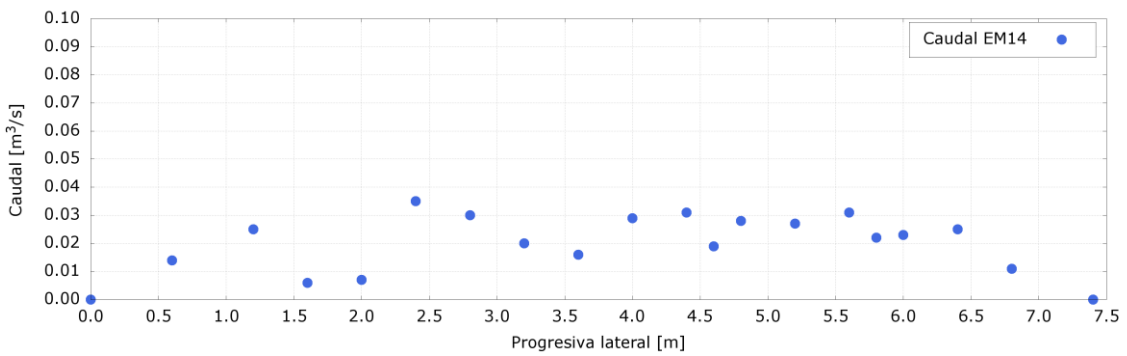
Como se comentó previamente, se decidió no realizar el aforo con LSPIV por motivos de seguridad. Un integrante del equipo de ACUMAR sufrió un intento de robo a mano armada, a partir de lo cual se decidió minimizar los tiempos de trabajo en la Estación de Monitoreo.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.55. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM14 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

### A.11. EM16

El día 18/11/2021 a las 14:15 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 2° campaña de aforos. El aforo en esta sección se realizó con LSPIV en la sección ubicada aguas abajo del puente vial de la calle Quesada (Figura A.56).

El curso del A° Del Rey se encontraba en una situación de aguas bajas y con fuerte presencia de residuos sólidos flotantes (ver Figura A.57). Los datos de precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa se presentan en la Figura A.57. El nivel de la superficie de agua a las 14:20 fue de  $0,59 \pm 0,03$  m IGN y se determinó con el GPS diferencial.



Figura A.56. Sección de aforo en la EM16.

#### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron en la sección de aforo 6 puntos fijos marcados con aerosol en la estructura de canalización del arroyo. Las coordenadas de dichos puntos fueron relevadas mediante el uso del GPS Diferencial en la campaña de recorrida inicial por la cuenca<sup>13</sup>. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el puente vial de la

<sup>13</sup> INA, 20201. Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe 02 – Campaña de reconocimiento inicial. Proyecto INA 397. Informe LHA 02-397-21. Ezeiza, marzo de 2021

calle Quesada (ver Figura A.58). El aforo se realizó a las 14:30 hs. La Figura A.59 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVeR, donde las velocidades superficiales máximas alcanzan 0,45 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,59 m<sup>3</sup>/s.

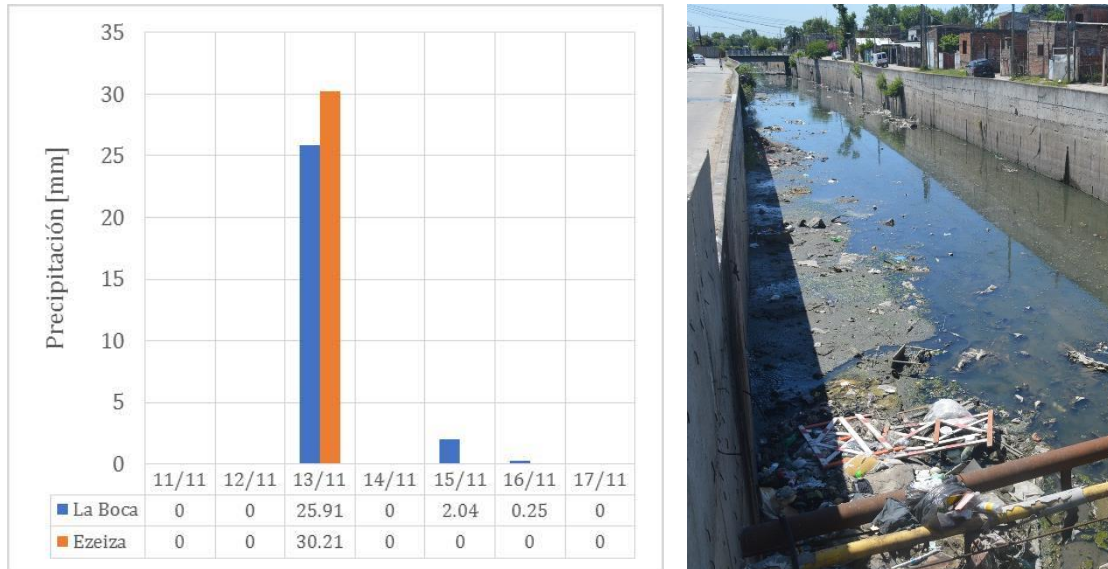


Figura A.57. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y situación del A° Del Rey al momento de realizar el aforo (derecha).



Figura A.58. Sembrado de trazadores para aplicar la técnica LSPiV en la EM16



Figura A.59. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa en la EM16.

## A.12. EM17

El aforo en la EM17 se realizó el día 19/11/2021 a partir de las 09:30 hs. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del antiguo Puente La Noria (Figura A.60). El aforo se realizó con el equipo ADCP. El río Riachuelo presentaba una situación de aguas bajas. La dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata, por eso se presentan en la Figura A.61 los niveles registrados el día del aforo por el sensor de ACUMAR ubicado en el Riachuelo (a la altura del Club Regatas de Avellaneda).

En la Figura A.62 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de  $2,18 \pm 0,01$  m a las 10:00 (Figura A.62 derecha).

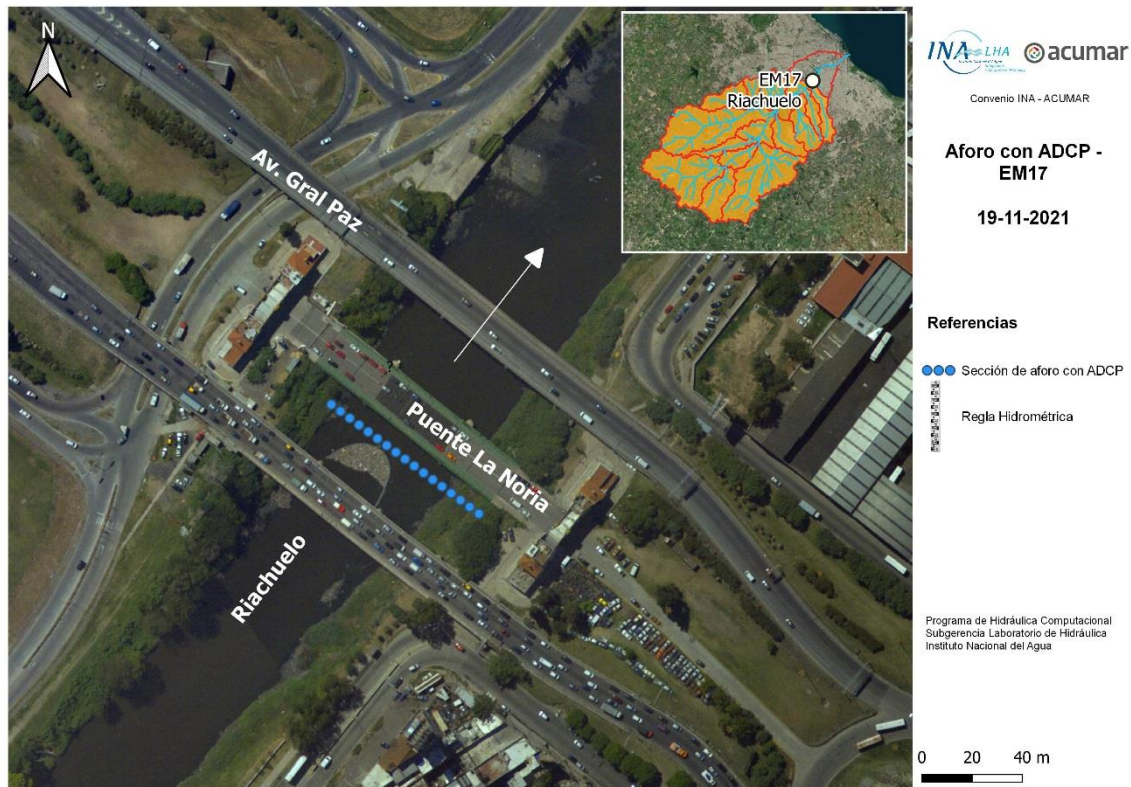


Figura A.60. Sección de aforo en la EM17.

### Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante sogas desde ambas márgenes del curso de agua (ver Figura A.63). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de  $13,07 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 4,9%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.64.

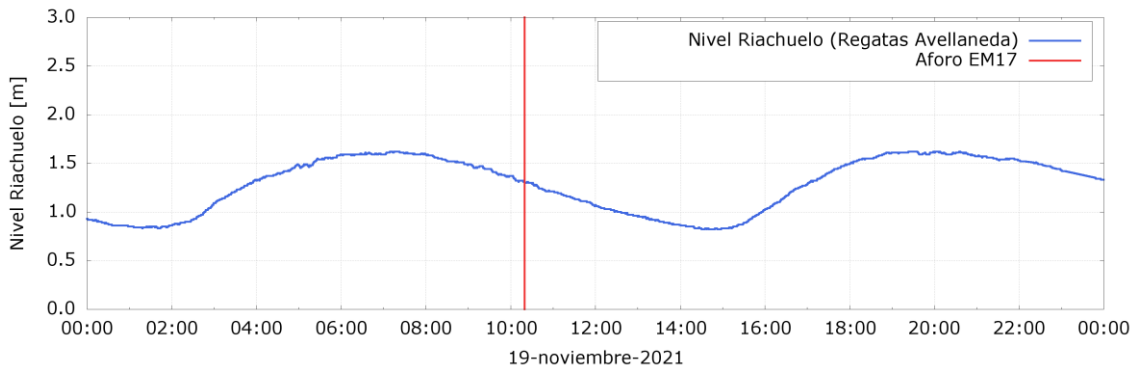


Figura A.61. Niveles registrados en la Estación Regatas de Avellaneda (ACUMAR) al momento de realizarse el aforo en la EM17.

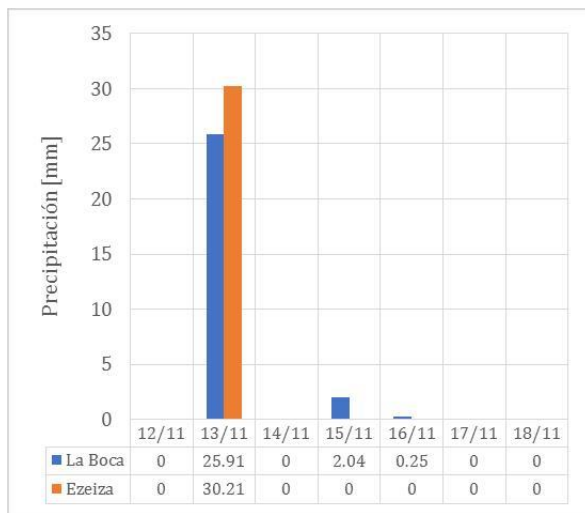


Figura A.62. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.63. Aforo con el ADCP mediante sogas desde ambas márgenes (izquierda) en la EM17.

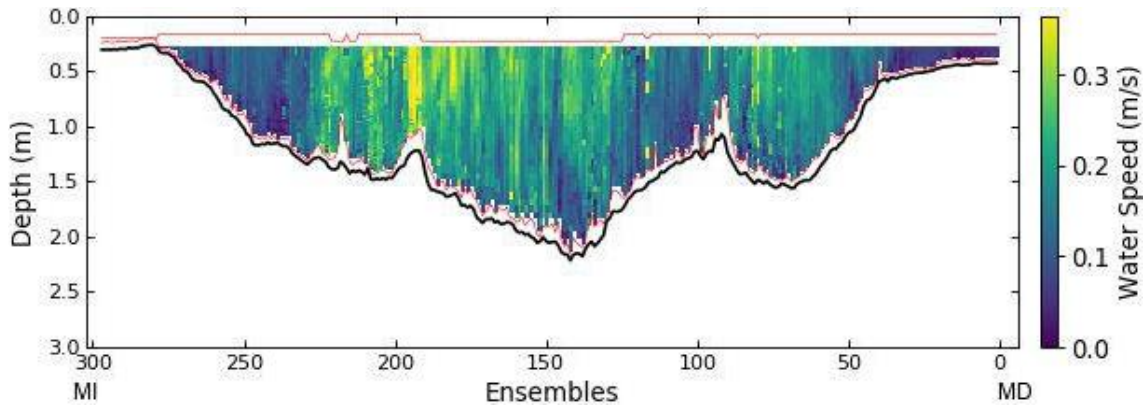


Figura A.64. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM17 obtenida con ADCP.

### Comparación con registros históricos

La Figura A.65 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM17 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña.

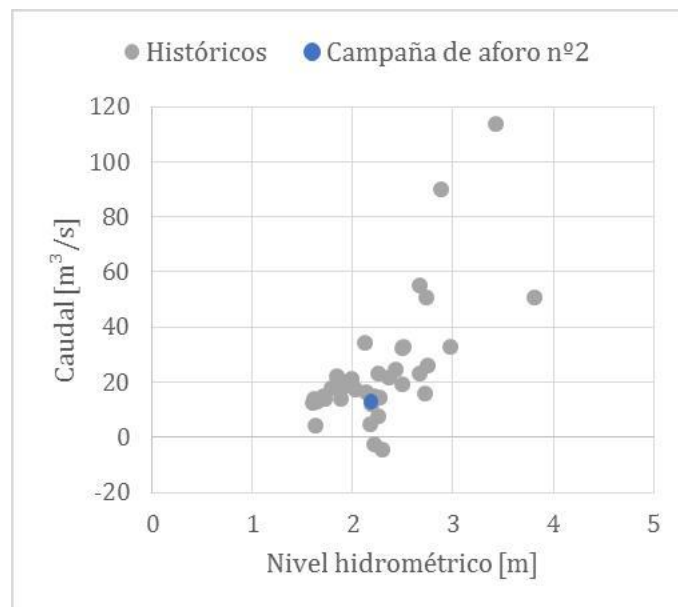


Figura A.65. Registros históricos de niveles y caudales en la EM17.

### A.13. EM19

El aforo en la EM19 se realizó el día 19/11/2021 a partir de las 11:45 hs. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la Avenida 27 de Febrero (Figura A.66). El arroyo Cildañez presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.67 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica no se pudo realizar por la suciedad que la misma presentaba (Figura A.67 derecha). Como se mencionó anteriormente, la dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata. Se muestran en la Figura A.68 los niveles registrados el día del aforo por el sensor de ACUMAR ubicado en el Riachuelo (a la altura del Club Regatas de Avellaneda).

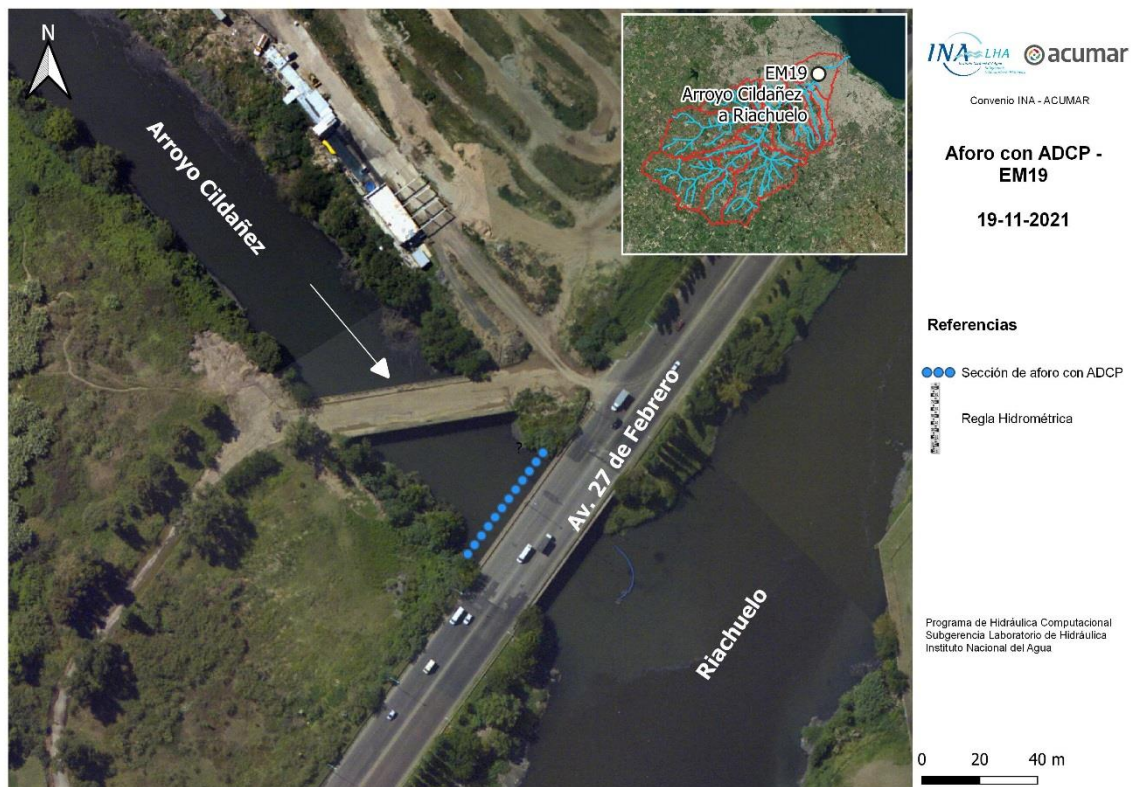


Figura A.66. Sección de aforo en la EM19.

#### Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante dos sogas desde el puente de la Avenida 27 de Febrero (ver Figura A.69). Se realizaron tres pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de  $5,93 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 5,2%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.70.

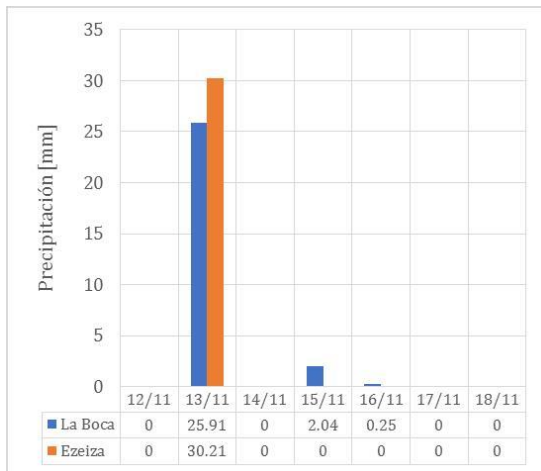


Figura A.67. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y regla hidrométrica cubierta con barro (derecha).

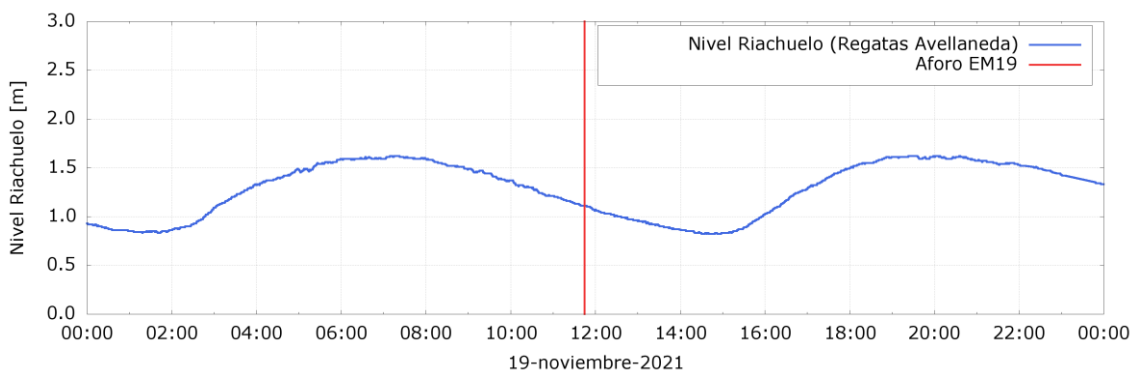


Figura A.68. Niveles registrados en la Estación Regatas de Avellaneda (ACUMAR) al momento de realizarse el aforo en la EM19.

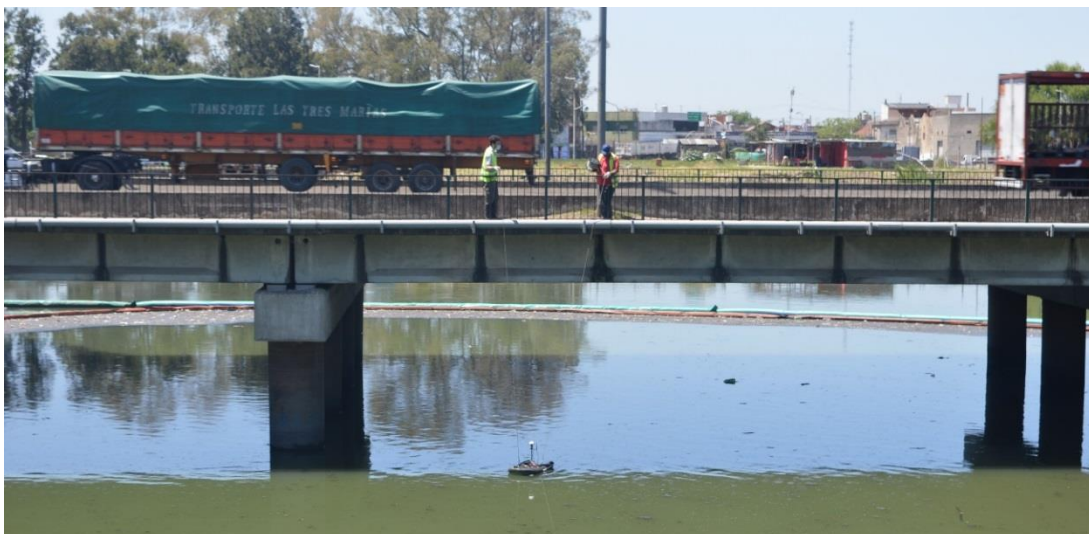


Figura A.69. Aforo con ADCP en la EM19.

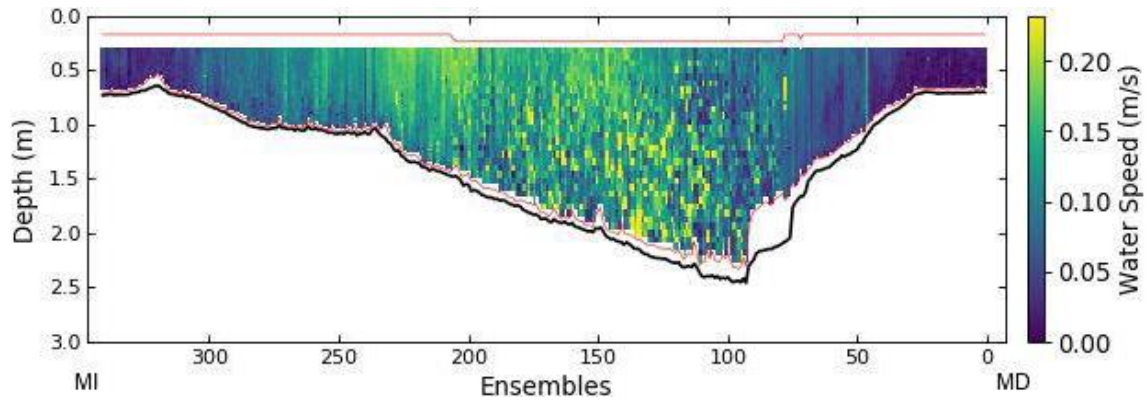


Figura A.70. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM19 obtenida con ADCP.

### A.14. EM22

El aforo en esta estación se realizó el día 19/11/2021. La sección de aforo se ubicó aguas debajo de la descarga pluvial ubicada a la altura de la calle Coronel Millán (Figura A.71). La Figura A.72 presenta las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El aforo se realizó utilizando el equipo ADCP. No se pudo establecer el nivel de la superficie de agua pues las escalas instaladas en julio del 2021 se encontraban ilegibles debido a la suciedad que presentaban (ver Figura A.72). Dado que la dinámica hídrica en esta sección puede llegar a estar afectada por los niveles del Río de la Plata, se muestran en la Figura A.73 los niveles registrados el día del aforo por el sensor de ACUMAR ubicado en el Riachuelo (a la altura del Club Regatas de Avellaneda).



Figura A.71. Sección de aforo en la EM22.

#### Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante dos sogas desde las márgenes del Riachuelo (ver Figura A.74). Se realizaron cuatro pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de 0,78 m<sup>3</sup>/s con una incertidumbre del 6,0%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.75.

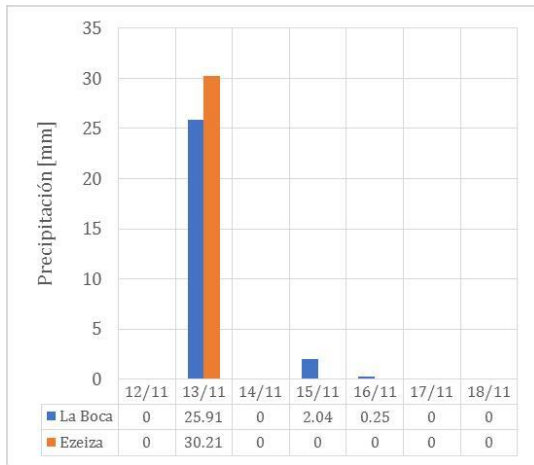


Figura A.72. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y regla hidrométrica cubierta con barro (derecha).

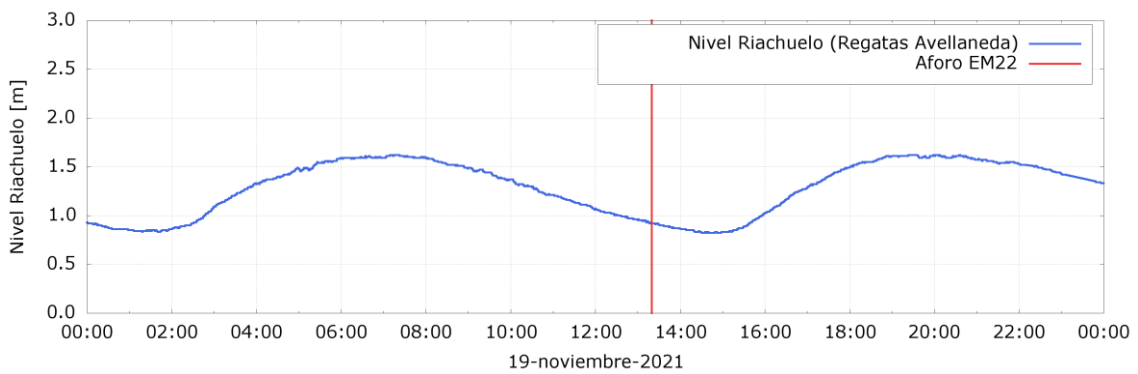


Figura A.73. Niveles registrados en la Estación Regatas de Avellaneda (ACUMAR) al momento de realizarse el aforo en la EM22.



Figura A.74. Aforo con ADCP en la EM22.

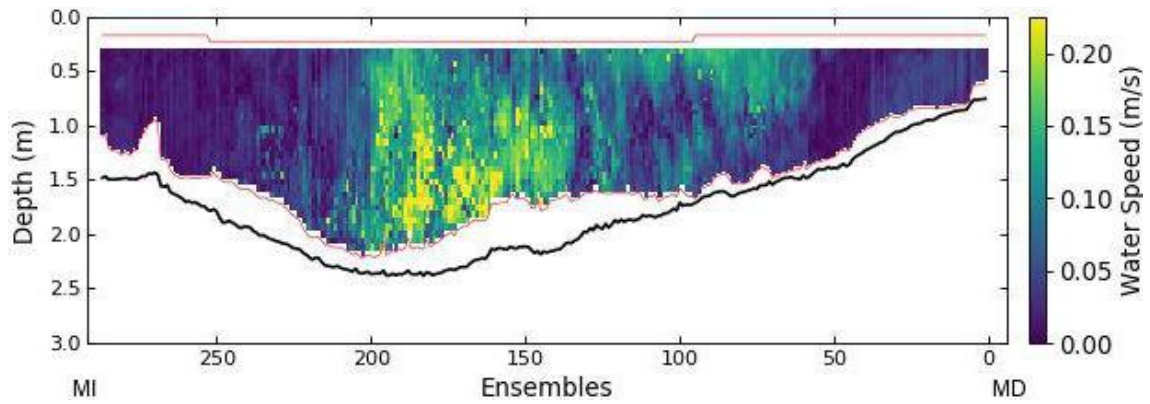


Figura A.75. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM22 obtenida con ADCP.

### A.15. EM24

El aforo en la EM24 se realizó el día 24/11/2021 a partir de las 12:30 hs. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del Puente Ezequiel Demonty (ex Puente Alsina / Uriburu) (Figura A.76). El aforo se realizó con el equipo ADCP. El río Riachuelo presentaba una situación de aguas bajas. No se pudo establecer el nivel de la superficie de agua pues las escalas se encontraban ilegibles. En la Figura A 77 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata. En la Figura A.78 se muestran los niveles registrados el día del aforo por el sensor de ACUMAR ubicado en el Riachuelo (a la altura del Club Regatas de Avellaneda).

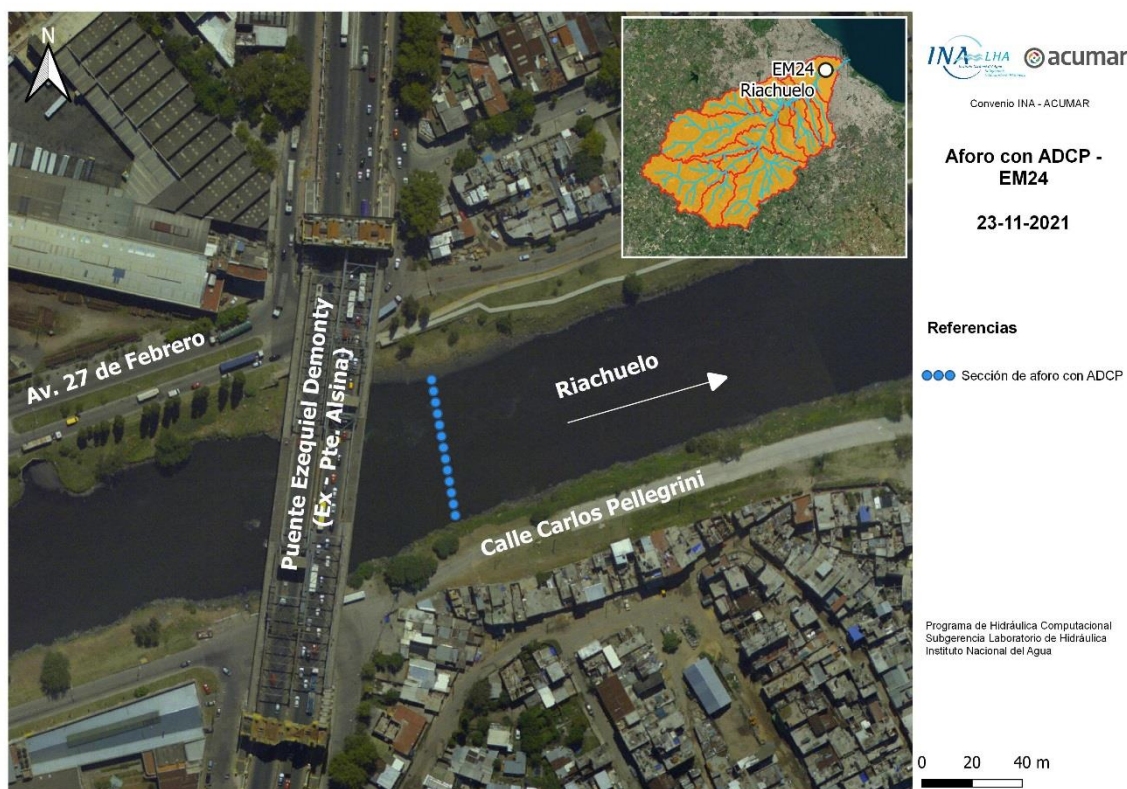


Figura A.76. Sección de aforo en la EM24.

#### Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado desde una embarcación (ver Figura A.79). Se realizaron ocho pasadas del equipo sobre la sección de aforo, obteniéndose un caudal medio de 15,55 m<sup>3</sup>/s con una incertidumbre del 17,3% (esta incertidumbre está asociada a la dificultad de la operación de la embarcación en las márgenes del curso que presentan muy bajas profundidades). La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.80.

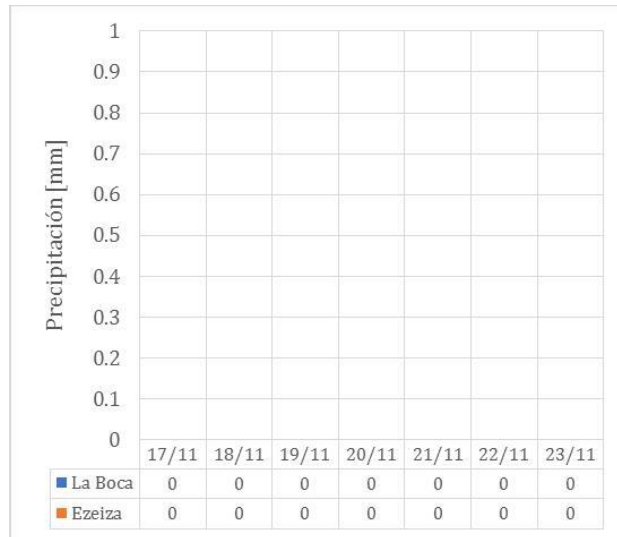


Figura A 77. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo en la EM24.

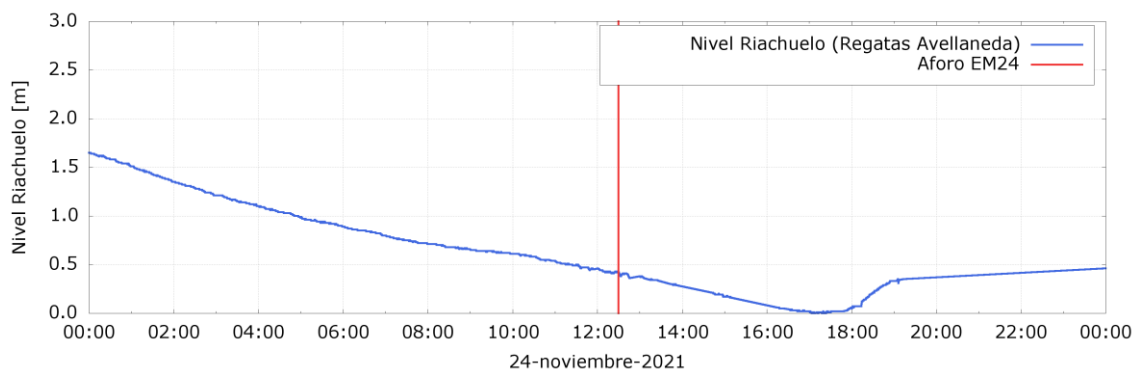


Figura A.78. Niveles registrados en la Estación Regatas de Avellaneda (ACUMAR) al momento de realizarse el aforo en la EM24.

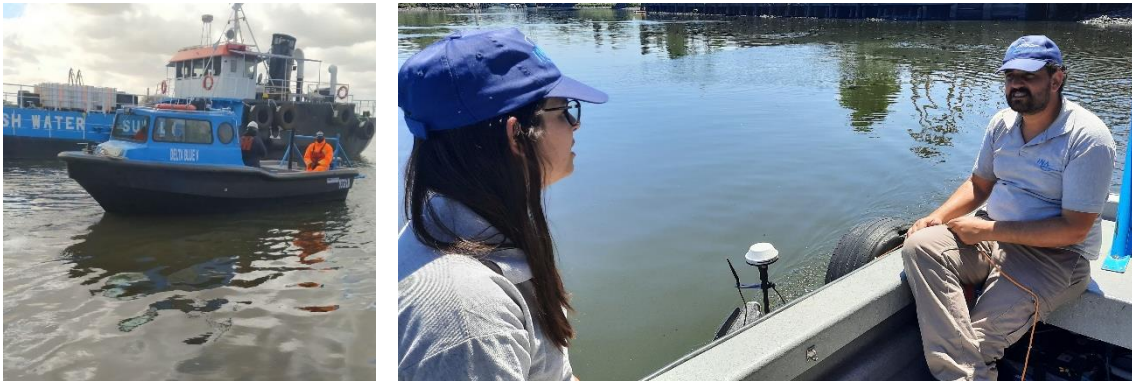


Figura A.79. Lancha Delta Blue V (izquierda) y aforo embarcado en la EM24.

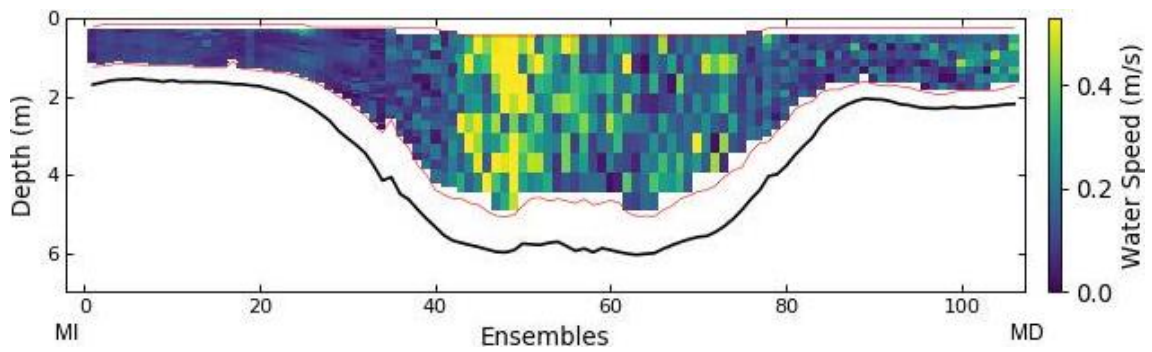


Figura A.80. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM24 obtenida con ADCP.

### A.16. EM30

El aforo en la EM30 se realizó el día 24/11/2021 a partir de las 13:40 hs. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del Viejo Puente Pueyrredón (Figura A.81). El aforo se realizó con el equipo ADCP. El río Riachuelo presentaba una situación de aguas bajas. No se pudo establecer el nivel de la superficie de agua pues las escalas se encontraban ilegibles. En la Figura A 82 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata. En la Figura A.83 se muestran los niveles registrados el día del aforo por el sensor de ACUMAR ubicado en el Riachuelo (a la altura del Club Regatas de Avellaneda).

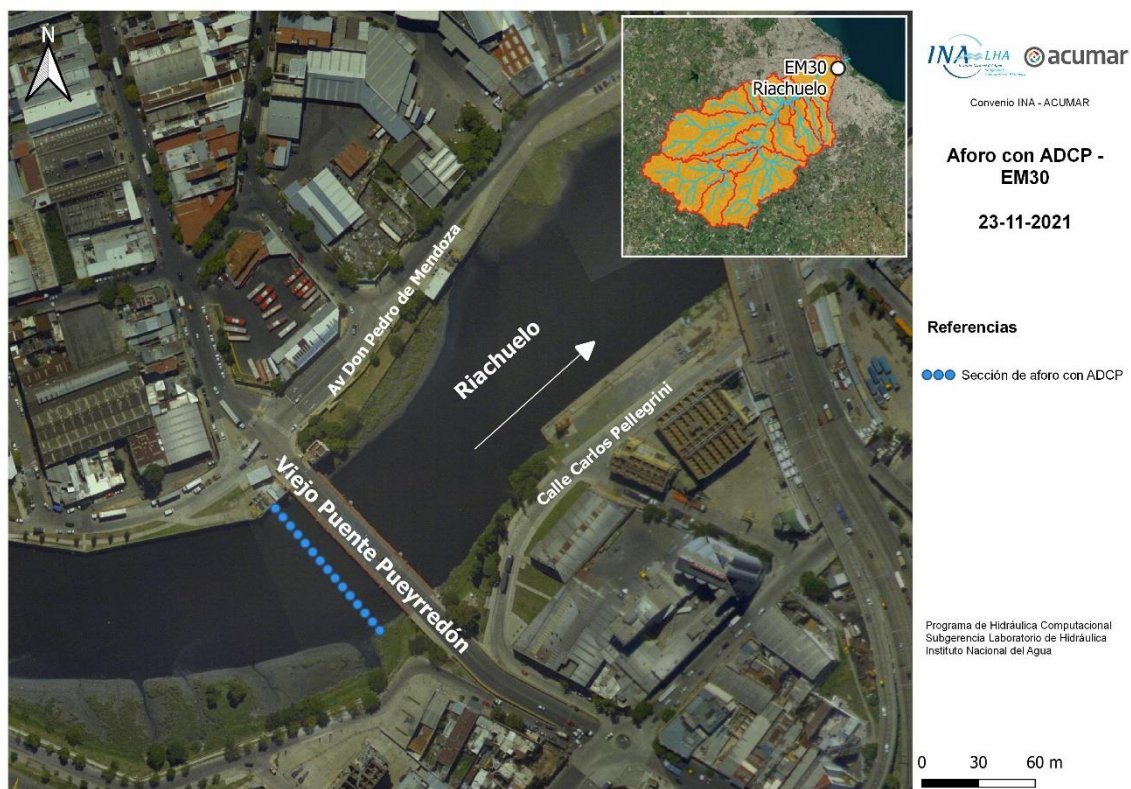


Figura A.81. Sección de aforo en la EM30.

### Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado desde una embarcación (ver Figura A.84). Se realizaron ocho pasadas del equipo sobre la sección de aforo, obteniéndose un caudal medio de 28,06 m<sup>3</sup>/s con una incertidumbre del 6,1%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.85.

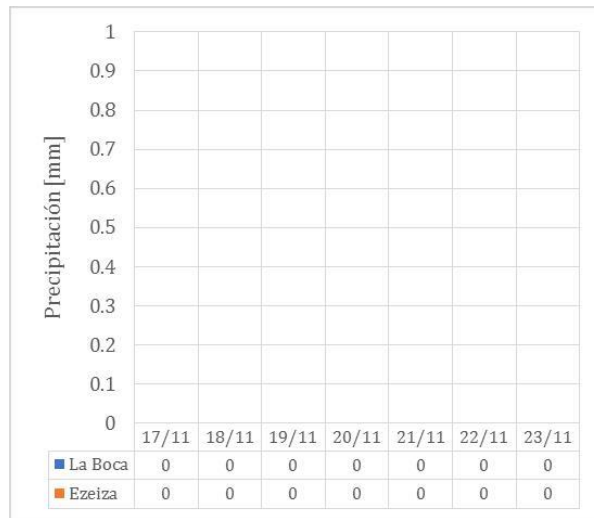


Figura A 82. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo en la EM30.

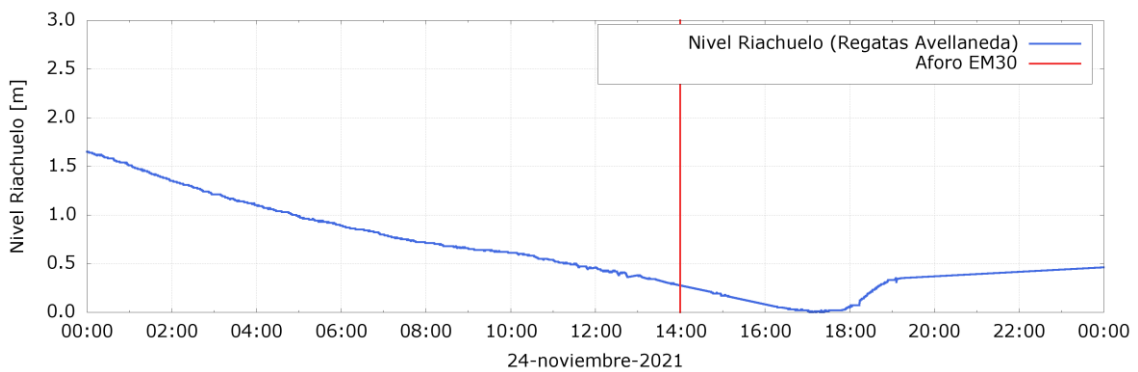


Figura A.83. Niveles registrados en la Estación Regatas de Avellaneda (ACUMAR) al momento de realizarse el aforo en la EM30.



Figura A.84. Lancha Delta Blue II (izquierda) y aforo embarcado en la EM30.

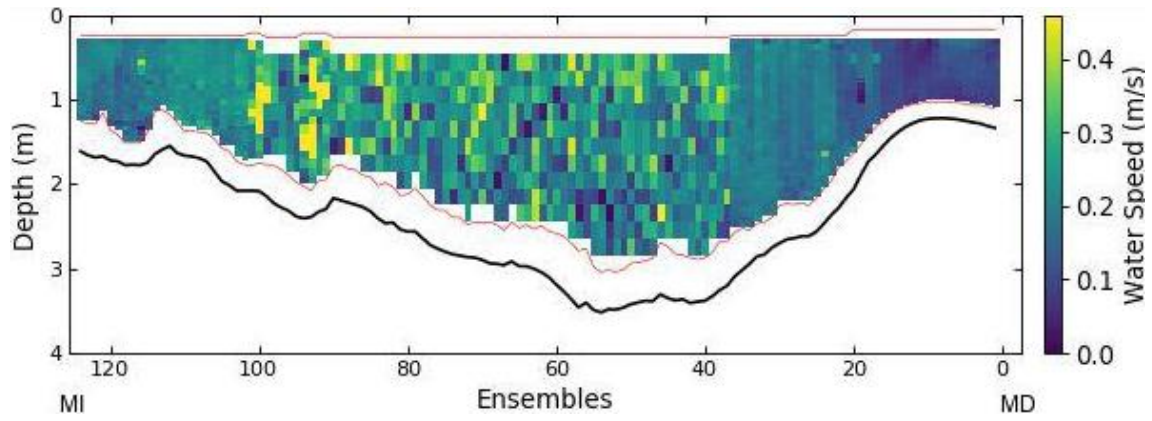


Figura A.85. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM30 obtenida con ADCP.

### A.17. EM33

El aforo en esta estación se realizó el día 10/11/2021. La sección de aforo en el arroyo Navarrete se ubicó aguas arriba del puente vial de la Ruta Nacional N° 205 (Figura A.86). El aforo se realizó con el equipo ADV. El arroyo Navarrete presentaba una situación de aguas bajas. No se registraron precipitaciones en la semana previa al aforo, tal como se muestra en la Figura A.87. La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,26 \pm 0,01$  m a las 09:45 (correspondiente a una cota  $9,44 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.87).

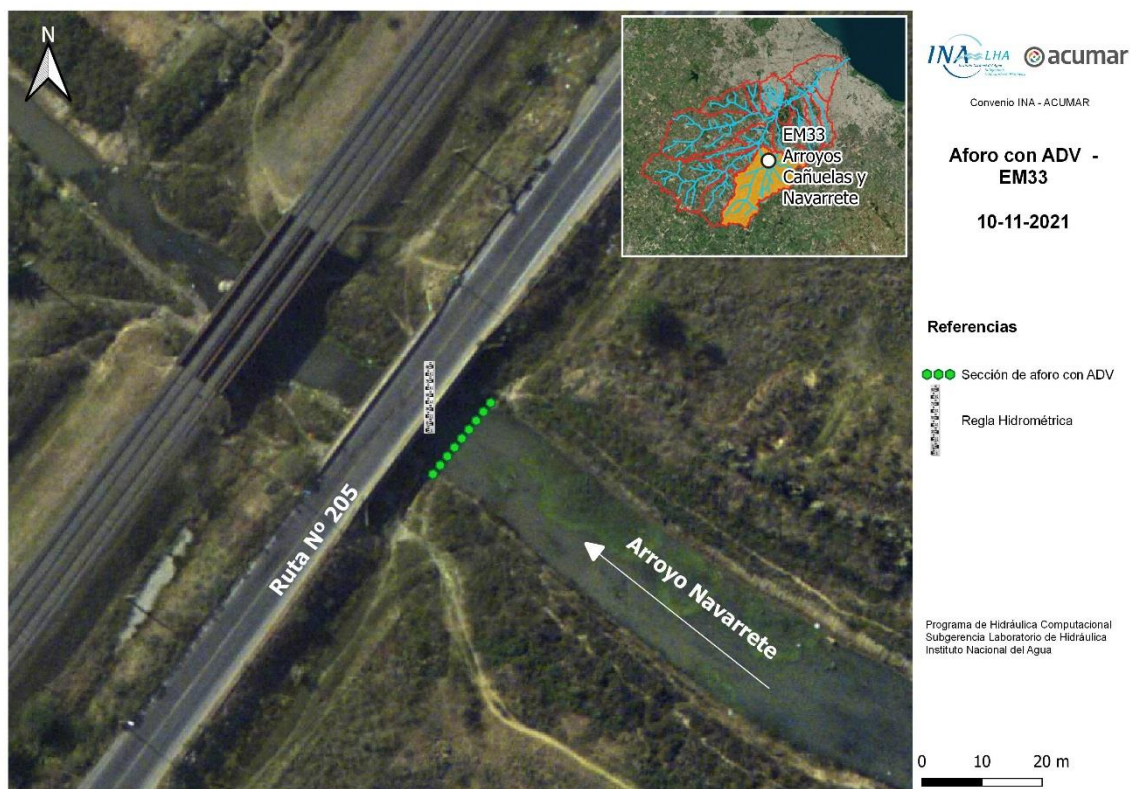


Figura A.86. Sección de aforo en la EM33.

#### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.88) se realizó desde las 09:20 hasta las 10:05. Se obtuvo un caudal de  $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,6%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.89.

#### Aforo mediante la técnica LSPIV

El aforo utilizando LSPIV no se pudo realizar pues el viento presente durante la campaña generaba un movimiento de la superficie del curso de agua en dirección contraria al flujo (ver Figura A.90).

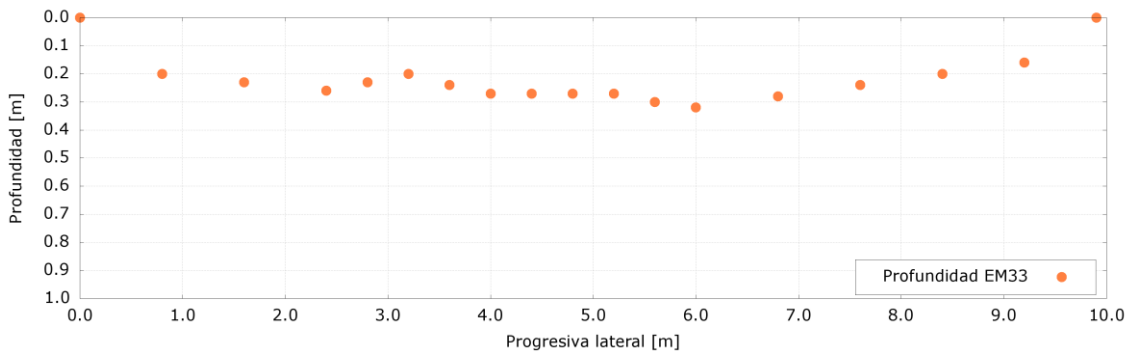
Bajo estas condiciones, los trazadores superficiales necesarios para aplicar esta metodología no hubiesen representado correctamente las condiciones hidrodinámicas del arroyo Navarrete.



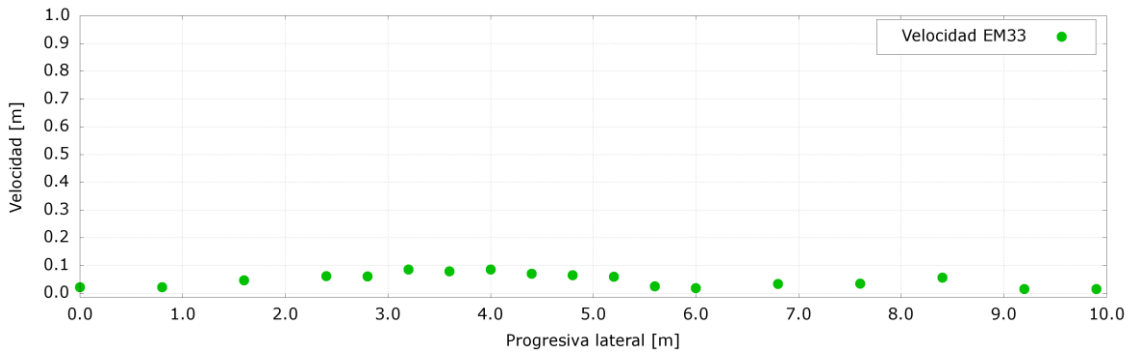
Figura A.87. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y lectura de la escala hidrométrica de la EM33 (derecha).



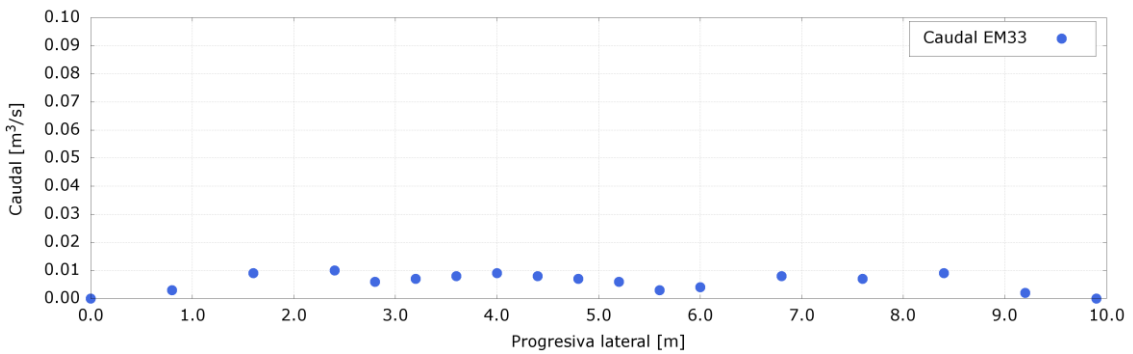
Figura A.88. Aforo con ADV en la EM33.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.89. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM33 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



Figura A.90. Movimiento superficial del agua en dirección contraria a la del flujo producto del viento.

### Comparación con registros históricos

La Figura A.91 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM33 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde efectivamente a una situación de aguas bajas.

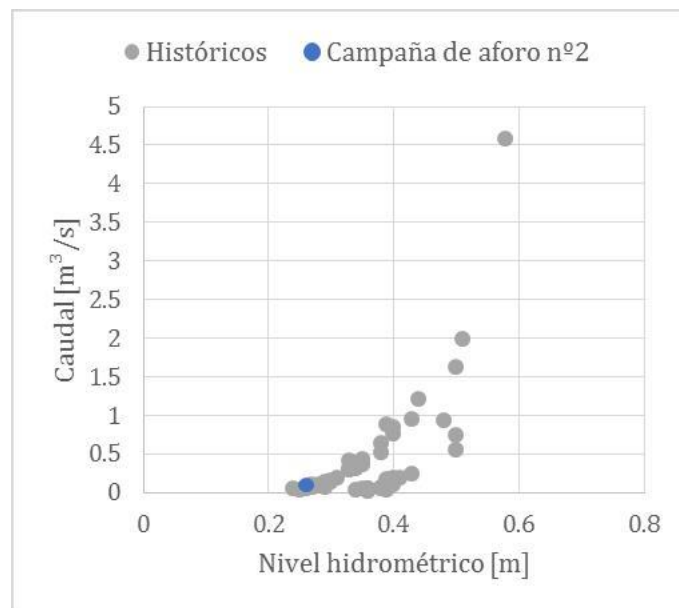


Figura A.91. Registros históricos de niveles y caudales en la EM33.

### A.18. EM38

El aforo en esta estación se realizó el día 08/11/2021. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente vial del camino rural que cruza el arroyo Rodríguez (Figura A.92). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Rodríguez presentaba una situación de aguas bajas. No se registraron precipitaciones en la semana previa al aforo, tal como se muestra en la Figura A.93 (izquierda). La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,47 \pm 0,01$  m a las 11:05 (correspondiente a una cota  $22,835 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.93 derecha).

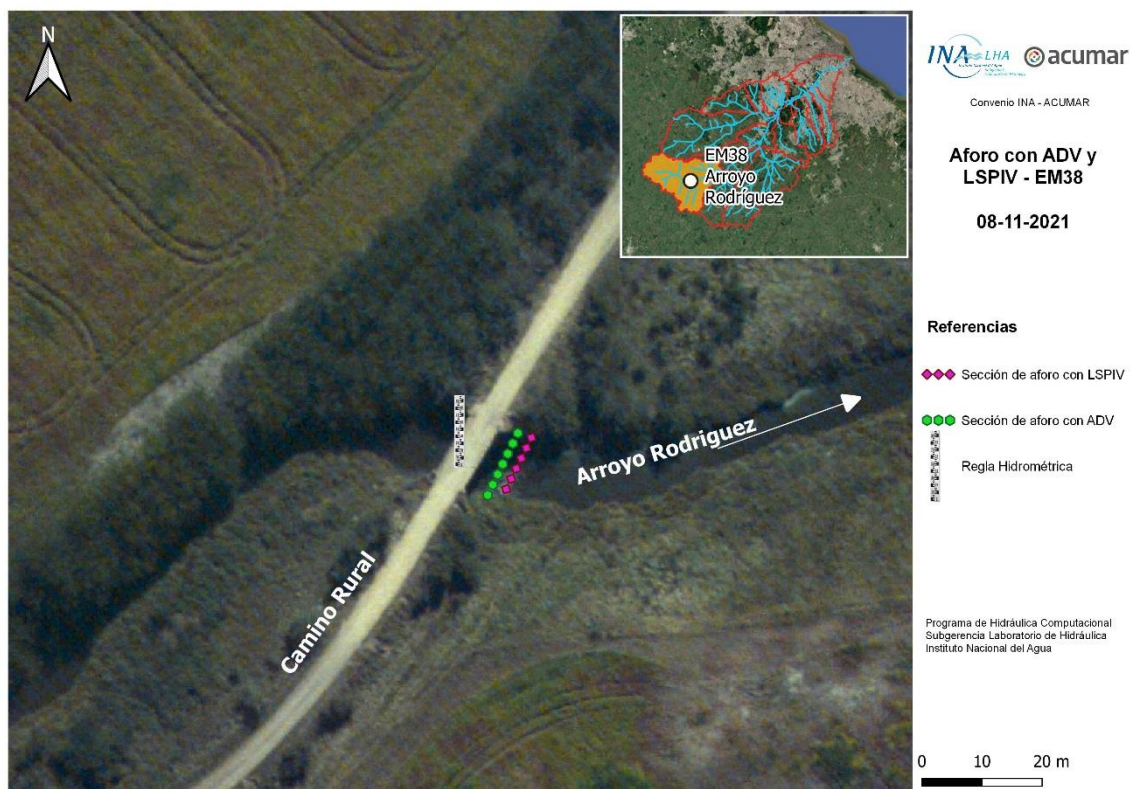


Figura A.92. Sección de aforo en la EM38.

### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.94) se realizó desde las 10:50 hasta las 11:40. Se obtuvo un caudal de  $0,064 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 2,9%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.95.

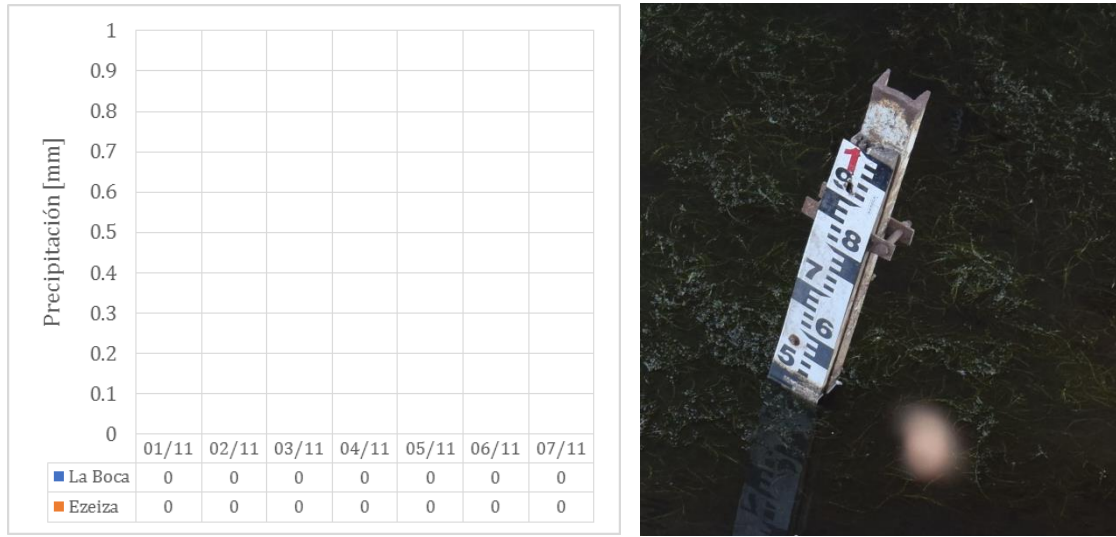


Figura A.93. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.94. Aforo con ADV en la EM38.

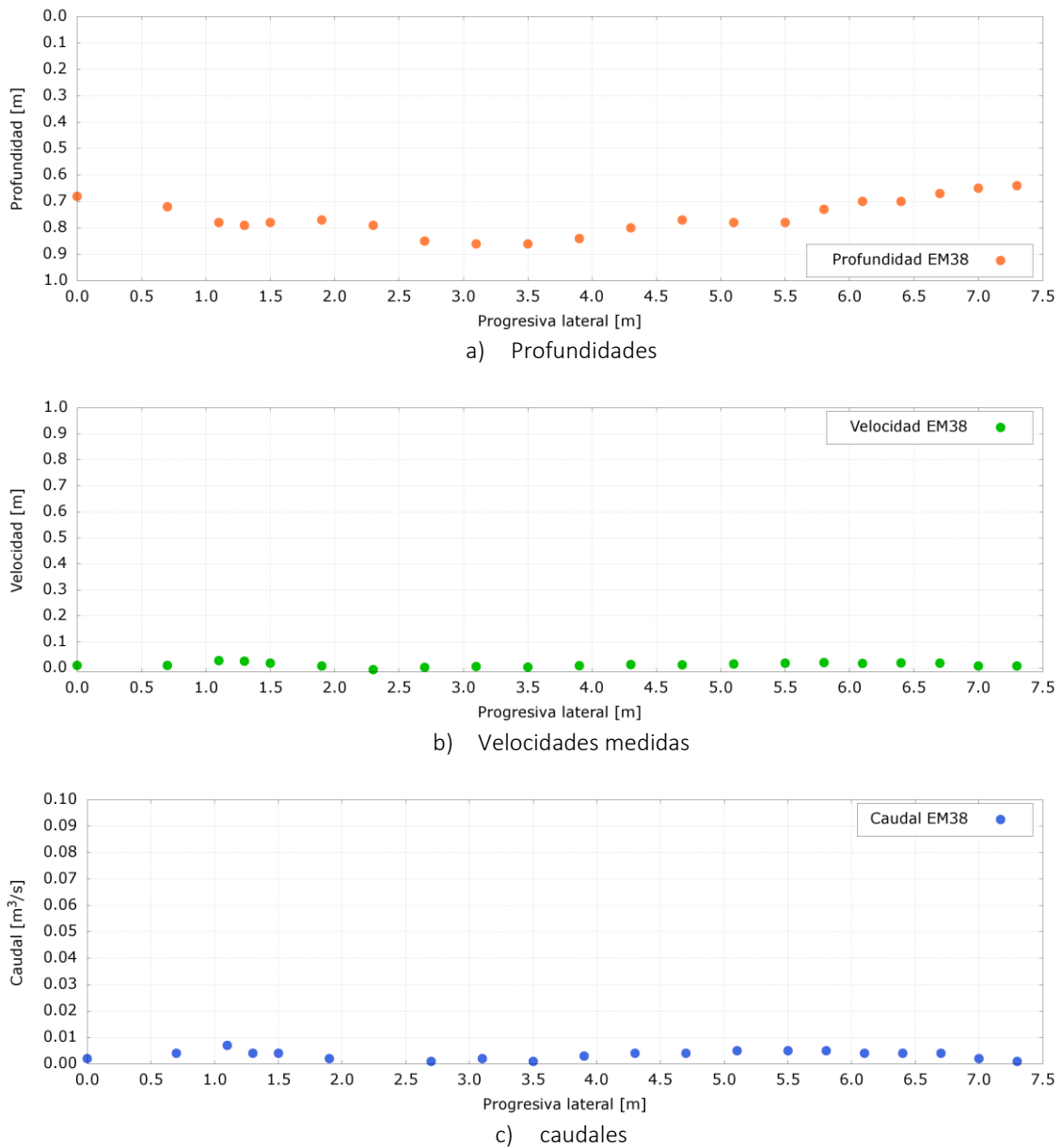


Figura A.95. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM38 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron cuatro puntos fijos en la sección de aforo a la altura de la superficie del agua. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y las distancias entre ellos fueron relevadas mediante cinta métrica. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo, dos metros aguas arriba de la ubicación de los conos (ver Figura A.96). La Figura A.97 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,04 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,12 m³/s.



Figura A.96. Disposición de los puntos fijos para implementar la técnica LSPIV y lanzamiento de trazadores.

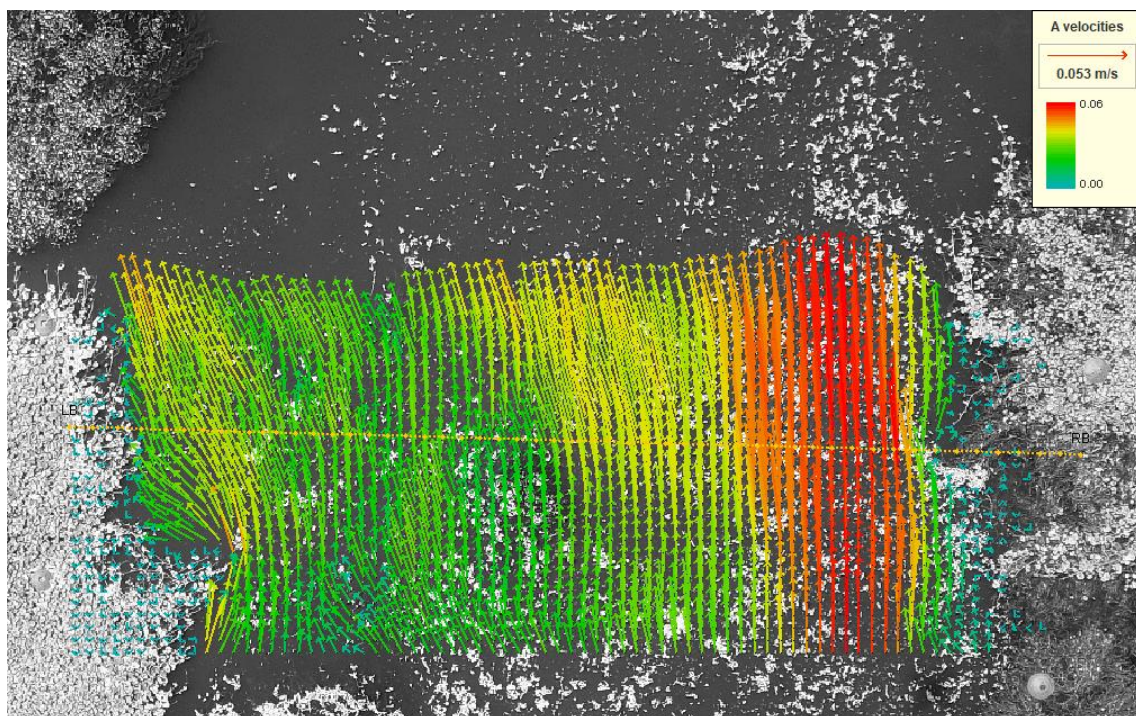


Figura A.97. Campo de velocidades superficiales en la EM38 obtenido con el software Fudaa.

### Comparación con registros históricos

La Figura A.98 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM38 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

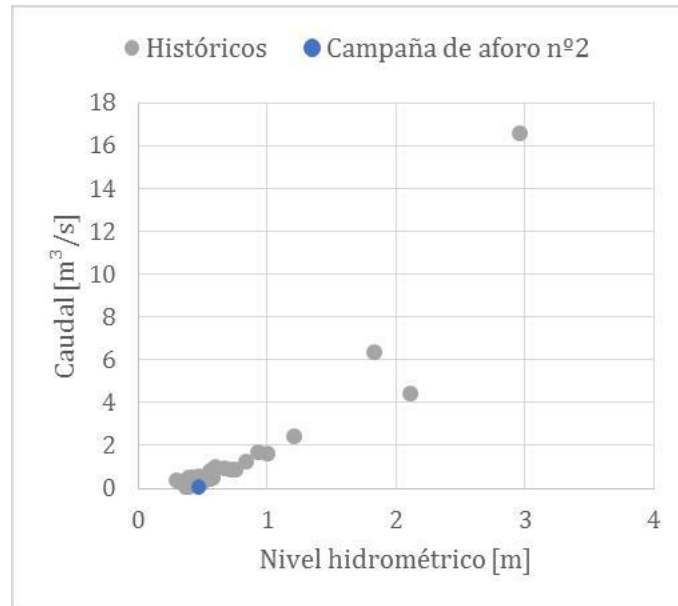


Figura A.98. Registros históricos de niveles y caudales en la EM38.

### A.19. EM39

El día 09/11/2021 a las 10:200 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 2° campaña de aforos. El aforo en esta sección se realizó con ADV en la sección del A° Cebey ubicada aguas arriba del puente vial de la Ruta Nacional N° 205. (Figura A.99).



Figura A.99. Secciones de aforo en la EM39.

El curso del A° Cebey se encontraba en una situación de aguas bajas. En la Figura A.100 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura no se pudo realizar pues faltaba el primer tramo de la regla hidrométrica. La cota de la superficie del agua fue registrada mediante el GPS Diferencial siendo la misma de  $25,24 \pm 0,03$  m IGN.

**Aforo con ADV**

El aforo con ADV (Figura A.101) se realizó desde las 10:40 hasta las 11:40. Se obtuvo un caudal de 0,072 m<sup>3</sup>/s con una incertidumbre del 3,6%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.102.

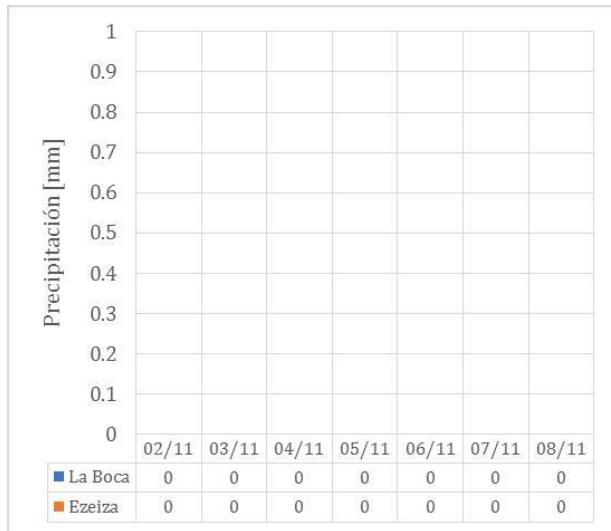


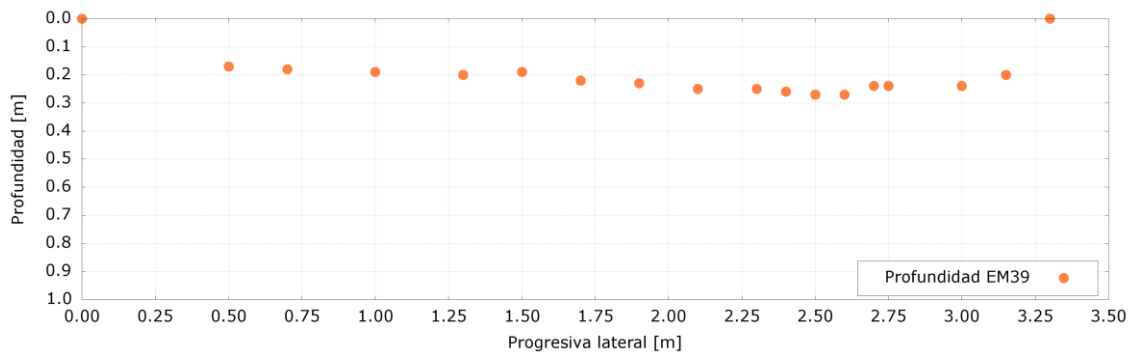
Figura A.100. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo



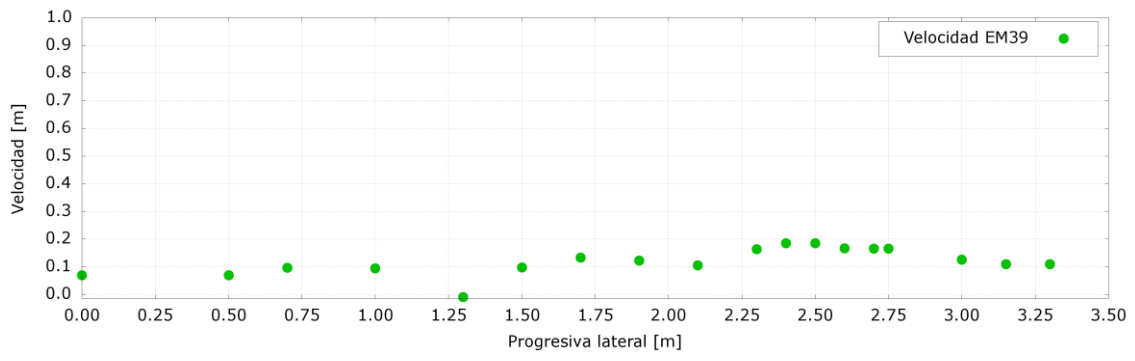
Figura A.101. Aforo con ADV en la EM39

**Aforo mediante la técnica LSPIV**

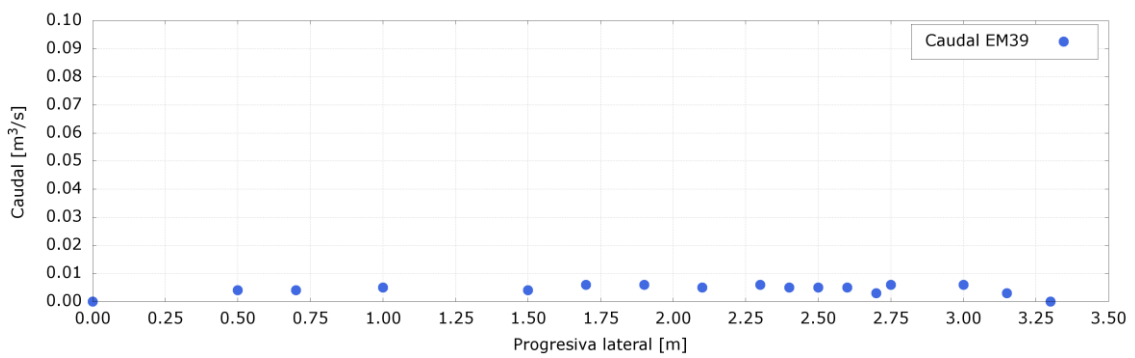
El aforo utilizando LSPIV no se pudo realizar pues el viento presente durante la campaña generaba un movimiento de la superficie del curso de agua en dirección contraria al flujo (ver Figura A.103).



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.102. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM39 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



Figura A.103. Movimiento superficial del agua en dirección contraria a la del flujo producto del viento.

## A.20. EM41

El día 09/11/2021 a las 12:30 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 2° campaña de aforos. El aforo en esta sección se realizó con ADV y con la técnica LSPIV en la sección del A° Cebey ubicada aguas arriba del puente vial de la calle Rubén Darío (Figura A.104).



Figura A.104. Secciones de aforo en la EM41.

El curso del A° Cebey se encontraba en una situación de aguas bajas. No se registraron precipitaciones en la semana previa al aforo, tal como se muestra en la Figura A.105. La lectura no se pudo realizar pues faltaba el primer tramo de la regla hidrométrica. La cota de la superficie del agua fue registrada mediante el GPS Diferencial siendo la misma de  $14,15 \pm 0,03$  m IGN.

### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.106) se realizó desde las 12:35 hasta las 13:25. Se obtuvo un caudal de  $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,6%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.107.

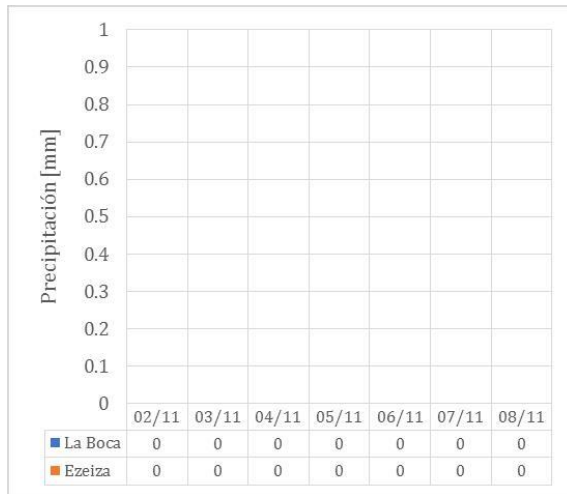


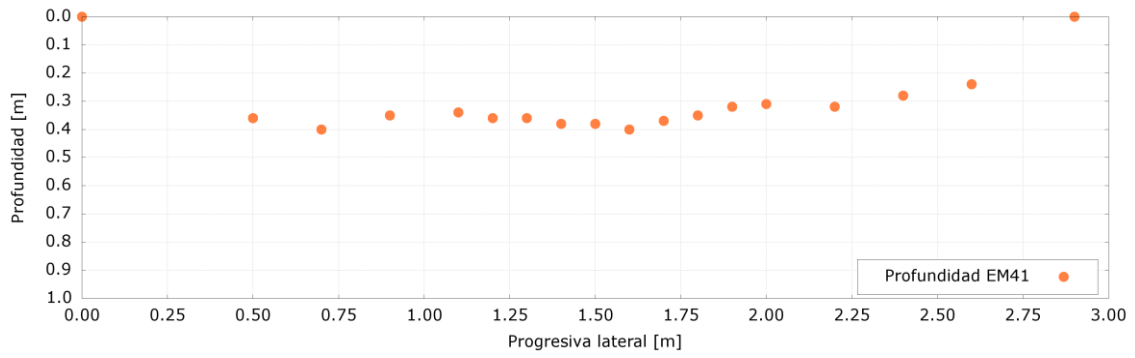
Figura A.105. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo



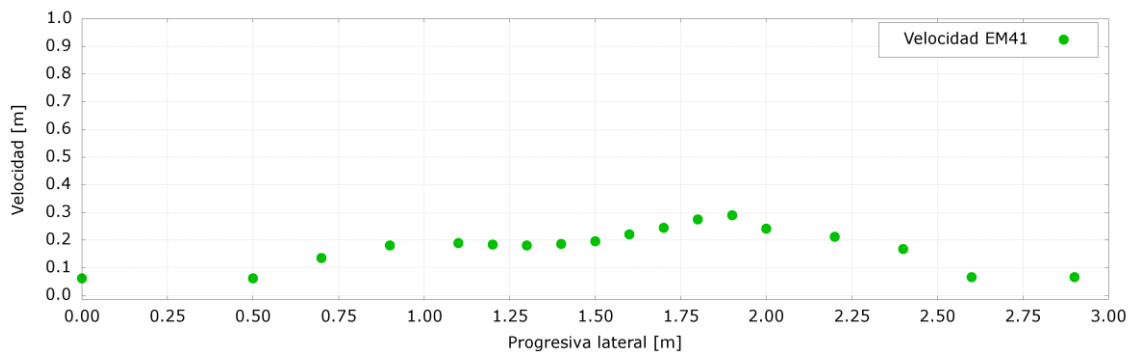
Figura A.106. Aforo con ADV en la EM41

### Aforo mediante la técnica LSPIV

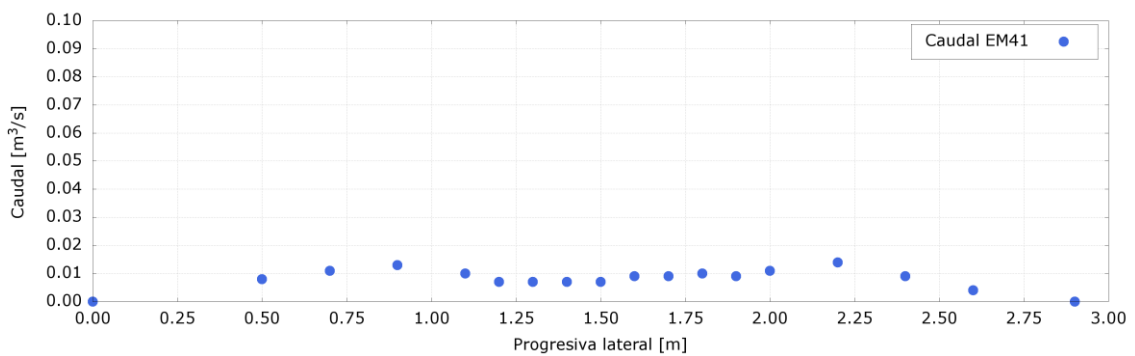
Para llevar adelante la técnica se utilizaron dos puntos fijos dispuestos en la sección de aforo a la altura de la superficie del agua (ver Figura A.108). Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Cebeý, 5 metros aguas arriba de la sección de aforo. El aforo se realizó a las 13:35. La Figura A.109 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,26 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,14 m<sup>3</sup>/s.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.107. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM41 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



Figura A.108. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM41. Se observan los puntos fijos y el sembrado de trazadores.

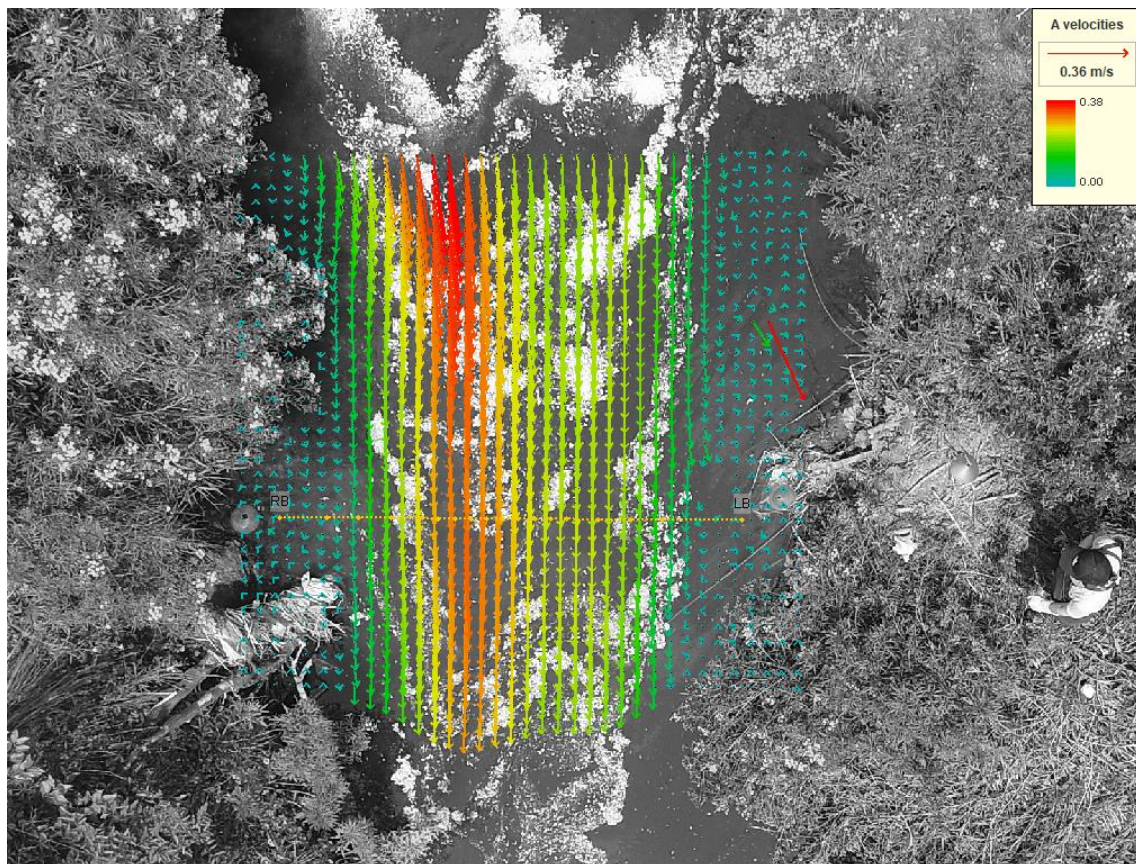


Figura A.109. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa.

## A.21. EM47

El aforo en esta estación se realizó el día 11/11/2021. La sección de aforo se ubicó aguas abajo de un puente peatonal ubicado en el predio del CEAMSE (Figura A.110). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Cañada Pantanosa presentaba una situación de aguas bajas. No se registraron precipitaciones en la semana previa al aforo, tal como se muestra en la Figura A.111 (izquierda). La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,45 \pm 0,01$  m a las 09:45 (correspondiente a una cota  $7,11 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.111 derecha).

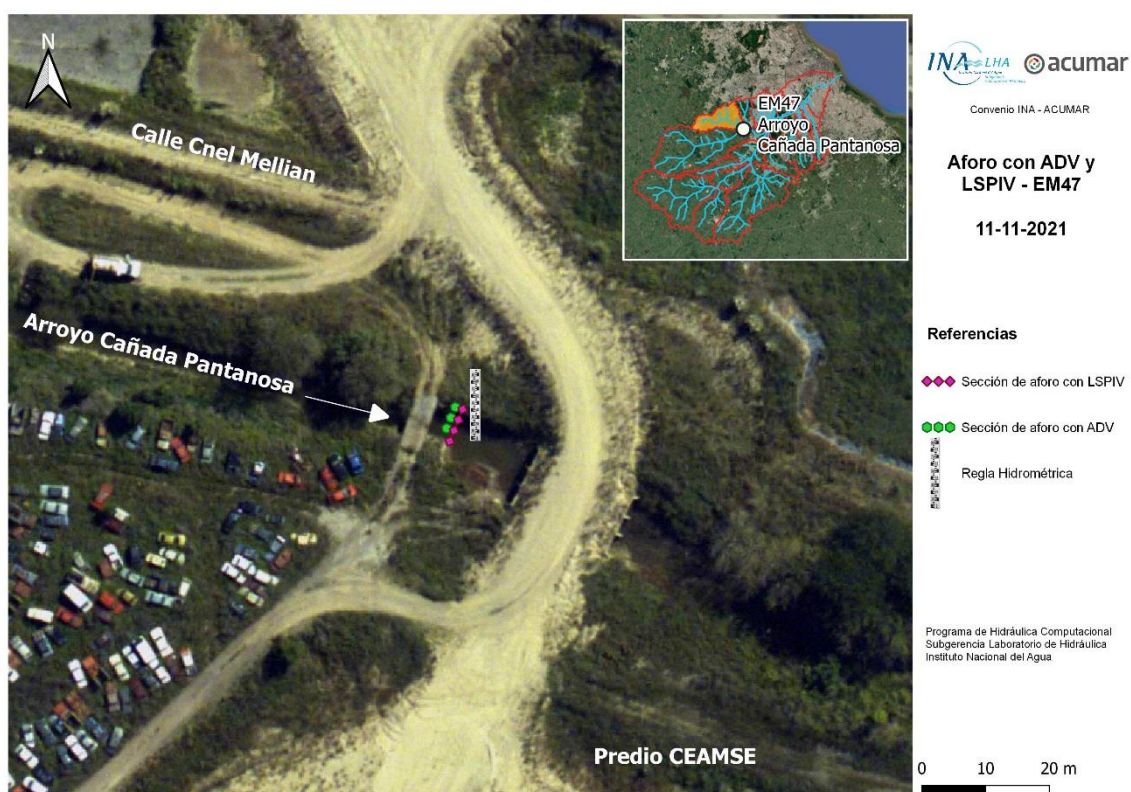


Figura A.110. Sección de aforo en la EM47.

### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.112) se realizó desde las 09:40 hasta las 10:30. Se obtuvo un caudal de  $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,5%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.113.

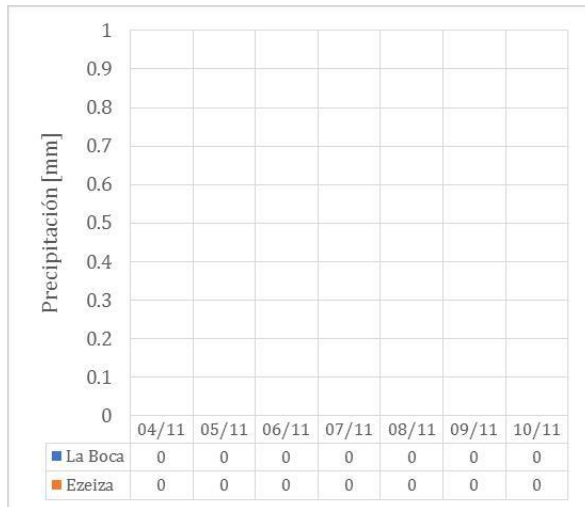


Figura A.111. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.112. Aforo con ADV en la EM47 (y limpieza de escala hidrométrica).

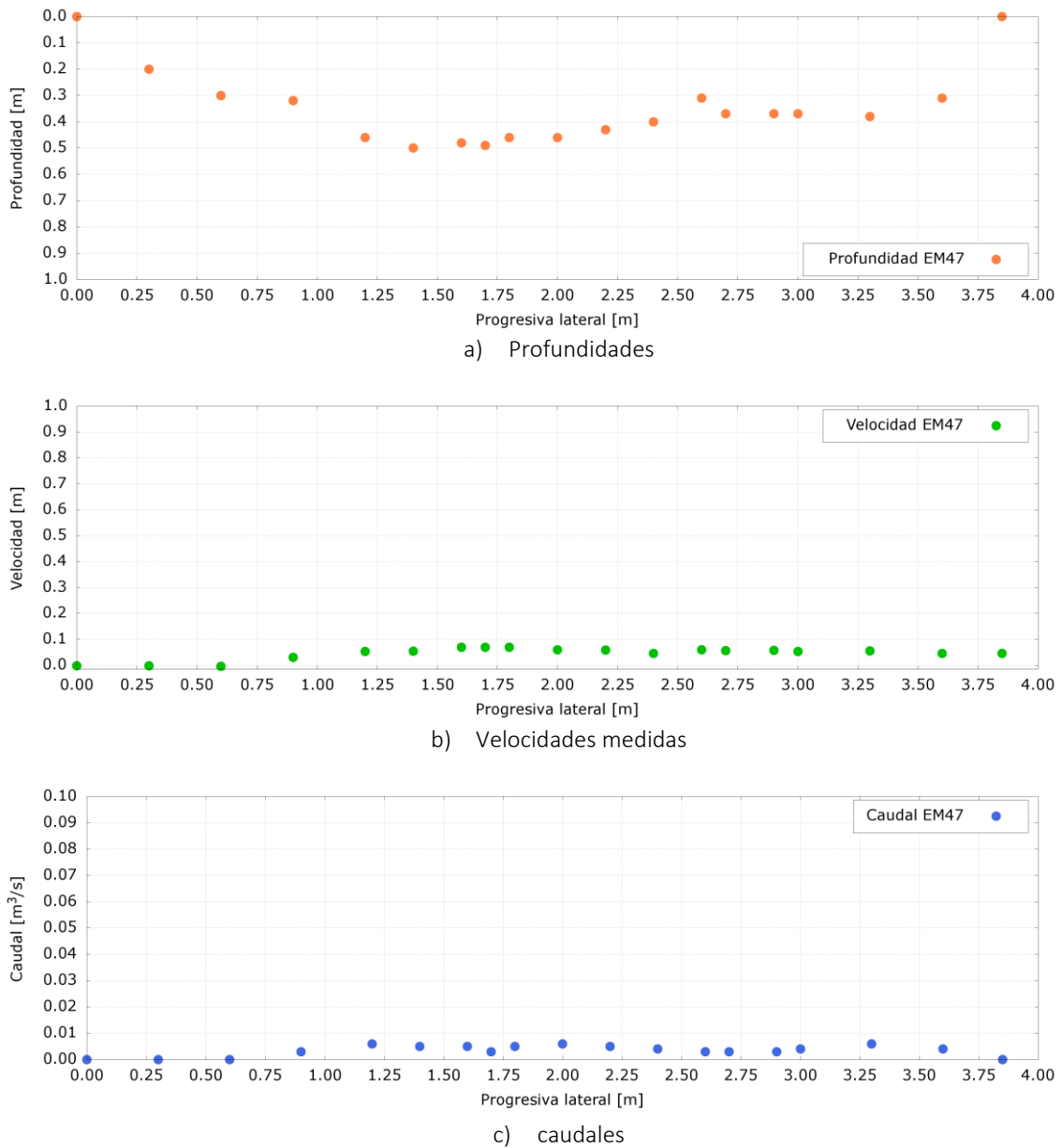


Figura A.113. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM47 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron dos puntos fijos en la sección de aforo a la altura de la superficie de agua. Los mismos fueron materializados con dos conos plásticos y su distancia fue determinada con una cinta métrica de agrimensor (Figura A.114). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el puente aguas arriba de la sección de aforo. La Figura A.115 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,11 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,09 m³/s.



Figura A.114. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM47. Se observan los 2 puntos fijos y el sembrado de trazadores.

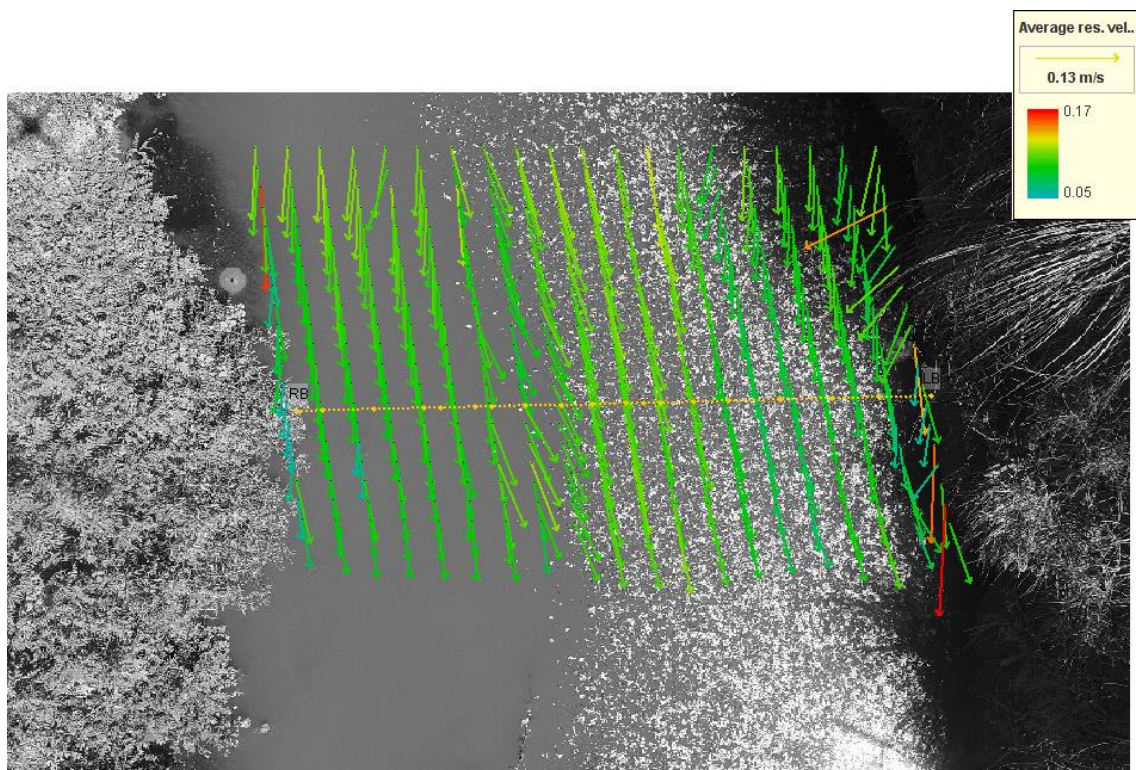


Figura A.115. Campo de velocidades superficiales en la EM47 obtenido con el software Fudaa.

### Comparación con registros históricos

La Figura A.116 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM47 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

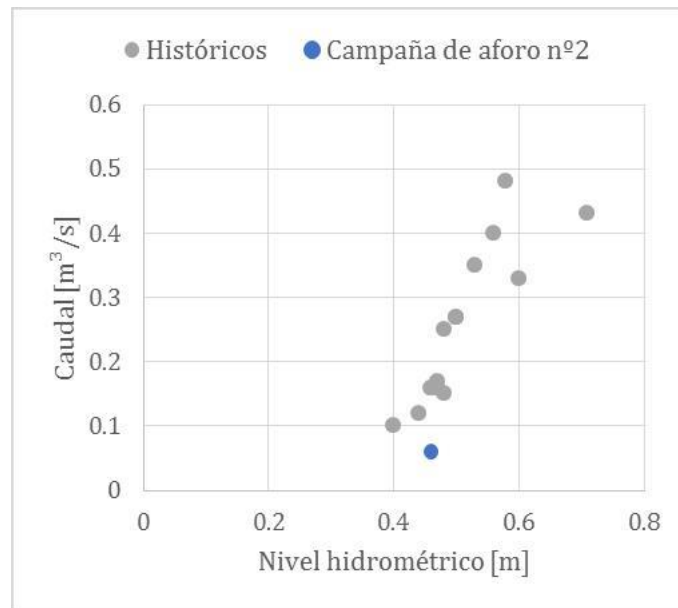


Figura A.116. Registros históricos de niveles y caudales en la EM47.

## A.22. EM56

El aforo en esta estación se realizó el día 10/11/2021. La sección de aforo se ubicó aguas debajo de la toma de la Estación de Monitoreo Continuo perteneciente a ACUMAR (Figura A.117). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Cañuelas presentaba una situación de aguas bajas. No se registraron precipitaciones en la semana previa al aforo, tal como se muestra en la Figura A.118. No se encontró la regla hidrométrica, por lo tanto no se pudo leer el nivel en la misma.



Figura A.117. Sección de aforo en la EM56.

### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.119) se realizó desde las 10:40 hasta las 11:30. Se obtuvo un caudal de  $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,5%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.120.

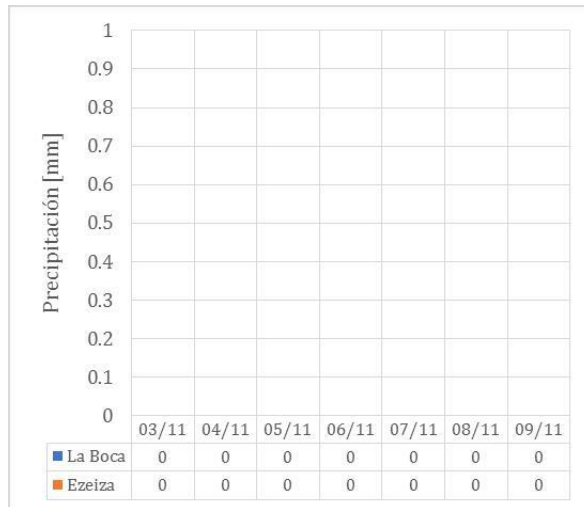


Figura A.118. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.119. Aforo con ADV en la EM56.

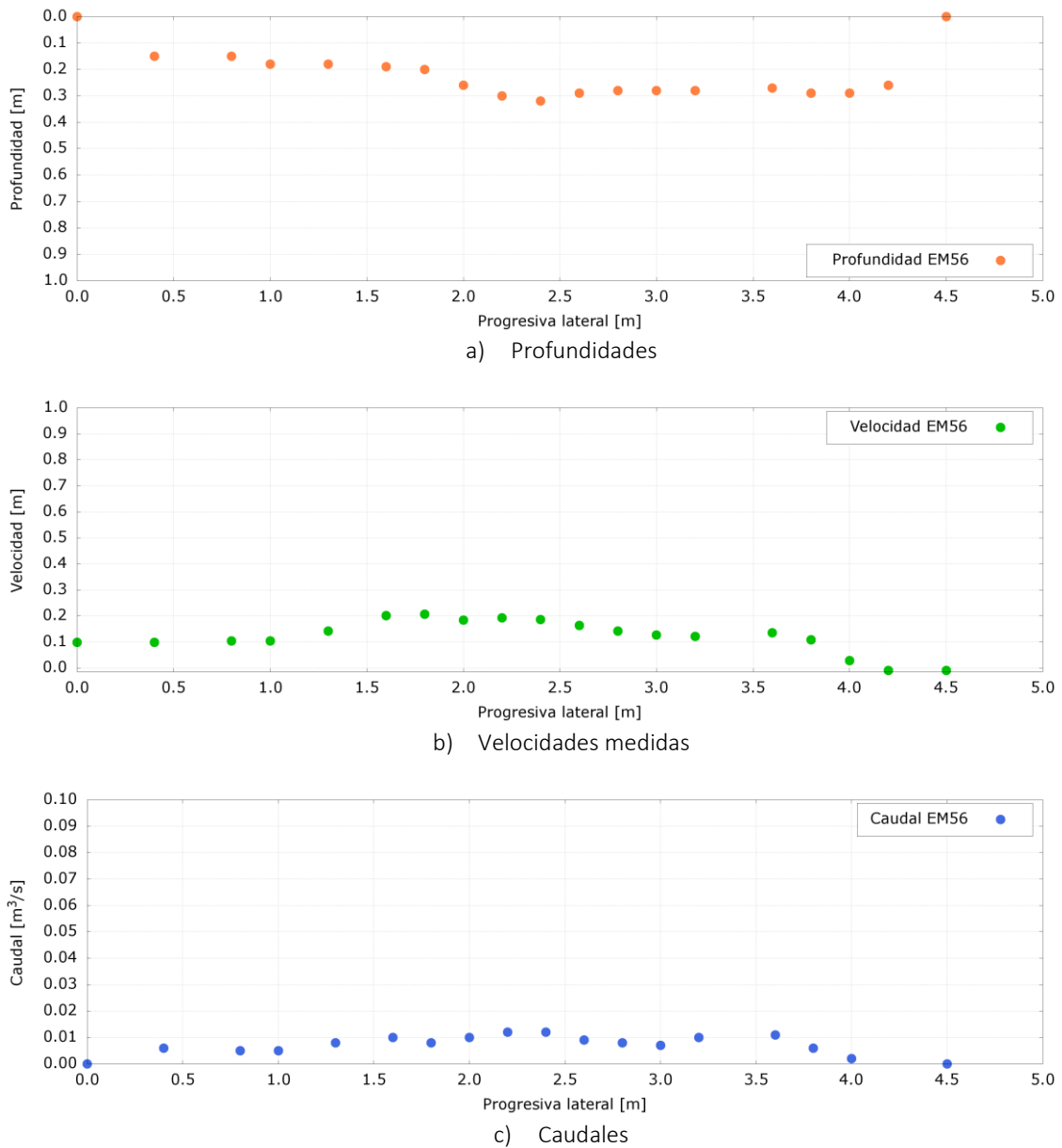


Figura A.120. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM56 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron cuatro puntos fijos en la sección de aforo a la altura de la superficie del agua. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y las distancias entre ellos se midieron con cinta métrica (Figura A.121). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Cañuelas aguas arriba de la sección de aforo. La Figura A.122 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,20 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,10 m³/s.



Figura A.121. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM56. Se observan los puntos fijos y el sembrado de trazadores.

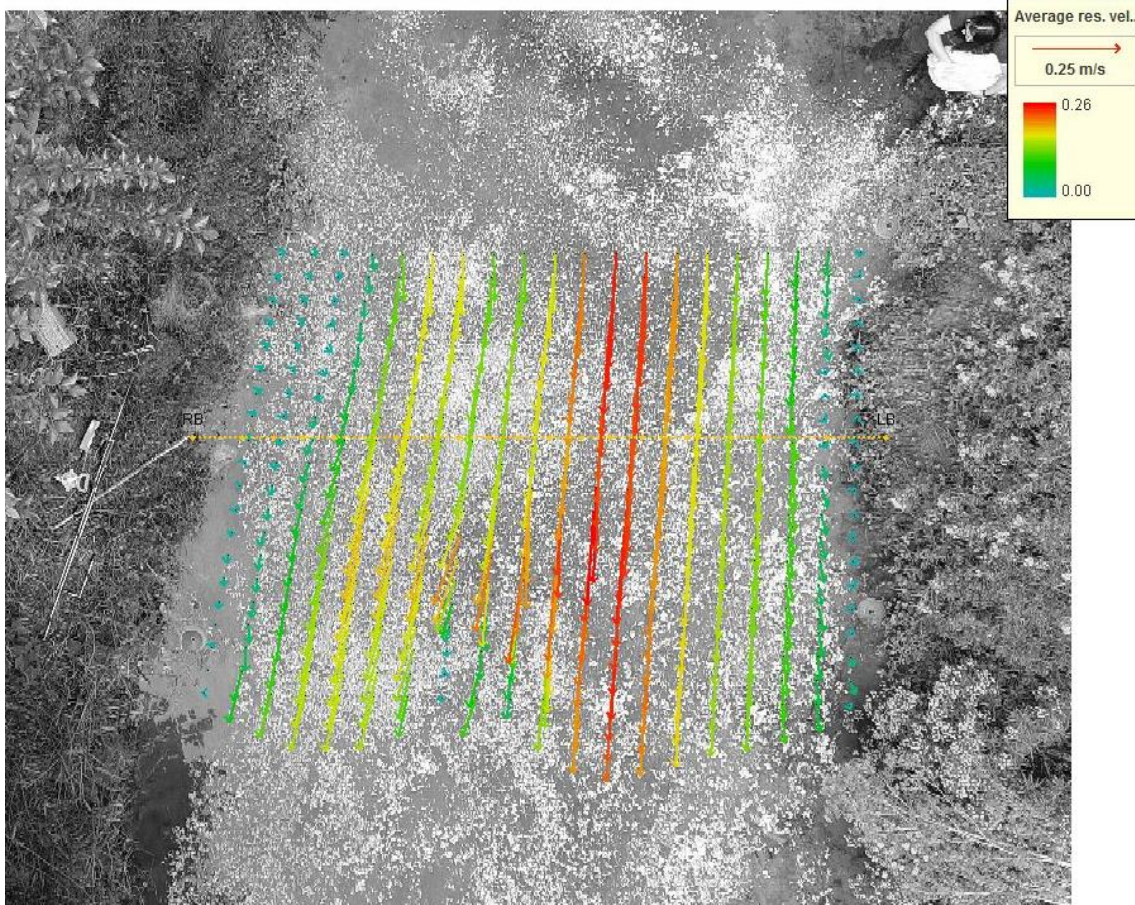


Figura A.122. Campo de velocidades superficiales en la EM56 obtenido con el software Fudaa.

### A.23. EM63

El día 17/11/2021 a las 09:15 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 2° campaña de aforos. En conjunto con el equipo de ACUMAR se decidió no realizar el aforo debido a las condiciones que presentaba el arroyo Ortega. El cuerpo de agua tenía una capa de grasa superficial en el sector comprendido entre la calle Uruguay y la Av. Pedro Dreyer. Esta capa de grasa imposibilitaba el aforo mediante la técnica LSPIV (la grasa obstruía el sembrado de los trazadores) e impedía el aforo con el equipo de ADV (por cuestiones de seguridad operacional del personal que debía medir adentro del arroyo en contacto con esos residuos orgánicos).



a) Vista desde el puente de la calle Uruguay a la Av. Pedro Dreyer.



b) Vista desde margen derecha a margen izquierda



c) Detalle capa grasa superficial.

Figura A.123. Presencia de capa de grasa superficial en el arroyo Ortega que impidió el aforo en la EM63.

## A.24. EM68

El aforo en esta estación se realizó el día 08/11/2021. La sección de aforo sobre el arroyo Rodríguez se muestra en la Figura A.124. El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Rodríguez presentaba una situación de aguas bajas. No se registraron precipitaciones en la semana previa al aforo, tal como se muestra en la Figura A.125 (izquierda). La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,15 \pm 0,01$  m a las 14:20 (correspondiente a una cota  $14,75 \pm 0,03$  m IGN) (Figura A.125 derecha).

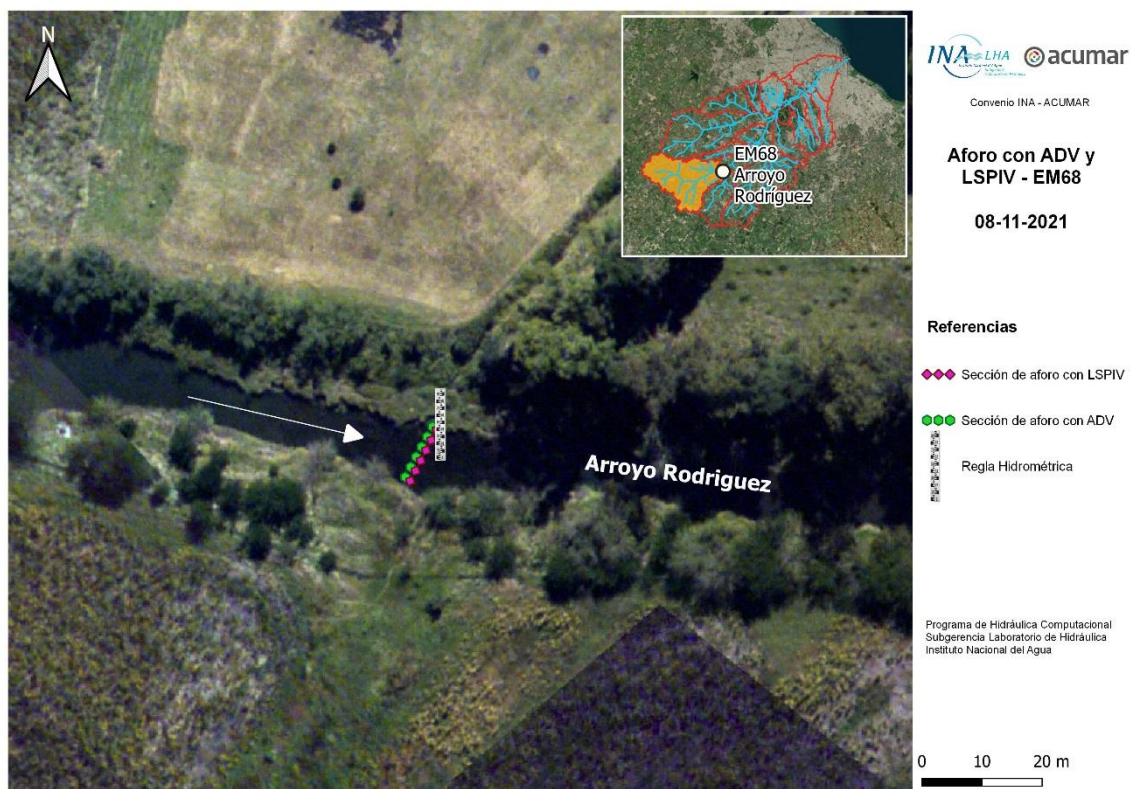


Figura A.124. Sección de aforo en la EM68.

### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.126) se realizó desde las 14:00 hasta las 14:40. Se obtuvo un caudal de  $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,4%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.127.

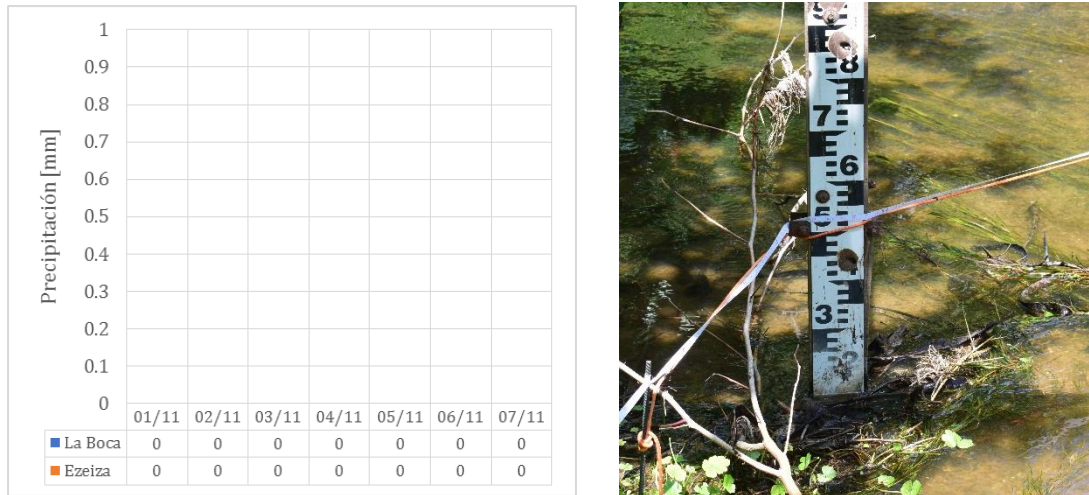


Figura A.125. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica previa limpieza de la misma (derecha).



Figura A.126. Aforo con ADV en la EM68.

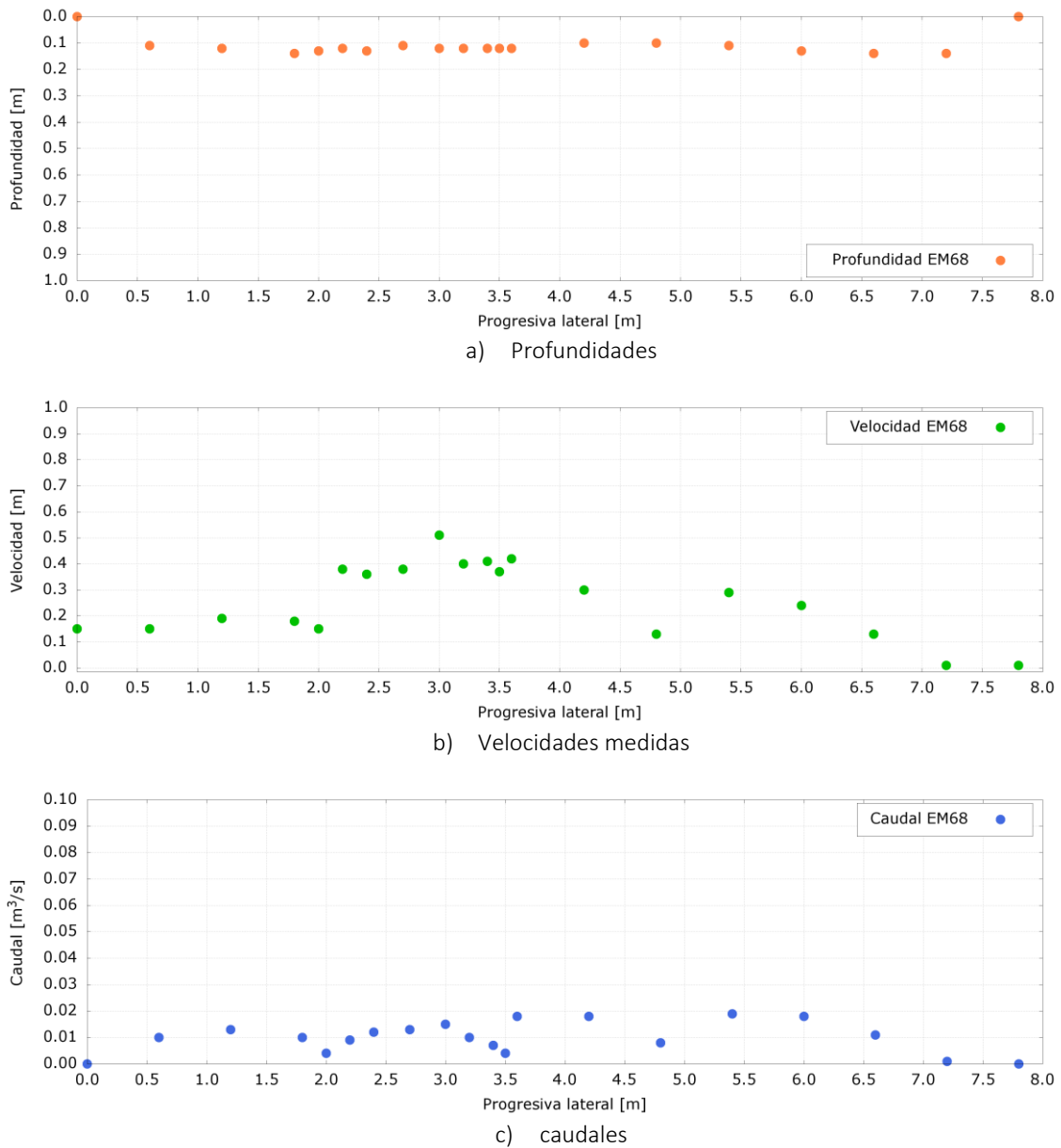


Figura A.127. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM68 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron cuatro puntos fijos en la sección de aforo. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y su distancia fue relevada utilizando una cinta métrica de agrimensor (Figura A.128). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo A° Rodríguez 20 metros aguas arriba de la sección de aforo. La Figura A.129 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,45 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,21 m³/s.



Figura A.128. Disposición de los puntos fijos y sembrado de trazadores para implementar la técnica LSPIV.

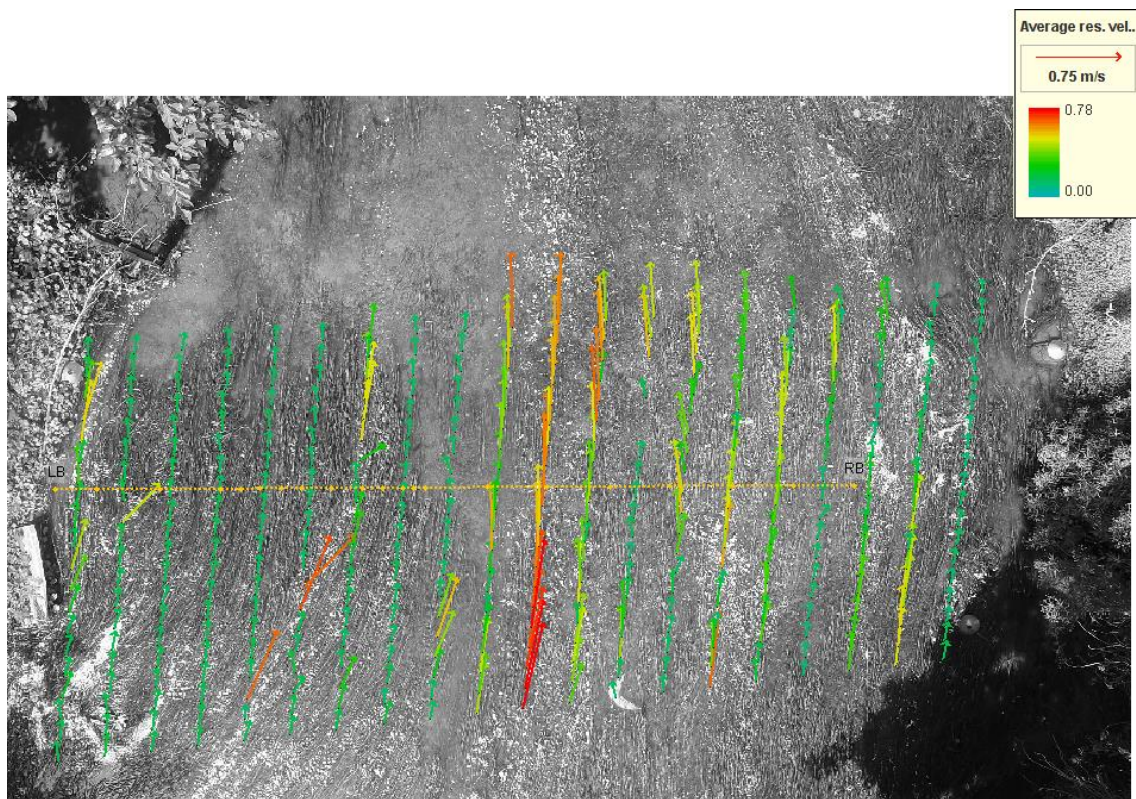


Figura A.129. Campo de velocidades superficiales en la EM68 obtenido con el software Fudaa.



## A.25. EM72

El día 17/11/2021 a las 11:00 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la campaña N°0. La sección de aforo sobre la descarga de la Laguna de Rocha se muestra en la Figura A.131. En la Figura A.132 izquierda se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de  $0,88 \pm 0,01$  m a las 11:45 (Figura A.132 derecha). Dado que la dinámica hídrica en esta sección puede llegar a estar afectada por los niveles del Río de la Plata, se muestran en la Figura A.133 los niveles registrados el día del aforo por el sensor de ACUMAR ubicado en el Riachuelo (a la altura del Club Regatas de Avellaneda).



Figura A.131. Sección de aforo en la EM72.

### Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un hydroboard guiado mediante sogas desde ambas márgenes del curso de agua (ver Figura A.134). Se realizaron ocho pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de  $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 5,3%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.135.

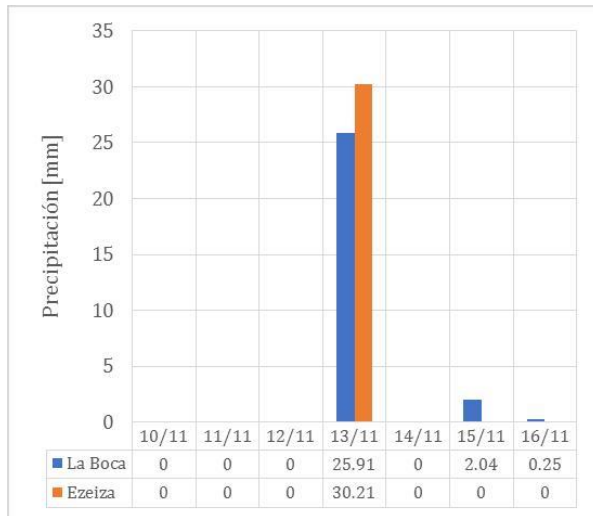


Figura A.132. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).

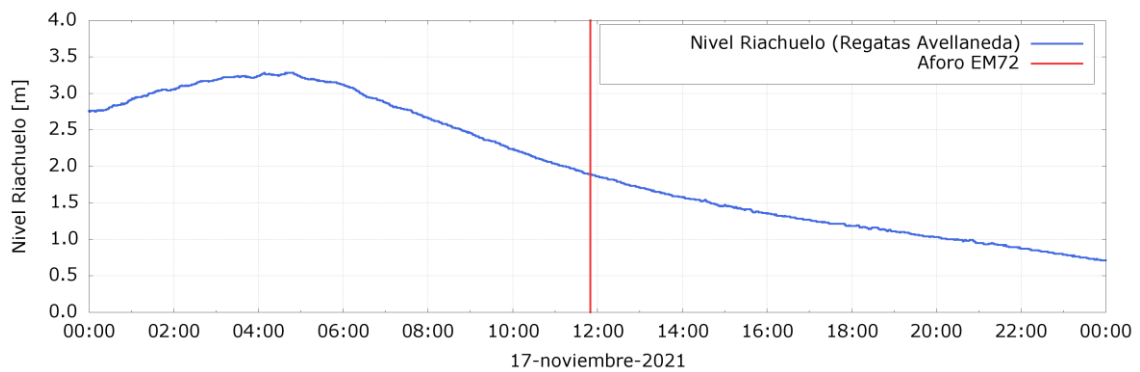


Figura A.133. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM72.



Figura A.134. Aforo con ADCP en la EM72.

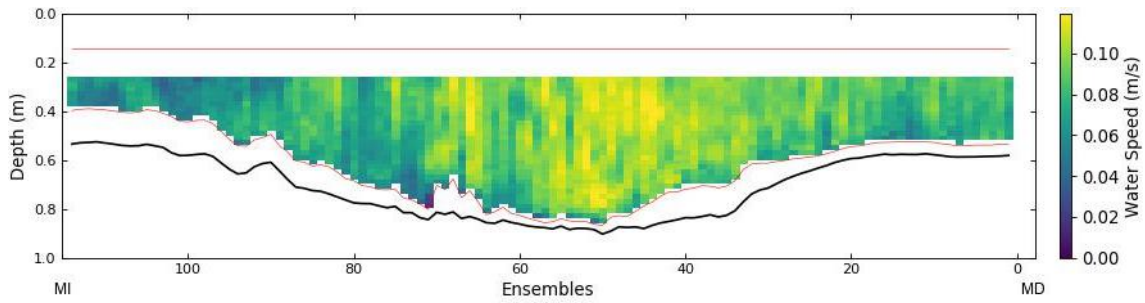


Figura A.135. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM72 obtenida con ADCP.

### Comparación con registros históricos

La Figura A.136 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM72 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

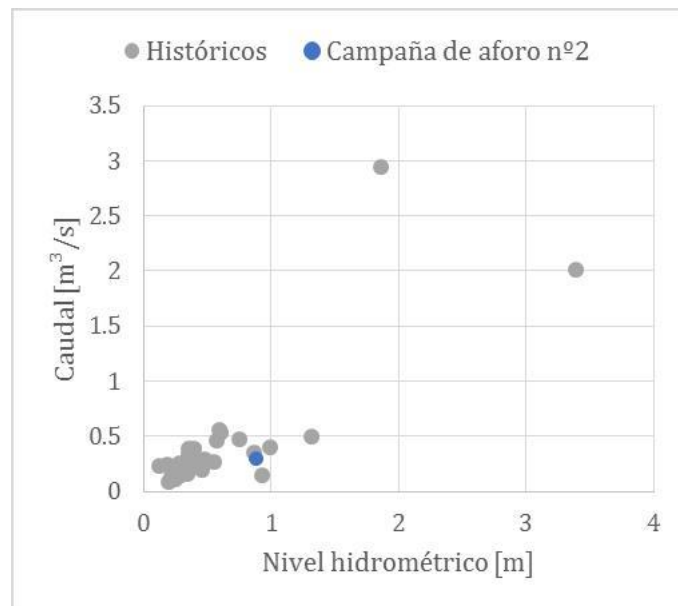


Figura A.136. Registros históricos de niveles y caudales en la EM72.

## A.26. EM76

El aforo en esta estación se realizó el día 16/11/2021 a las 13:00 hs. La sección de aforo sobre el arroyo Susana se ubicó aguas abajo del puente vial de la calle Concejal P. Gómez, como se muestra en la Figura A.137. El aforo se utilizó la técnica LSPIV. El arroyo Susana presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.138 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. En julio del 2021 se instaló una nueva regla hidrométrica en la sección. En la presente campaña se determinó la cota del cero de la escala, siendo de  $2,59 \pm 0,03$  m IGN. El nivel de la superficie del agua registrado a las 13:00 hs en la escala fue de  $0,08 \pm 0,01$  m (ver Figura A.139), correspondiente a una cota de  $2,67 \pm 0,03$  m IGN.



Figura A.137. Sección de aforo en la EM76.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para implementar la técnica se lanzaron trazadores, compuestos por partículas de madera, desde el puente vial de la calle Concejal P. Gómez. Se utilizaron ocho puntos fijos establecidos en la Campaña de Reconocimiento Inicial de este proyecto<sup>14</sup>. Estos puntos fueron marcados con aerosol en la canalización del A° Susana y sus coordenadas se relevaron con el GPS Diferencial.

<sup>14</sup> INA, 20201. Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe 02 – Campaña de reconocimiento inicial. Proyecto INA 397. Informe LHA 02-397-21. Ezeiza, marzo de 2021

La Figura A.140 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVeR, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,50 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,17 m<sup>3</sup>/s.

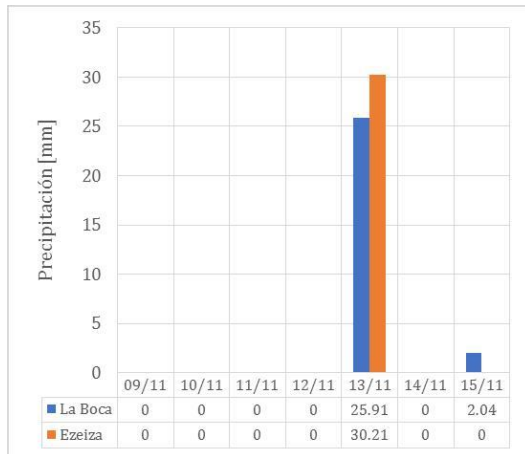


Figura A.138. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo.



Figura A.139. Escala hidrométrica de la EM76

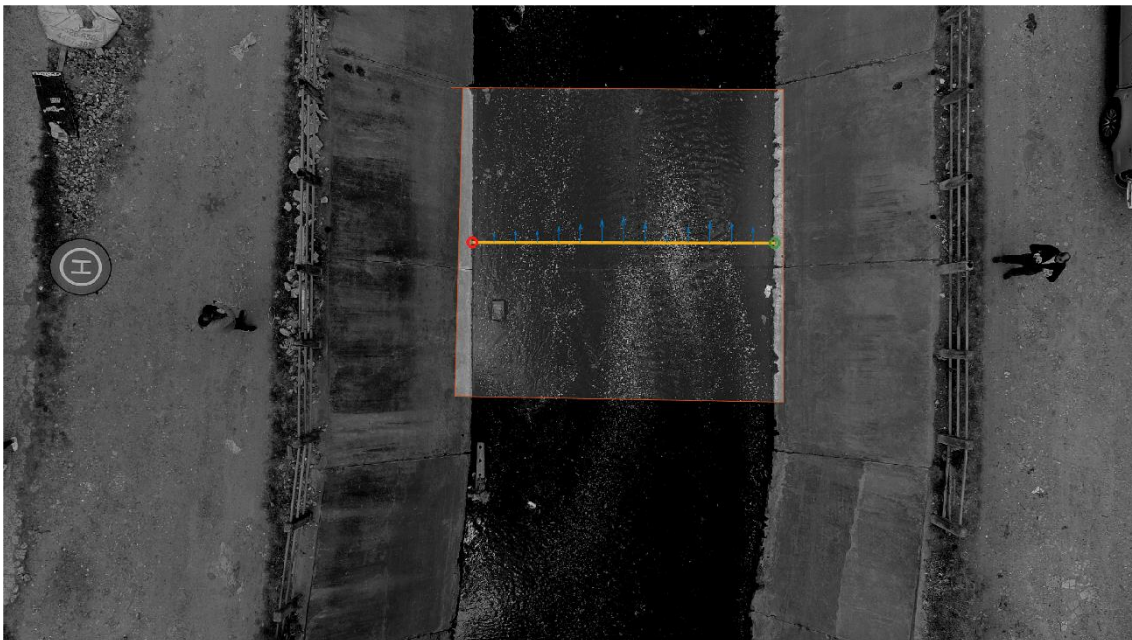


Figura A.140. Campo de velocidades superficiales en la EM76 obtenido con el software RIVeR.

### A.27. EM77

El día 16/11/2021 a las 13:25 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la campaña N°2. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la calle Luis Van Beethoven tal como se muestra en la Figura A.141. El arroyo Dupuy se encontraba en situación de aguas bajas. En la Figura A.142 se presentan las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El nivel de la superficie de agua a las 13:45 fue de  $3,90 \pm 0,03$  m IGN y se determinó con el GPS diferencial al no encontrarse la escala hidrométrica de la sección.



Figura A.141. Sección de aforo en la EM77.

#### Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.143) se realizó desde las 13:40 hasta las 14:20. Se obtuvo un caudal de  $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$  con una incertidumbre del 3,7%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.144.

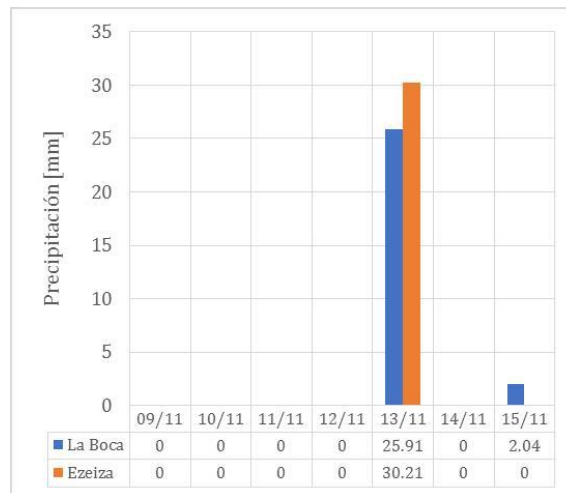


Figura A.142. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.143. Aforo con ADV en la EM77.

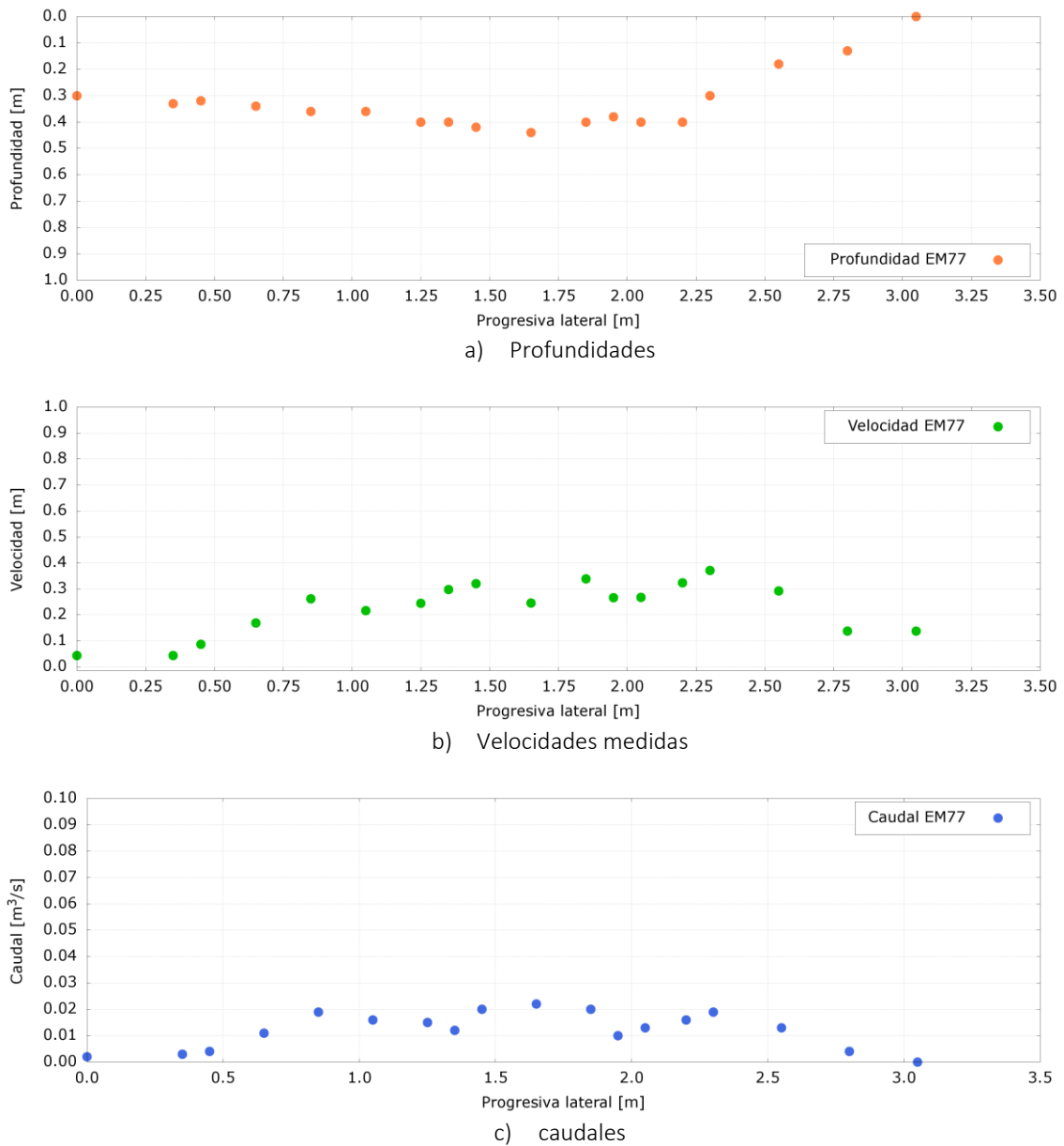


Figura A.144. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM77 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron dos puntos fijos sobre el nivel del agua en la sección de aforo. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y sus distancias fueron relevadas con una cinta métrica. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Dupuy de agua cinco metros aguas arriba de la sección de aforo y la filmación se hizo con un dron (ver Figura A.145). La Figura A.146 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,40 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,24 m³/s.



Figura A.145. Disposición de los puntos fijos y sembrado de trazadores para implementar la técnica LSPIV.

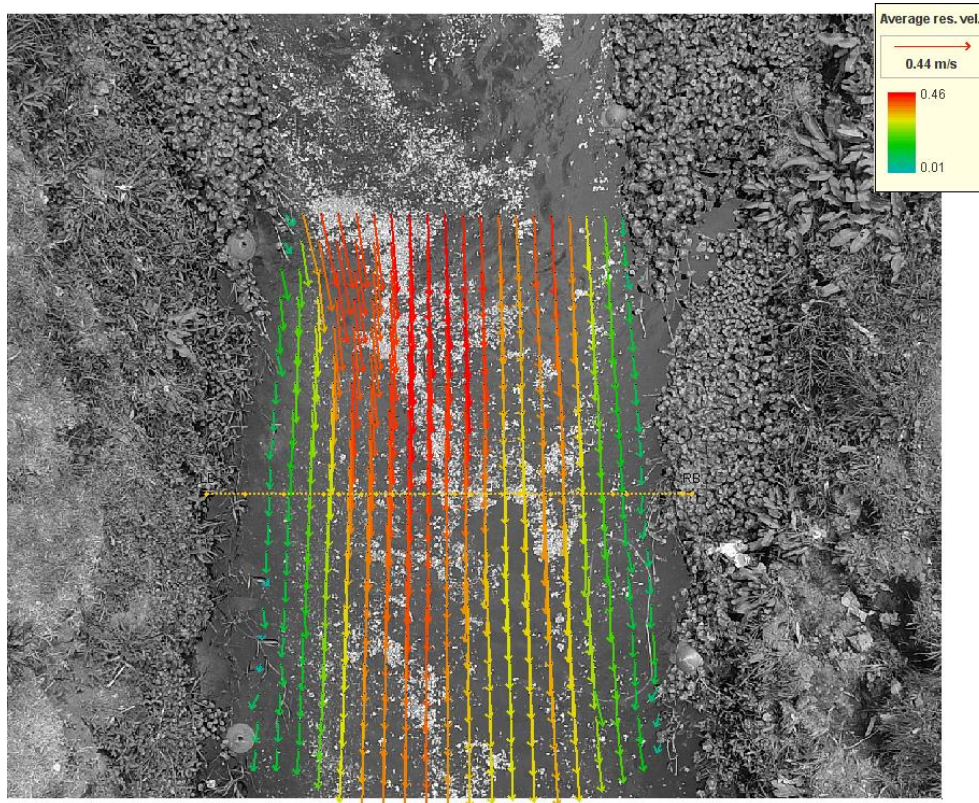


Figura A.146. Campo de velocidades superficiales en la EM77 obtenido con el software Fudaa.

## A.28. EM78

El aforo en esta estación se realizó el día 19/11/2021. La sección de aforo se ubicó aguas debajo de la descarga del aliviador del arroyo Cildañez (Figura A.147). La dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata. En la Figura A.148 se muestran los niveles registrados el día del aforo por el sensor de ACUMAR ubicado en el Riachuelo (a la altura del Club Regatas de Avellaneda).

La Figura A.149 presenta las precipitaciones registradas en dos estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El aforo se realizó utilizando la técnica LSPIV

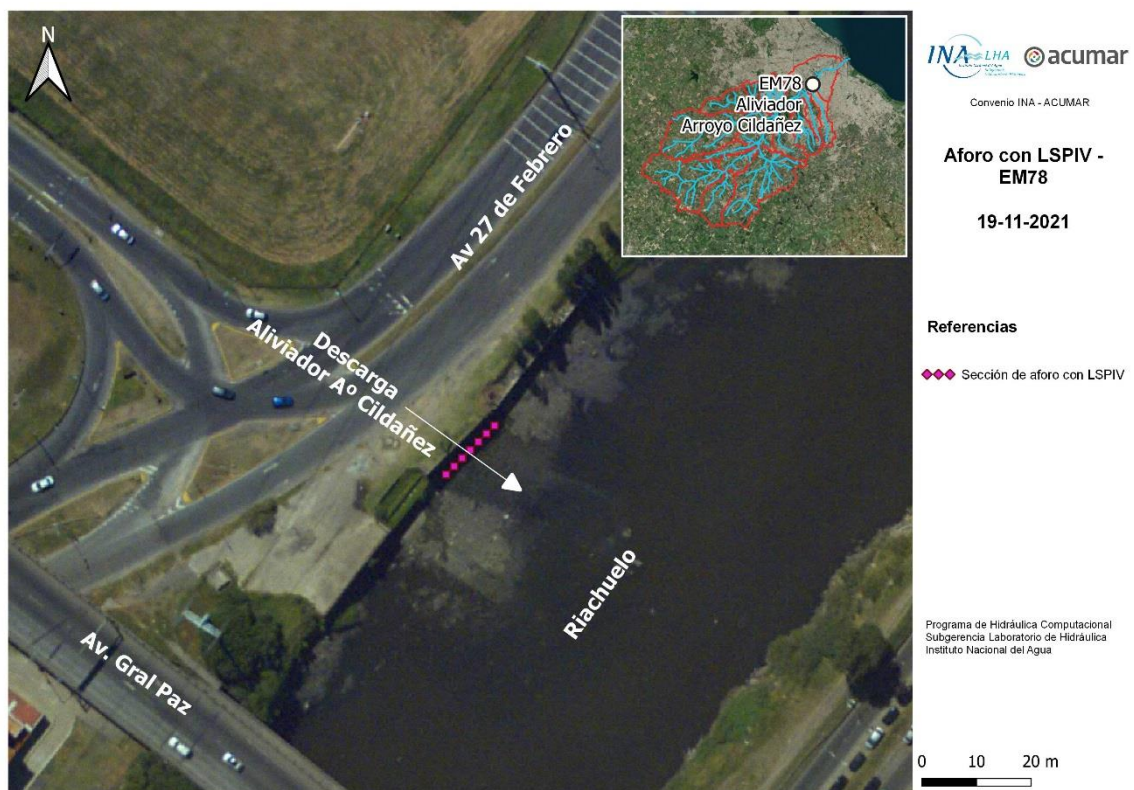


Figura A.147. Sección de aforo en la EM78.

### Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se midieron con una cinta métrica las distancias entre los 2 puntos fijos dispuestos en la estructura de descarga. Las filmaciones se realizaron con dron, tal como se muestra en la Figura A.150. El aforo se realizó a las 11:10. La Figura A.151 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades superficiales máximas alcanzan 0,50 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,18 m<sup>3</sup>/s.

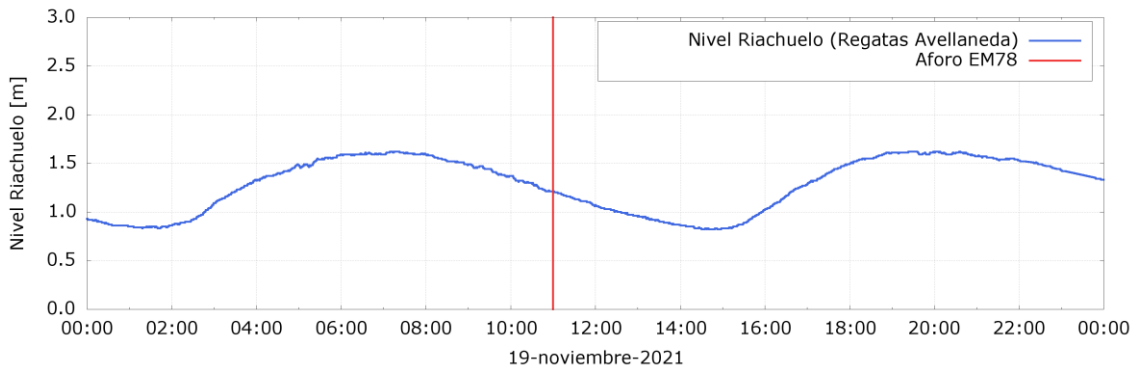


Figura A.148. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM78.

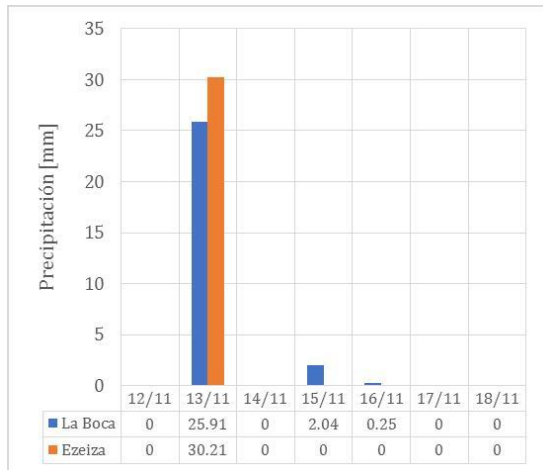


Figura A.149. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo.



Figura A.150. Filmación con dron para aplicación de técnica LSPIV en la EM78.

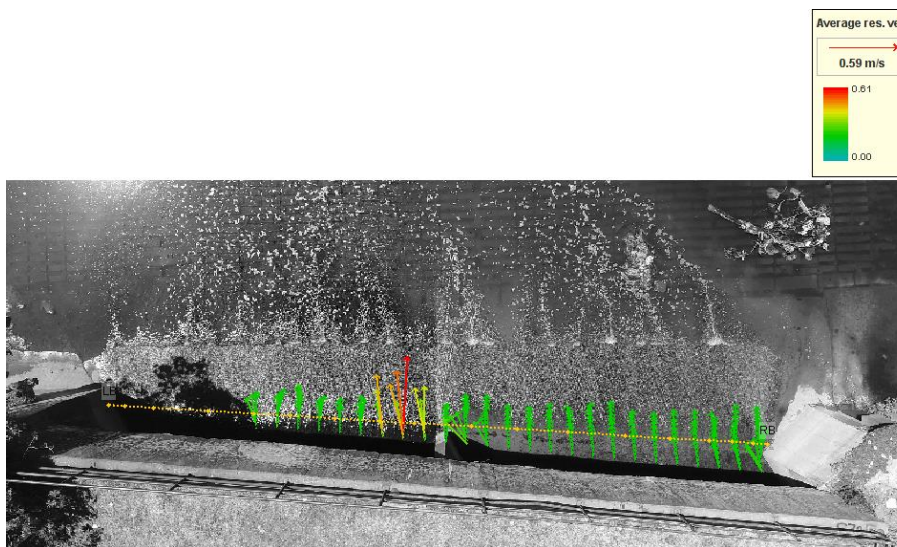


Figura A.151. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa en la EM78.