



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



GREEN
CLIMATE
FUND



cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



En colaboración con
Canada



PROYECTO PUNA RESILIENTE

Protocolos de medición hidrológica para el monitoreo comunitario: CORRENTÓMETRO



Octubre, 2026

Implementada por

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

SERNANP
PERÚ



Profonampe
Comprometidos por naturaleza

**Instituto
de Montaña**

Protocolos de medición hidrológica para el monitoreo comunitario: Correntómetro

Documento elaborado por **Adolfo Mejia**
Asesor Técnico en Hidrología (GIZ)

Octubre, 2026

PROTOCOLOS DE MEDICIÓN HIDROLÓGICA PARA EL MONITOREO COMUNITARIO CORRENTÓMETRO

Contenido

I.	INTRODUCCION.....	2
II.	PROTOCOLO - MEDICIÓN DE CAUDALES CON CORRENTÓMETRO	3
	FASE 1: PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN	5
	a) Coordinación Institucional y Comunitaria.....	5
	b) Breve diálogo de Saberes: Antes de sacar y medir con el Correntómetro	6
	c) Selección de la Sección de Aforo	7
	d) Equipos y Materiales.....	9
	e) Protocolo de seguridad en el campo	10
	FASE 2: PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN EN CAMPO	10
	PASO 1: Instalar la Sección Transversal.....	11
	PASO 2: Dividir la Sección en Verticales y segmentos.....	11
	PASO 3: Medir Profundidad y Velocidad en Cada Vertical	12
	PASO 4: Registrar Todos los Datos en la Ficha de Campo	13
	i. Principios Fundamentales del Registro de Campo	13
	ii. Estructura de la Ficha de Campo.....	14
	iii. Llenado del Bloque A: Datos Generales del Aforo.....	15
	iv. Llenado del Bloque B - de Datos por Vertical	17
	v. Fila de Totales.....	20
	vi. Sección de Observaciones	20
	vii. Registro de la Fotografía Repetida.....	20
	viii. Procedimiento de Cierre del Registro de Campo.....	21
	FASE 3: CÁLCULO DEL CAUDAL EN GABINETE	21
	a. Fundamento Matemático del Método.....	21
	b. Procedimiento Paso a Paso.....	21
	FASE 4: REGISTRO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	23
	i. Tabla de Seguimiento Temporal del Caudal	23
	ii. Gráfico de Seguimiento Mensual del Caudal.....	24
III.	BIBLIOGRAFIA	26

I. INTRODUCCION

EL AGUA EN LA PUNA Y POR QUÉ LA MEDIMOS

El ecosistema de la puna altoandina del Perú enfrenta cambios profundos. Las temperaturas han subido, los patrones de lluvia se han vuelto impredecibles, los glaciares retroceden y los bofedales se secan. Estos cambios afectan directamente la cantidad de agua disponible para las comunidades, sus animales y sus cultivos (GIZ - Proyecto Puna Resiliente, 2024).

El proyecto Puna Resiliente apuesta por medidas de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), que incluyen la restauración de bofedales, la reforestación con especies nativas, la construcción de zanjas de infiltración, el mejoramiento de pastos y otras intervenciones que buscan que el paisaje vuelva a retener, regular y distribuir el agua de manera más equilibrada. Para saber si estas medidas están funcionando, necesitamos datos concretos: cuánta agua corre por el río, cuánta lluvia cae en la microcuenca (Recharte, 2024).

El monitoreo comunitario no es solo llenar fichas. Es una forma de que las comunidades toman el control de la información sobre su propio territorio, combinan ese conocimiento con lo que ya saben de generaciones, y pueden exigir y tomar mejores decisiones. Como señala Recharte (2024), *"el monitoreo comunitario usa los indicadores del menú, los adapta al contexto de la cultura local e incorpora el conocimiento local al monitoreo"*. Este documento resume los pasos para la medición de caudal a partir del uso de correntómetros y está enfocado en el ecosistema Puna en el marco del proyecto Puna Resiliente de la GIZ; aplicable a miembros de la Organización de la Sociedad Civil (OSC) que acompaña a la Iniciativa Local (IL); a los mismos integrantes del Comité de Monitoreo Comunitario (CMC) y especialistas de campo de la GIZ.

II. PROTOCOLO - MEDICIÓN DE CAUDALES CON CORRENTÓMETRO

Aplicable a los Indicadores E12, E13, E14 y E15 del Menú de Indicadores de la “Guía para facilitar el monitoreo comunitario participativo” - Proyecto Puna Resiliente

¿QUÉ ES EL CAUDAL Y POR QUÉ NOS IMPORTA EN LA PUNA?

El caudal es el volumen de agua que pasa por una sección de río en cada segundo. Se mide en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o en litros por segundo (l/s), siendo esta última más práctica para los ríos y manantiales pequeños del ecosistema puna.

Para hacerse una idea: **1 l/s equivale a llenar una botella de un litro en un segundo**, y **1 m^3/s equivale a llenar 1,000 botellas por segundo**. Conocer el caudal nos permite responder preguntas muy concretas: *¿hay suficiente agua para regar una hectárea de pastos mejorados?*, *¿el bofedal restaurado está regulando mejor el caudal en época seca?*, *¿ha cambiado el flujo del manantial desde que se plantaron los queñuales o cualquier otra especie vegetal u arborea?* (Recharte, 2024).

Según el Manual de Hidrometría del SENAMHI (Arboleda *et al.*, 2018), las mediciones sistemáticas y confiables de las variables hidrológicas, entre ellas el caudal, son indispensables para la gestión sostenible del agua. En las cuencas altoandinas peruanas, esta medición es especialmente crítica porque el caudal es altamente estacional: los mayores caudales ocurren entre diciembre y abril, y el estiaje (período seco) puede ser muy severo entre junio y octubre (SENAMHI, 2001).

Este documento resume los pasos para la medición de caudal a partir del uso de correntómetros. Así pues, en la siguiente imagen se muestra la relación entre las medidas AbE, variables e indicadores a monitorear (en el marco de los indicadores generales y específicos) de la “Guía para facilitar el monitoreo comunitario participativo” del proyecto Puna Resiliente (A partir de ahora denominado “Guía de Monitoreo Comunitario”) y los instrumentos sugeridos para su medición; así mismo se señala en el cuadro 1 la relación entre estas mismas medidas y los indicadores a monitorear a manera de resumen.

Gráfico 1. Relación entre medidas abe, variables e indicadores a monitorear



Fuente: Elaboración propia basada en GIZ-Puna Resiliente (2024) y SENAMHI (2018). / Editor: Nano banana 2.

Gráfico 2. relación entre medidas abe, variables e indicadores a monitorear

MEDIDA AbE	VARIABLE MEDIDA	INDICADOR CLAVE	PROTOCOLO USADO
Restauración de bofedales	Caudal de manantiales y ríos (m³/s o l/s)	• E12: Caudal del manantial o río	Correntómetro / método volumétrico /
Reforestación con quenuales	Caudal base en época de estiaje (l/s)	• E13: Caudal en estiaje	Correntómetro
Zanjas de infiltración y terrazas	Precipitación mensual acumulada (mm) y caudal de respuesta	• E14: Precipitación mensual acumulada	Pluviómetro
Pastos mejorados e invernaderos	Disponibilidad de agua para riego (l/s/ha)	• E15: Agua disponible/ha	Correntómetro + Pluviómetro
Conservación de glaciares y nevados	Variación temporal del caudal (m³/s) y precipitación anual (mm)	• Coeficiente de escorrentía anual	Correntómetro + Pluviómetro
Fotografía Repetida	Cambios visuales en el río, bofedal, suelo	• E11, E13, E21, E31, E32, E51	Fotografía Repetida (complemento)

Fuente: Elaboración propia basada en Recharte (2024). Cuaderno 2 Menú de Indicadores, Protocolos y Equipos. Proyecto Puna Resiliente / PROFONANPE. / Editor: Nano banana 2.

En ese contexto el uso del **correntómetro** es de mucha utilidad; este es un instrumento que mide la velocidad a la que corre el agua. A partir de esa velocidad, y combinándola con las medidas del área de la sección del río / riachuelo u otro flujo que se desee medir, se puede calcular el caudal con buena precisión.

Es el instrumento más adecuado para caudales medianos y grandes, especialmente cuando los métodos más simples como el del balde (método volumétrico) y cronómetro ya no son suficientes (Recharte, 2024).

En la siguiente imagen comparativa, de manera visual se presentan los 3 grandes tipos de correntómetros, según la tecnología que usan para la obtención de datos; el más comercial y del cual está basado **este protocolo** es el **correntómetro de Hélice o Molinete**; pero es necesario saber cuáles son los principios generales y funcionamiento de otros correntómetros.

Gráfico 3. Tipos de Correntómetro y sus Características



Fuente: Elaboración propia basada en Narváez (2025) y Arboleda et al. (2018). / Editor: Nano banana 2.

Para el uso adecuado del correntómetro se presenta en 04 fases las actividades necesarias y sus pasos específicos, a fin de obtener los datos de mayor calidad:

FASE 1: PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN

a) Coordinación Institucional y Comunitaria

El proceso de medición empieza mucho antes de llegar al río / riachuelo. La preparación cuidadosa es la que hace que los datos sean útiles y comparables de una visita a otra (Recharte, 2024). Es necesario entonces una planificación y/o coordinación previa con el comité a fin de definir actividades y objetivos:

- **¿Quién organiza?** El o la facilitadora de la OSC coordina con los miembros del Comité de Monitoreo Comunitario (CMC) la fecha de salida de campo, de

acuerdo con el trimestre establecida en el Plan de Monitoreo. Este mismo proceso puede ser organizado por el especialista de campo de la GIZ designado en el territorio.

- **¿A quiénes se convoca?** A los usuarios del agua de esa fuente específica. Se busca que participen tanto hombres como mujeres, pues tienen perspectivas complementarias sobre el uso del agua.

b) Breve diálogo de Saberes: Antes de sacar y medir con el Correntómetro

Esta salida es acompañada con información que se pudo haber recogido ya en el proceso de diagnóstico y planificación de la IL; a fin de realizar un breve dialogo de saberes y poder reflexionar sobre las siguientes preguntas claves:

Gráfico 4. Preguntas breves.



Fuente: Adaptado de Recharte (2024); GIZ - Puna Resiliente (2024) / Editor: Nano banana.2.

- **Reunión previa (pre-entrenamiento):** En esta sesión se discuten temas concretos:
 - Usos prácticos del dato a medir: *¿Cuánta agua necesita una hectárea de pastos mejorados? ¿Y el bofedal restaurado? ¿Y los invernaderos?*
 - Presentación de la ficha de campo, atributos y métodos de la medición.
 - Espacio de diálogo de saberes sobre el caudal en la microcuenca: *¿En qué meses el río "baja"? ¿Cuáles son las señas que observan cuando el caudal cambia?*
 - Mapa o croquis de todos los puntos de toma de agua de los usuarios de la iniciativa local.
 - Identificación previa de posibles conflictos o acuerdos de uso del agua, en el punto a medir.

c) Selección de la Sección de Aforo

Una vez se realiza la primera salida y/o visita para realizar la medición del caudal (aforo); **se debe de elegir** correctamente la **sección donde se medirá**; ya que la **elección de un buen lugar** puede ser la diferencia entre datos confiables y datos inútiles. Una vez elegido, este lugar debe marcarse de forma permanente para que todas las mediciones futuras se hagan exactamente en el mismo sitio (Arboleda *et al.*, 2018).

En los siguientes gráficos se presenta gráficamente los criterios básicos a tomar en cuenta, a la hora de seleccionar un buen punto; regularmente se debe seleccionar tramos rectos, con flujos tranquilos, fondos estables, orillas firmes (por la seguridad que ofrece), una profundidad y adecuada accesibilidad; es claro que se debe evitar zonas de confluencias, quebradas afluentes y zonas con otros problemas.

Gráfico 5. Criterios para seleccionar la sección de aforo



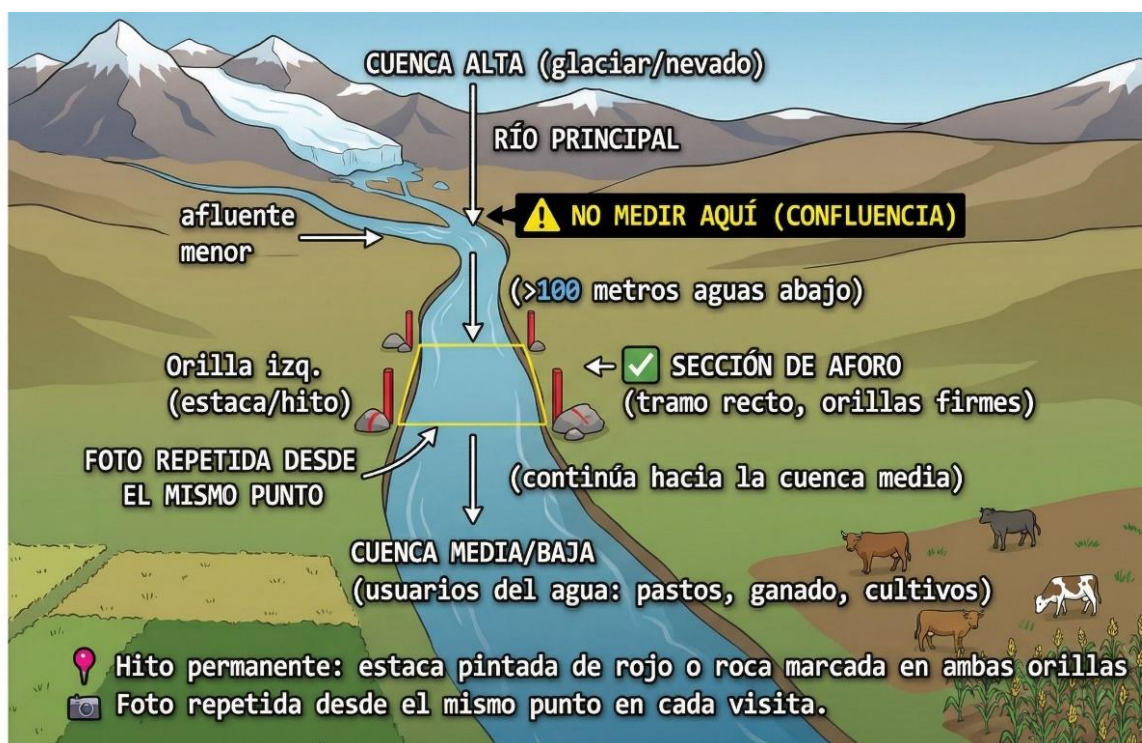
Fuente: Elaboración propia basada en Arboleda *et al.* (2018) y Narváez (2025) / Editor: Nano banana 2.

Gráfico 6. Mapa esquemático de ubicación de sección de aforo



Fuente: Elaboración propia / Editor: Nano banana 2.

Gráfico 7. Mapa esquemático de ubicación de sección de aforo



Fuente: Narváez (2025) / Editor: Nano banana 2.

Consejo de campo: Una vez elegida la sección, se debe clavar una estaca de madera pintada de rojo en cada orilla. En cada visita de monitoreo, se instala la sog

amarrando siempre en las mismas estacas. Esto garantiza que todas las mediciones sean comparables entre sí a lo largo de los meses y los años. Se toma además una **fotografía repetida** del río desde el mismo punto y en la misma dirección, que corresponde al protocolo complementario de Fotografía Repetida para los indicadores E11 y E13 (Recharte, 2024).

d) Equipos y Materiales

Si bien el objetivo de este protocolo esta guiado al uso de correntómetro, es ideal tener materiales que ayudan al proceso de medición en sí:

- Wincha o flexómetro metálico de 50m
- Soga o cuerda (mayor al ancho del río)
- Varillas / Estacas de metal o madera
- Libreta de campo y Lapiza (o lapicero)
- GPS o smartphone con app para el registro de coordenadas
- Chaleco Salvavida y botas, cuando el caudal sea abundante (principalmente al medir rios).
- Camara fotografíca
- Mapa de la microcuenca, puede ser a escala 1;100,000

Gráfico 8. Equipos y materiales para aforo con correntómetro

MATERIALES PARA AFORO CON CORRENTÓMETRO		
EQUIPO / MATERIAL	DESCRIPCIÓN Y USO	RESPONSABLE
 Correntómetro (ej. OTT MF Pro)	 Instrumento para medir velocidad del agua (m/s). Con pantalla digital incorporada.	 OSC / CMC (entrenado)
 Wincha o flexómetro metálico de 50 m	 Para medir el ancho del río y la profundidad en cada vertical.	 CMC
 Soga o cuerda (> al ancho del río)	 Para marcar la sección transversal de orilla a orilla.	 CMC
 Varillas/estacas de metal o madera	 Para fijar y tensar la soga en ambas orillas.	 CMC
 Libreta de campo y lápiz (o lapicero)	 Para anotar todos los datos con el formato pre-impreso.	 CMC
 GPS o smartphone	 Para georreferenciar el punto de medición (coordenadas UTM/WGS84).	 OSC
 Chaleco salvavidas y calzado seguro	 OBLIGATORIO cuando la profundidad supera la rodilla.	 TODOS
 Cámara fotografíca o celular	 Para la fotografía repetida del punto de medición.	 CMC
 Mapa 1:100,000 de la microcuenca	 Para ubicar el punto y los usuarios del agua aguas abajo.	 OSC

Fuente: Adaptado de Recharte (2024); Narváez (2025); Arboleda et al. (2018) / Editor: Nano banana.2.

e) Protocolo de seguridad en el campo

Adicionalmente, se presentan reglas de seguridad cuando se realice el aforo en zonas de riesgos, en especial en caudales mayores o en ríos (ver gráfico siguiente):

- Siempre ir acompañados
- Usar chalecos salvavidas de tenerlos
- Verificar las condiciones del clima antes de salir
- Informar a la comunidad de la actividad
- De presentarse una subida del caudal, salir inmediatamente del punto.
- No cruzar si se evidencia peligro alguno

Gráfico 9. Reglas de seguridad a tomar en cuenta para la medición del aforo.



Fuente: Elaboración propia basada en SENAMHI (2001); Arboleda et al. (2018). / Editor: Nano banana.2.

FASE 2: PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN EN CAMPO

Este procedimiento sigue el **Método de Sección-Velocidad** (*velocity-area method*), que es el estándar internacional para medir caudales en ríos / riachuelos según la Organización Meteorológica Mundial y la norma ISO 748 (Arboleda et al., 2018; OMM, 1994).

PASO 1: Instalar la Sección Transversal

1. Se debe de anclar una estaca en cada orilla del río/riachuelo, en el hito permanente ya marcado.
2. Amarrar la soga a las estacas y tensarla bien, de modo que quede completamente **perpendicular** al flujo del agua (en ángulo de 90°). Si la soga queda en diagonal, las mediciones serán incorrectas.
3. Medir el **ancho total del río (W)** a lo largo de la soga con la wincha, desde la orilla seca de un lado hasta la orilla seca del otro.
4. Anotar este valor en la ficha de campo (ver anexo ficha Excel).

PASO 2: Dividir la Sección en Verticales y segmentos

A la hora de dividir las secciones, se debe de tomar en cuenta (ver los gráficos siguientes de manera complementaria):

- Dividir el ancho total (W) en el número de verticales elegido. La distancia entre cada vertical (llamada "**w**") debe ser **igual** para todas.

Ejemplo: Si $W = 4$ metros y se eligen 10 verticales: $w = 4 / 10 = 0.40$ metros.

- Marcar la posición de cada vertical sobre la soga con cintas de tela de colores o nudos, contando siempre desde la **orilla izquierda** (mirando en la dirección del flujo), ver gráficos siguientes:

Gráfico 10. Instalación de la sección transversal para la medición de caudal.

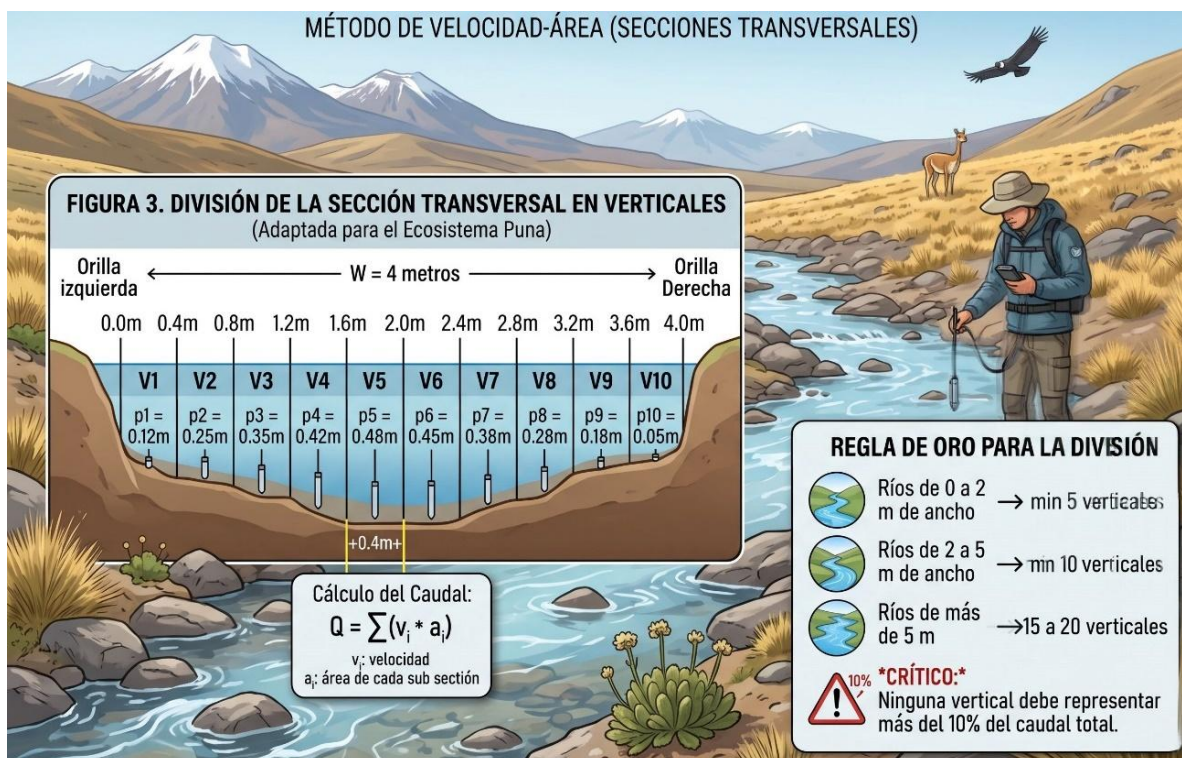


Fuente: SENAMHI (2001); Arboleda et al. (2018). / Editor: Nano banana.2.

Consejo de campo: Se deja como regla de oro que, en las divisiones de ríos de 0 a 2 metros de ancho, se deben tomar mínimo 5 verticales; en ríos de 2 a 5 metros

min 10 verticales y en ríos de más de 5 metros de 15 a 20 verticales. En cualquier caso, ninguna vertical o sección debe representar más del 10% del caudal total.

Gráfico 11. División de la sección transversal en verticales según método de velocidad-área.



Fuente: Elaboración propia / Editor: Nano banana 2.

PASO 3: Medir Profundidad y Velocidad en Cada Vertical

Para cada vertical, se realizan **dos mediciones**: profundidad y velocidad.

A) Medir la Profundidad (p):

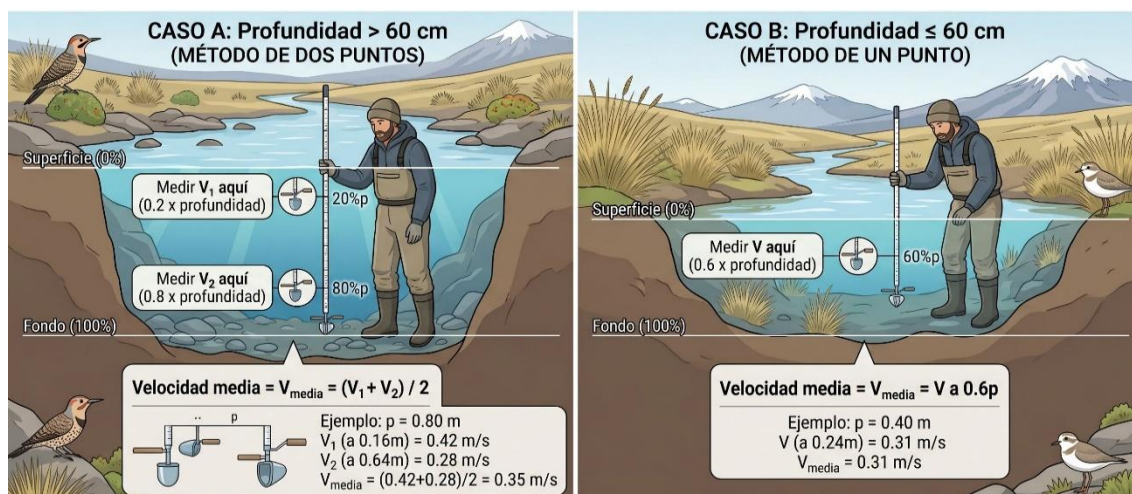
Con la wincha metálica, introducirla verticalmente hasta el fondo del río, apoyando suavemente la regla. Registrar la profundidad en metros (por ejemplo 0.45 m). Si el fondo es irregular, tomar la lectura más representativa.

B) Medir la Velocidad (v) con el Correntómetro:

- Colocar el correntómetro apuntando **contra la corriente** (la hélice o sensor debe quedar de frente al flujo que viene hacia nosotros).
- Para la medición se puede presentar dos casos, si la profundidad es mayor a 60 cm se deben de realizar dos mediciones; de ser menor o igual a 60 cm bastara con solo una medición central en cada vertical o sección (grafico 12).
- Mantener el instrumento **estático** y estable durante la medición. Mínimo 40 a 70 segundos por punto de medición para que el promedio sea confiable (Arboleda *et al.*, 2018).
- Si el equipo tiene pantalla digital, leer directamente la velocidad en m/s.

- Si es un molinete de hélice (OTT C-31), contar las revoluciones en el tiempo establecido y convertir usando la tabla de calibración del instrumento (SENAMHI, 2001).

Gráfico 12. Posición del correntómetro para la medición de velocidad



Fuente: Elaboración propia / Editor: Nano banana 2.

PASO 4: Registrar Todos los Datos en la Ficha de Campo

El registro de datos es el paso más crítico entre la medición y el cálculo posterior en gabinete. Un dato mal anotado, una casilla en blanco o una lectura ilegible pueden invalidar todo el trabajo de campo. Por eso, el registro debe hacerse con la misma rigurosidad que la medición misma.

i. Principios Fundamentales del Registro de Campo

Antes de describir cómo llenar cada casilla de la ficha, es necesario establecer los principios que deben guiar todo registro de datos en campo:

Cuadro 1. Principios para el registro en campo.

PRINCIPIO	DESCRIPCIÓN PRÁCTICA
Inmediatez	Anotar cada dato en el momento en que se obtiene, nunca de memoria al final del aforo
Legibilidad	Escribir con letra clara, grande y legible; usar lápiz (el lapicero a veces falla con la humedad del campo)
Compleitud	Ninguna casilla debe quedar en blanco; si un dato no aplica, escribir "—" o "N/A"
Trazabilidad	Identificar siempre quién tomó los datos, cuándo y en qué punto del río
Sin corrección con borrador	Si hay un error, trazar una línea sobre el dato incorrecto y escribir el correcto al lado; nunca borrar

Fuente: Elaboración propia.

Por qué lápiz y no lapicero: En campo, en la zona altoandina, la humedad del río, la lluvia ocasional o el sudor de las manos pueden hacer que la tinta se corra o que el papel se moje. El lápiz grafito resiste mejor estas condiciones y permite leer el dato incluso si el papel se humedece.

ii. Estructura de la Ficha de Campo

La ficha de campo para la recolección con correntómetro está organizada en **dos bloques principales**: el bloque de datos generales del aforo y el bloque de datos por vertical.

Durante esta fase se requiere registrar todos los datos en una ficha similar a la siguiente, usar el anexo digital ([excel de campo](#)); esta ficha consta de 4 secciones:

Gráfico 13. Plantilla ilustrativa de la ficha de campo.

GUÍA DIDÁCTICA: AFORO CON CORRENTÓMETRO

- Proyecto Puna Resiliente / Comité de Monitoreo Comunitario

1. DATOS DEL SITIO

Comunidad / Iniciativa Local: _____

Nombre del río o manantial: _____

Fecha: ____/____/____ Hora inicio: ____

Hora fin: _____

Responsable CMC: _____

Facilitador/a OSC: _____

Condición del tiempo:

☐ Soleado ☐ Nublado ☐ Llovizna ☐ Lluvia

Código del punto de aforo: _____

Coordenadas GPS (UTM/WGS84):

Este: _____ Norte: _____

Altitud (msnm): _____

Ancho total del río (W): _____ m

N° de verticales: _____

Distancia entre vert. (w): _____ m

Tipo de correntómetro: _____

2. CONCEPTO DE AFORO

3. TABLA DE DATOS Y CÁLCULOS

Vertical N°	Distancia desde origen izq (m)	Profund. (p) (m)	Velocidad (m/s) (m/s)	V a 0.2p (m/s)	V media (m/s)	Área segmento (a = p * w)	Caudal parcial (q = a * v) (m³/s)
1	1	0	0.9	0.7	1.6	$V_{media} = \frac{(V_{a\ 0.2p} + V_{a\ 0.8p})}{2}$	$q = a * v$
2	2	0.5	1.0	0.8	1.8		
3	5	2.5	1.1	0.7	2.2		
4	11	3	1.4	0.8	2.3		
5	10	4	1.5	0.9	2.4		
						CAUDAL TOTAL $Q = \sum(q)$	m³/s
						EQUIVALE A $Q = \sum(q)$	l/s

4. RESULTADOS

OBSERVACIONES: _____

¿Se tomó fotografía repetida? ☐ Sí ☐ No Nombre del archivo: _____

Fuente: Adaptado de Arboleda et al. (2018); Recharte (2024); SENAMHI (2001).

Nota metodológica: El formato de la ficha de campo ha sido adaptado de la Planilla SENAMHI utilizada por la Dirección de Hidrología del SENAMHI (Arboleda et al., 2018) para el procesamiento de aforos con correntómetro, simplificada y contextualizada para las condiciones de trabajo de los Comités de Monitoreo Comunitario del Proyecto

Puna Resiliente (Recharte, 2024), manteniendo la compatibilidad con el estándar del Método Área-Velocidad (ISO 748).

iii. **Llenado del Bloque A: Datos Generales del Aforo**

Este bloque identifica de forma única cada aforo realizado. Debe llenarse **antes de entrar al río/riachuelo**, mientras el equipo aún está en la orilla preparando los materiales., las secciones a completar son:

○ **Comunidad / Iniciativa Local**

Escribir el nombre completo de la comunidad campesina o la iniciativa local a la que pertenece el punto de monitoreo, tal como aparece en los registros del Proyecto Puna Resiliente.

Ejemplo: *Comunidad Campesina de Cculluchaca — Iniciativa Local Bofedales Apurímac*

○ **Nombre del Río o Manantial**

Anotar el nombre local del cuerpo de agua, preferentemente en el idioma de la comunidad (quechua, aymara u otro), seguido de la traducción o nombre en español si existe.

Ejemplo: *Challhuamayú (Río de las Truchas)*

Por qué es importante el nombre local: Los nombres locales de los ríos y manantiales forman parte del conocimiento territorial de la comunidad y ayudan a identificar el punto sin necesidad de coordenadas GPS cuando se trabaja exclusivamente con mapas físicos o croquis comunales.

○ **Código del Punto de Aforo**

Cada punto de medición debe tener un **código único y permanente** que lo identifique en todos los registros del proyecto. Este código es asignado en la primera sesión de planificación y nunca cambia, aunque cambien las personas responsables del monitoreo.

Formato sugerido: [Siglas de la IL]-[Tipo de fuente]-[Número correlativo]

Ejemplo: *BFA-RIO-01* (Bofedales Apurímac — Río — Punto 01)

○ **Coordenadas GPS (UTM / WGS84)**

Registrar las coordenadas del punto de aforo en el **sistema UTM, datum WGS84 (según la zona)**, que es el estándar utilizado por la plataforma digital del Proyecto Puna Resiliente y compatible con los mapas 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) del Perú.

Datos a registrar:

- **Este (X):** coordenada este en metros (6 dígitos)
- **Norte (Y):** coordenada norte en metros (7 dígitos)

- **Altitud:** en metros sobre el nivel del mar (msnm)
- **Zona UTM:** indicar la zona (ej.: 18S, 19S)

Ejemplo:

- Este: 654,320 m
- Norte: 8,432,150 m
- Altitud: 4,320 msnm
- Zona: 18S

***Nota importante:** Las coordenadas solo necesitan tomarse en la primera medición en ese punto, ya que el punto de aforo es permanente. En mediciones posteriores, verificar que el punto de medición corresponde exactamente al hito marcado (estacas) y solo anotar las coordenadas si hay alguna duda sobre la ubicación.*

- **Fecha y Hora**
 - **Fecha:** anotar en formato día/mes/año (ej.: 15/03/2024). Nunca usar solo el número del día sin el mes y el año.
 - **Hora de inicio:** la hora en que se instala la soga y comienza la medición.
 - **Hora de fin:** la hora en que se retira la soga y se da por concluido el aforo.

***Por qué registrar la hora:** El caudal de un río puede variar significativamente durante el día, especialmente en ríos con deshielo glaciar donde los caudales tienden a ser más bajos en la madrugada y más altos por la tarde. Para que los datos sean comparables entre fechas, se recomienda realizar siempre los aforos a la **misma hora del día**, preferentemente entre las **8:00 y las 11:00 horas de la mañana**, cuando el régimen hídrico es más estable.*

- **Responsable CMC, Facilitador/a OSC y/o Especialista de Campo.**

Anotar los **nombres completos** (apellido y nombre) de:

1. El o los miembros del Comité Local que operaron el correntómetro y registraron los datos.
2. El o la facilitadora de la OSC que acompañó el aforo.

Según la guía de monitoreo comunitario del Proyecto Puna Resiliente (Recharte, 2024), las personas responsables de tomar datos con el correntómetro deben ser **siempre las mismas** en todos los aforos del mismo punto, para reducir el sesgo de medición asociado a diferencias en la técnica de cada operador.

- **Condición del Tiempo**

Marcar con una **X** la casilla que corresponda al estado del tiempo al momento del aforo:

- **Soleado:** sin nubes o con nubes dispersas, sin amenaza de lluvia
- **Nublado:** cielo cubierto, pero sin lluvia
- **Lluvia:** llovizna o lluvia ligera al momento del aforo

***Importante:** Si hay lluvia intensa o el río está turbio o crecido por lluvias recientes, el protocolo de seguridad indica **no realizar el aforo** y reprogramar la salida. Los datos tomados en condiciones de río crecido no son representativos del caudal base y pueden ser peligrosos para los aforadores.*

- **Ancho Total del Río (W)**

Registrar el ancho total del río en metros, medido con la wincha a lo largo de la soga instalada perpendicularmente al flujo, desde la orilla seca izquierda hasta la orilla seca derecha.

Ejemplo: $W = 3.00 \text{ m}$

- **Número de Verticales y Distancia entre Verticales (w)**
- **N° de verticales:** el número total de verticales elegido según la tabla ISO 748 (ver Paso 2).
- **Distancia entre verticales (w):** el resultado de dividir W entre el número de verticales.

Ejemplo: Si $W = 3.00 \text{ m}$ y se eligieron 10 verticales $\rightarrow w = 3.00 / 10 = 0.30 \text{ m}$

Tipo de Correntómetro

Anotar el **modelo y número de serie** del correntómetro utilizado. Esta información es esencial para aplicar correctamente la **ecuación de calibración** del instrumento en el procesamiento de gabinete.

Ejemplo: OTT C-31, Serie N° 246861, Hélice N° 12252-1

***Nota:** El Manual de Hidrometría del SENAMHI (Arboleda et al., 2018) establece que los aforos con correntómetro deben consignar obligatoriamente la serie del correntómetro y las ecuaciones de calibración del tipo de hélice utilizado, ya que cada instrumento tiene su propia curva de calibración específica. Usar la ecuación incorrecta produce errores sistemáticos en todos los cálculos de velocidad.*

iv. Llenado del Bloque B - de Datos por Vertical

Este bloque se llena **durante el aforo**, vertical por vertical, conforme se avanza a lo largo de la soga desde la orilla izquierda hacia la orilla derecha (mirando en dirección del flujo).

- **Descripción de Cada Columna**

Columna 1: V° (Número de vertical)

Número correlativo de cada vertical, comenzando desde **1** (primer vertical desde la orilla izquierda) hasta el número total de verticales elegido. La vertical de la orilla izquierda puede registrarse como "**OI**" (Orilla Izquierda) y la de la orilla derecha como "**OD**" (Orilla Derecha), ya que en ambos casos la profundidad es cero y no se mide velocidad.

Columna 2: Dist (m) — Distancia acumulada desde la orilla izquierda

Distancia en metros desde la orilla izquierda hasta la vertical en cuestión, medida a lo largo de la soga.

Cómo calcularla: Para verticales equidistantes, la distancia de cada vertical es un múltiplo de w .

Ejemplo con $W = 3.00$ m y 10 verticales ($w = 0.30$ m):

Cuadro 2. Ejemplo de llenado de distancias acumuladas

V°	Dist (m)
OI	0.00
1	0.30
2	0.60
3	0.90
4	1.20
5	1.50
6	1.80
7	2.10
8	2.40
9	2.70
OD	3.00

Fuente: Elaboración propia.

Columna 3: Prof. (p) m — Profundidad en metros

Profundidad del agua en esa vertical, medida con la wincha metálica introducida verticalmente hasta el fondo del río.

Cómo anotarla:

- Registrar con **dos decimales** (ej.: 0.45 m, no "45 cm" ni "0.4 m").
- En las orillas (OI y OD) la profundidad es **0.00 m**.
- Si en alguna vertical el fondo es inestable o hay vegetación que impide la medición correcta, registrar una nota en "Observaciones".

Columnas 4 y 5: — Velocidades medidas

Velocidades registradas en cada vertical con el correntómetro, expresadas en metros por segundo:

Caso A — Profundidad mayor a 60 cm (método de dos puntos):

- Velocidad medida a una profundidad equivalente al 20% de p , contada desde la superficie libre del agua.

- Velocidad medida a una profundidad equivalente al 80% de p , contada desde la superficie libre del agua.

Ejemplo: Si $p = 0.85$ m:

- Posición = $0.20 \times 0.85 = \mathbf{0.17\ m}$ desde la superficie
- Posición = $0.80 \times 0.85 = \mathbf{0.68\ m}$ desde la superficie

Caso B — Profundidad igual o menor a 60 cm (método de un punto):

- Solo se llena la columna **V 0.2p** con la velocidad medida a 0.6 desde la superficie.
- La columna **V 0.8p** se deja con un guion "—".
- Se coloca un asterisco (*) para recordar que se usó el método de un punto.

***Cómo se obtiene el valor de velocidad del correntómetro:** Si se usa un molinete de hélice tipo OTT C-31, el operador cuenta el número de revoluciones de la hélice durante el tiempo establecido (mínimo 40 a 70 segundos, según el Manual SENAMHI). Ese número de revoluciones por unidad de tiempo (N) se introduce en la **ecuación de calibración del instrumento** para obtener la velocidad en m/s. Esta ecuación tiene la forma general: $V = a \times N + b$, donde los coeficientes " a " y " b " son específicos para cada hélice y se encuentran en la tarjeta de calibración del equipo.*

Columna 6: V media (m/s) — Velocidad media en la vertical

Velocidad media calculada en campo a partir de las lecturas anteriores:

- Método de dos puntos ($p > 60$ cm):
- Método de un punto ($p \leq 60$ cm):

Este cálculo puede hacerse en campo directamente al lado de la ficha, y luego anotarse en la columna. No es necesario esperar al gabinete para obtener la velocidad media de cada vertical. De hecho, hacerlo en campo permite detectar datos atípicos (valores inusualmente altos o bajos) antes de abandonar el sitio.

Columna 7: Área segmento (m^2)

Esta columna puede completarse **parcialmente en campo o totalmente en gabinete**.

Si el tiempo en campo lo permite y el CMC tiene suficiente práctica, completar esta columna en campo tiene la ventaja de permitir una **verificación rápida de consistencia** antes de terminar el aforo.

Columna 8: Caudal parcial $q = a \times v$ (m^3/s)

Producto del área del segmento por la velocidad media del segmento. Esta columna generalmente se completa **en gabinete**, aunque puede iniciarse en campo si hay tiempo.

v. Fila de Totales

Al concluir todas las verticales, se suman los caudales parciales de cada segmento para obtener el **caudal total**:

Este valor se registra en dos unidades:

- En **m³/s** (con cuatro decimales mínimo, ej.: 0.3566 m³/s)
- En **l/s** (multiplicar por 1,000; ej.: 356.6 l/s)

vi. Sección de Observaciones

Esta sección es tan importante como los datos numéricos. Aquí se registran todas las condiciones del entorno que puedan influir en la interpretación de los datos o que deban tenerse en cuenta en el próximo aforo:

Cuadro 3. ¿Qué debe anotarse en Observaciones?

TIPO DE OBSERVACIÓN	EJEMPLO DE NOTA
Condición del agua	"Agua con leve turbidez por lluvia de anoche aguas arriba"
Vegetación o sedimentos	"Vertical 7: presencia de algas en el fondo; profundidad estimada"
Problemas técnicos	"Correntómetro se detuvo en V5; se repitió la medición"
Condiciones de caudal inusuales	"Caudal notablemente bajo; ganaderos indican que desviaron agua para riego en tramo superior"
Cambios en la sección desde el último aforo	"Se observa erosión de la orilla derecha; el ancho aumentó 0.20 m respecto a medición anterior"
Conocimiento local relevante	"Comunera Lucila Mamani indica que el río está más bajo que el año pasado en la misma fecha"

Fuente: Elaboración propia.

vii. Registro de la Fotografía Repetida

Al finalizar el aforo, tomar la **fotografía de la sección** desde el **mismo punto de observación** que en todas las mediciones anteriores, con la misma orientación y encuadre. Esto garantiza la comparabilidad visual a lo largo del tiempo.

Datos a registrar en la ficha:

- **¿Se tomó fotografía?** Marcar Sí o No.
- **Nombre del archivo:** el nombre con que se guardó la foto en el dispositivo (ej.: *BFA-RIO-01_20240315_0915.jpg*), usando el formato: [Código del punto]_[Fecha]_[Hora].

Convención de nombres de archivos: Establecer desde el inicio del monitoreo un sistema consistente de nombres de archivo para las fotografías facilita enormemente la organización del archivo fotográfico y permite encontrar cualquier imagen rápidamente al hacer comparaciones entre años.

viii. Procedimiento de Cierre del Registro de Campo

Una vez completada la ficha, antes de retirarse del sitio de aforo, el miembro del CMC responsable del registro debe:

1. **Revisar que todas las casillas estén completas:** no dejar ningún espacio en blanco sin justificación.
2. **Verificar la coherencia de los datos:** los valores de profundidad deben mostrar un perfil razonablemente suavizado (sin saltos bruscos entre verticales adyacentes, salvo que el fondo del río lo justifique); las velocidades deben ser mayores en la parte central del río y menores en las orillas.
3. **Firmar la ficha:** el responsable del CMC y el facilitador/a de la OSC deben firmar la ficha en señal de conformidad con los datos registrados.
4. **Tomar una fotografía de la ficha completa:** como respaldo digital inmediato, antes de guardarla en la libreta de campo.
5. **Guardar la ficha en un lugar protegido** de la humedad durante el retorno al local comunal.

FASE 3: CÁLCULO DEL CAUDAL EN GABINETE

Una vez en el local comunal o la oficina de la OSC, se procesan los datos de campo. Este momento es tan importante como la medición misma: un error de cálculo puede llevar a decisiones equivocadas sobre el uso del agua. Por eso se recomienda que el facilitador/a de la OSC acompañe al Comité Local en las primeras sesiones de gabinete hasta que el procedimiento sea dominado con seguridad.

El procedimiento usa el **Método de la Sección Media** (*mid-section method*), que es uno de los dos métodos aritméticos estándares reconocidos por el SENAMHI para el cálculo de caudales a partir de datos de campo con correntómetro. El otro método, denominado **Método de la Semi-Sección**, produce resultados muy similares para secciones regulares. Ambos están basados en el principio fundamental de que el caudal es el producto de la velocidad media por el área de cada segmento de la sección transversal.

a. Fundamento Matemático del Método

El caudal total de un río / riachuelo se obtiene como la **sumatoria de los caudales parciales** de cada segmento en que se dividió la sección transversal. Cada segmento está delimitado por dos verticales consecutivas. Para cada segmento se calculan dos valores: su **área** (determinada por la profundidad y el ancho) y su **velocidad media** (promedio de las velocidades medidas en los dos verticales que lo delimitan).

b. Procedimiento Paso a Paso

PASO 1: Calcular el Área de Cada Segmento

El área de cada segmento se obtiene como el **área de un trapecio** formado por las dos profundidades en las verticales que lo delimitan y la distancia horizontal.

Por qué se usa el promedio de las dos profundidades: porque en la naturaleza el fondo del río no es plano entre dos verticales, sino que varía de forma continua. El promedio de las dos profundidades es una buena aproximación de la profundidad media real del segmento, asumiendo una variación lineal del fondo.

PASO 2: Calcular la Velocidad Media de Cada Segmento

La velocidad media de cada segmento se obtiene como el **promedio de las velocidades medias** registradas en los dos verticales que lo delimitan

PASO 3: Calcular el Caudal Parcial de Cada Segmento

El caudal parcial de cada segmento es el **producto del área por la velocidad media del segmento**.

Atención con las unidades: El producto de $m^2 \times m/s$ da m^3/s . Para convertir a l/s, multiplicar por 1,000. Siempre verificar que las unidades sean consistentes antes de sumar.

PASO 4: Sumar Todos los Caudales Parciales

El caudal total del río es la **suma de todos los caudales parciales** de cada segmento:

Nota importante sobre los segmentos extremos: Los segmentos más próximos a cada orilla (donde la profundidad es cero o muy pequeña) suelen contribuir muy poco al caudal total. Sin embargo, deben incluirse en el cálculo para no subestimar el caudal total. Si la profundidad en la primera o última vertical es exactamente cero (orilla seca), el caudal de ese segmento será cero.

PASO 5: Convertir Unidades

Para la conversión se debe tomar en referencia la siguiente formula:

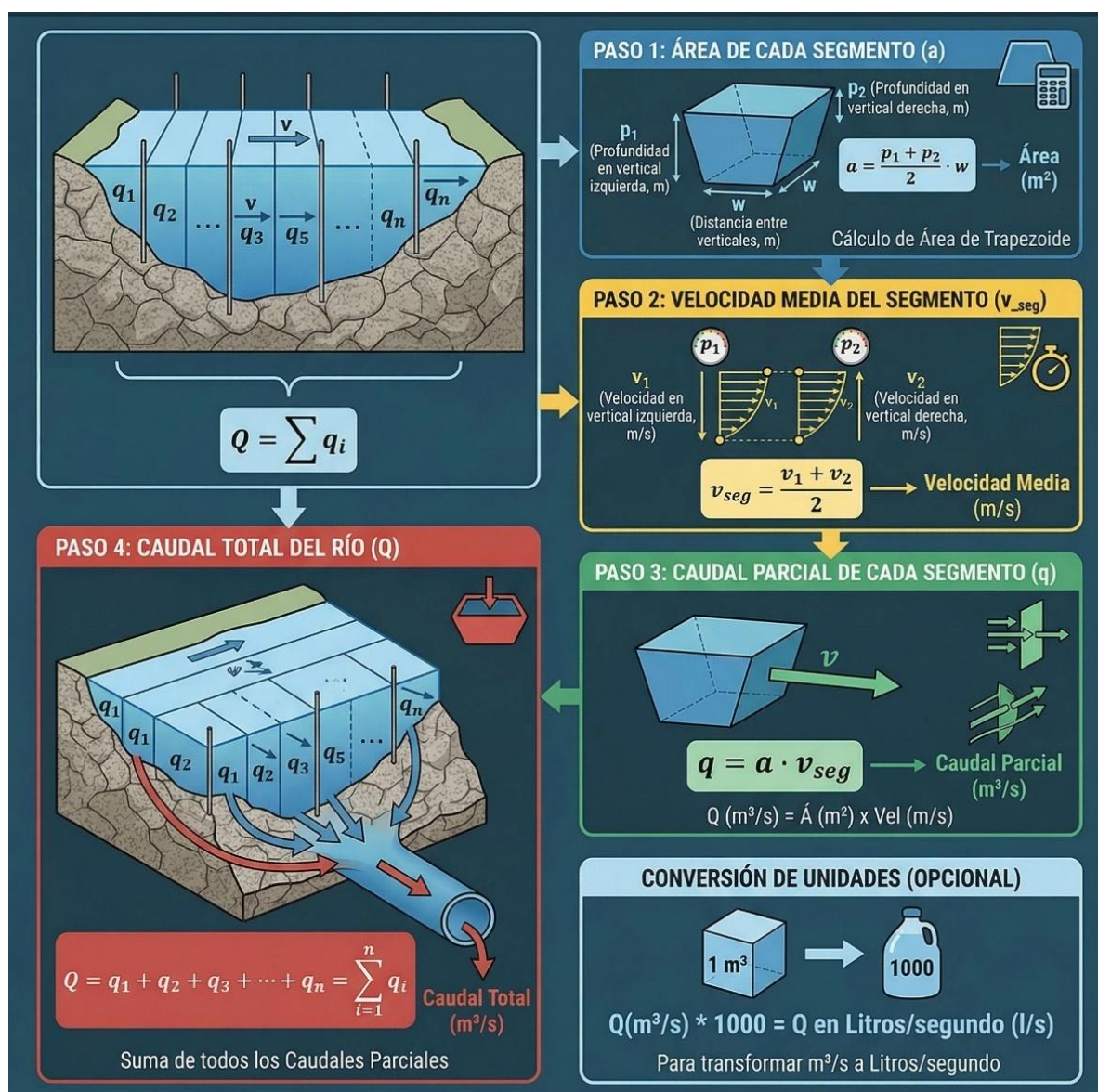
$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times 1,000 = Q \text{ (litros/segundo)} \quad Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times 1,000 = Q \text{ (litros/segundo)}$$

Cuadro 4. Referencia práctica para el CMC:

Caudal en m³/s	Equivale en l/s	Referencia visual
0.001 m³/s	1 l/s	1 botella de litro por segundo
0.010 m³/s	10 l/s	10 botellas por segundo
0.100 m³/s	100 l/s	100 botellas por segundo
0.357 m³/s	357 l/s	357 botellas por segundo
1.000 m³/s	1,000 l/s	1,000 botellas por segundo

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14. Detalle de los pasos y cálculos para el caudal.



Fuente: Elaboración propia / Editor: Nano banana 2.

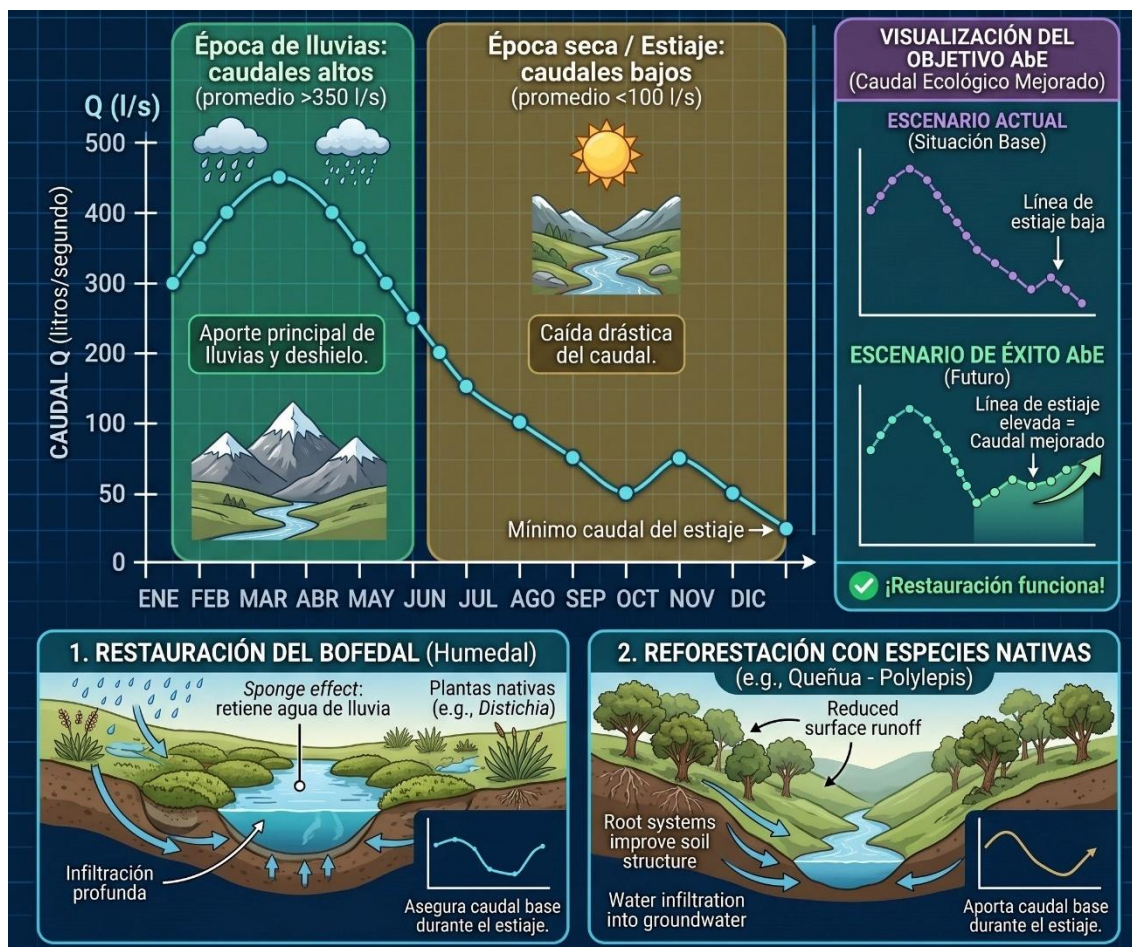
FASE 4: REGISTRO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

i. Tabla de Seguimiento Temporal del Caudal

Una vez obtenido el dato de caudal, el trabajo no termina. El valor en sí mismo no dice mucho: lo que importa es la tendencia a lo largo del tiempo y la comparación entre épocas del año y entre años. Esta fase convierte los datos crudos en información útil para la toma de decisiones comunitaria.

Cada dato de caudal debe registrarse en una tabla histórica que permita observar la evolución del caudal del río a lo largo de los meses y los años. Esta tabla es el instrumento central del monitoreo de largo plazo (ver grafico):

Gráfico 15. Ejemplo de gráfico de variación mensual.



Fuente: Elaboración propia / Editor: Nano banana 2.

ii. Gráfico de Seguimiento Mensual del Caudal

Una vez completado el cálculo, se recomienda dibujar la sección transversal del río en papel cuadrulado. Este gráfico tiene dos funciones importantes:

Verificar la consistencia de los datos: Si el perfil de profundidades muestra variaciones abruptas e inverosímiles, puede indicar un error de medición en campo que debe revisarse.

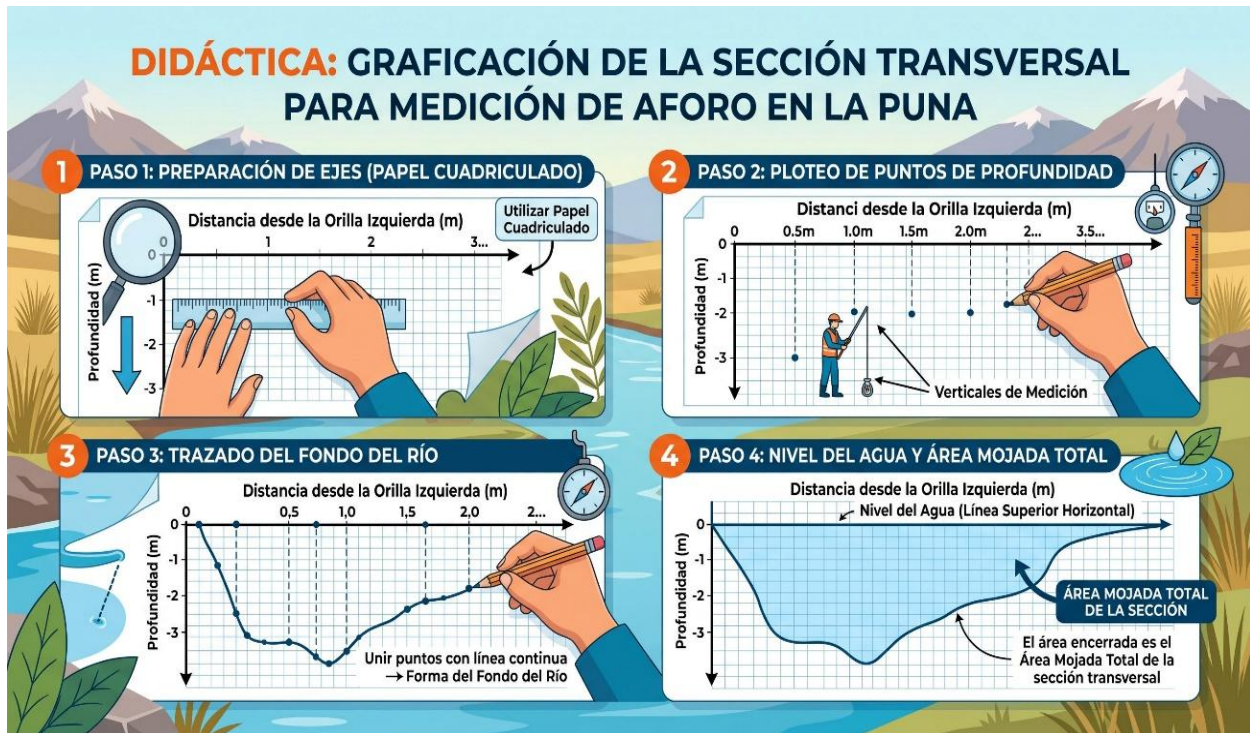
Documentar visualmente la sección: Permite comparar la forma de la sección en diferentes fechas y detectar cambios en el lecho del río (erosión, sedimentación) a lo largo del tiempo.

Cómo dibujar la sección en papel cuadrulado:

- En el eje horizontal, representar la distancia desde la orilla izquierda (en metros).
- En el eje vertical (invertido, hacia abajo), representar la profundidad (en metros).
- Marcar un punto por cada vertical con su profundidad correspondiente.
- Unir los puntos con una línea continua → esa es la forma del fondo del río.
- La línea superior (nivel del agua) es horizontal.

- El área encerrada entre la línea del fondo y la línea del agua es el área mojada total de la sección.

Gráfico 16. Delimitación y graficación transversal de la medición de aforo.



Fuente: Elaboración propia / Editor: Nano banana 2.

III. BIBLIOGRAFIA

1.1. Documentos Institucionales y Manuales Técnicos

- **Arboleda, J., Felipe, O., y Yerrén, J. — DHI/SPH. (2018).** Manual de Hidrometría (Documento Técnico N° 001-SENAMHI-DHI-2018). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Dirección de Hidrología (DHI), Subdirección de Predicción Hidrológica (SPH).
- **GIZ – Proyecto Puna Resiliente. (2024).** Propuesta de financiación del Fondo Verde para el Clima v.3.0: Proyecto Puna Resiliente — Adaptación Basada en Ecosistemas para comunidades y paisajes sostenibles en la región altoandina del Perú. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) / PROFONANPE.
- **Narváez, L. (2025).** Medición de caudales en ríos y canales: métodos de campo y cálculo en gabinete.
- **Recharte, J. (2024, 28 de febrero).** Cuaderno 1: Guía de Monitoreo Comunitario (Producto 4, Subactividad 1.2.2.1). Proyecto Puna Resiliente / PROFONANPE / Instituto de Montaña.
- **Recharte, J. (2024, 28 de febrero).** Cuaderno 2: Menú de Indicadores, Protocolos y Equipos de Monitoreo (Producto 2.1.D, Subactividad 1.2.2.1). Proyecto Puna Resiliente / PROFONANPE / Instituto de Montaña.
- **Recharte, J. (2024, 28 de febrero).** Cuaderno 3: Orientación del facilitador del Monitoreo Comunitario (Producto 4.1, Subactividad 1.2.2.1). Proyecto Puna Resiliente / PROFONANPE / Instituto de Montaña.
- **SENAMHI. (2001).** Régimen hidrológico de los ríos de la vertiente del Pacífico y sistema del Titicaca. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

1.2. Normas Técnicas Internacionales

- International Organization for Standardization. (1995). ISO 3454: Hydrometry — Direct depth sounding and suspension equipment. ISO.
- International Organization for Standardization. (1995). ISO 4373: Measurement of liquid flow in open channels — Water-level measuring devices. ISO.
- International Organization for Standardization. (1996). ISO 1100-1: Measurement of liquid flow in open channels — Part 1: Establishment and operation of a gauging station. ISO.
- International Organization for Standardization. (1997). ISO 748: Measurement of liquid flow in open channels — Velocity-area methods. ISO.
- International Organization for Standardization. (1998). ISO 1100-2: Measurement of liquid flow in open channels — Part 2: Determination of the stage-discharge relation. ISO.

1.3. Guías y Manuales de Organismos Internacionales

- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (1994). Guía de prácticas hidrológicas (N° 168, 5.ª ed.). OMM.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2010). Manual on Stream Gauging: Vol. I — Fieldwork. OMM.

- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2010). Manual on Stream Gauging: Vol. II — Computation of Discharge. OMM.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). Guía de prácticas hidrológicas: Vol. I — Hidrología: de la medición a la información hidrológica (6.^a ed.). OMM.



Octubre, 2026