



PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL



PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANALES NATURALES

PTS-084-GHSOP/06

ELABORADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

Camila Zúñiga

Líder de Reportabilidad Ambiental

Edwin Guzmán

Superintendente RAYSH

Corrado Tore

Gerente GHS

Gonzalo Puga

Jefe de Operaciones I&C

Helio Hernández

Superintendente de Operaciones GHS

Cristian Martínez

Supervisor de Terreno

Jorge Olivares

Supervisor de Terreno



PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL

Versión: 06

Página
2 de 10

1. MARCO GENERAL

OBJETIVO

El objetivo de este instructivo es definir los pasos a seguir para realizar la medición de velocidad de flujos superficiales en estaciones de aforo definidas para el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) y otros aforos complementarios.

ALCANCE

Este procedimiento será utilizado en todos los aforos realizados por SQM comprendidos en la cuenca del Salar de Atacama.

RESPONSABILIDADES

El personal responsable de ejecutar este procedimiento debe estar debidamente instruido y capacitado de las actividades y evaluar constantemente los EPP necesarios para la ejecución correcta y segura del procedimiento. Para ello todo trabajador deberá acreditar lo antes expuesto en la hoja de control de riesgos (HCR) y análisis de riesgo del trabajo (ART) antes del inicio de la tarea

Responsable	Responsabilidades
Gerente	<ul style="list-style-type: none">Responsables de velar por el cumplimiento y aplicación del programa anual de <i>Housekeeping</i> a sus áreas de trabajo.
Superintendentes	<ul style="list-style-type: none">Responsables de velar por el cumplimiento y aplicación del programa anual de <i>Housekeeping</i> a sus áreas de trabajo.
Jefe de Operaciones	<ul style="list-style-type: none">Instruir a los monitores acerca de la manera correcta de realizar los distintos aforos realizados por la GHS.Velar por la correcta ejecución del presente procedimiento.Instruir a los monitores acerca de la manera correcta de realizar los distintos aforos realizados por la GHS.Asesora al monitor frente a cualquier contingencia que se presente.Proponer mejoras al presente procedimiento.Toma de decisiones en terreno al momento de realizar aforos.
Supervisor de Terreno	<ul style="list-style-type: none">Instruir a los monitores sobre las labores descritas en este procedimiento.Asistir en lo posible a los distintos cauces a aforar mensualmente con el monitor designado.Exigir el uso de vestimenta y EPP necesarios para realizar el trabajo sin riesgos para la salud de los monitores.
Monitor	<ul style="list-style-type: none">Ejecutar correctamente la secuencia de actividades descrita en este procedimiento.Verificar el estado de sus implementos de seguridad, de los equipos y materiales a utilizar antes de comenzar los trabajos. Deberá informar al Supervisor cualquier irregularidad que se presente.Acatar las instrucciones dadas por su Supervisor que emanen del presente Procedimiento.No efectuar maniobras de riesgos que atenten contra su integridad física, la de otras personas.Evitar pérdida/mal uso de materiales o equipos utilizados en estos muestreos.No actuar por sí solo, si tiene dudas ante alguna instrucción generada por la jefatura, consultar para aclarar.Informar todo lo que considere pueda afectar el normal desarrollo de la actividad.Mantener la limpieza de los equipos y materiales utilizados en el muestreo fisicoquímicos.Confección de <i>Check List</i> de equipos además de verificaciones si fuese necesario

CÓDIGO: PTS-084-GHSOP

FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025

FECHA REVISIÓN: Agosto 2025

Investigación y Control



ORIGINAL



PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL

Versión: 06

Página
3 de 10

2. ASPECTOS Y/O CONSIDERACIONES

AMBIENTALES

Aplica

Para el presente documento, no se han identificado aspectos ambientales ni posibles impactos hacia el medio ambiente (positivos y/o negativos) a modo tal que, no aplica evaluar significancia y determinar medidas de control de estos.

SI

NO

x

ENERGÉTICO

Aplica

Para la ejecución de las tareas del presente procedimiento, se ha confirmado que no poseen actividades que impacten de manera significativa en el desempeño energético de faena.

Por consiguiente, para el presente estándar MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL no aplican medidas de aspectos energéticos

SI

NO

x

3. RECURSOS

Antes de trasladar los equipos y/o herramientas, se deberá verificar que estos se encuentren en correcto funcionamiento

Equipos

Herramientas

1. Camioneta
2. GPS/TABLET, GOOGLE EARTH o similar
3. Teléfono Satelital
4. Equipo para medir velocidad de flujo
5. Flexómetro
6. Planilla de terreno
7. Elementos para limpieza de equipos, toalla de papel, paños
8. Bidón y piseta con Agua destilada/industrial.
9. Botas, traje de agua

4. RIESGOS PRINCIPALES: (Pictogramas):

			
Caída al mismo nivel	Caída a distinto nivel	Resbalar	Tropiezo
			
Exposición a Radiación UV			

CÓDIGO: PTS-084-GHSOP

FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025

FECHA REVISIÓN: Agosto 2025

Investigación y Control



ORIGINAL

5. EPP REQUERIDO: (Pictogramas):

			
	Lentes Seguridad Oscuros	Guantes de Seguridad	
			
Zapato de Seguridad	Bloqueador Solar	Botas de Agua	Ropa

6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Dada la variabilidad del fondo en canales naturales, para calcular el caudal se debe aplicar la metodología **área-velocidad**, la cual consiste en subdividir el canal en varias secciones con el fin de obtener velocidades y áreas representativas de cada tramo. Este enfoque busca evitar la sobreestimación o subestimación del caudal real del canal. La suma de los caudales calculados en cada una de las secciones corresponde al caudal total.

En el caso de que la medición de caudal se realice con una entidad técnica fiscalizadora ambiental (ETFA), la selección del lugar a aforar y número de secciones serán definidas por la ETFA las cuales cuentan con procedimientos acreditados por la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) y organismos acreditadores.

En esta sección se abordará la definición de secciones y la medición de velocidades. El cálculo del caudal total queda fuera del alcance de este procedimiento.

A continuación, se describen las actividades a seguir para la medición de velocidad en flujo de canal natural aplicando la metodología área – velocidad.

Selección del lugar a aforar

El primer paso para medir la velocidad de flujo es seleccionar correctamente el sitio de medición. Para ello, se deben considerar los criterios establecidos en la norma ISO 748 (2021). Para medición de aforos en Salar de Atacama se destacan los siguientes requisitos:

- Canal recto y uniforme:** El tramo debe ser recto, de sección transversal y pendiente uniformes. Se recomienda una longitud recta de al menos seis veces el ancho del canal aguas arriba y tres veces aguas abajo.
- Flujo paralelo y perpendicular:** Las direcciones de flujo deben ser paralelas entre sí y perpendiculares a la sección de medición.
- Lecho y márgenes estables:** El canal debe tener fondo y bordes bien definidos y estables en todas las condiciones de flujo.
- Condiciones constantes durante la medición:** No debe haber cambios significativos en el régimen de flujo durante la toma de datos.
- Ausencia de turbulencias:** Evitar zonas con remolinos, contracorrientes o aguas muertas.
- Visibilidad y accesibilidad:** El tramo debe estar libre de obstrucciones (vegetación, estructuras) y ser completamente visible.
- Evitar flujos convergentes o divergentes:** Para asegurar que el perfil de velocidades sea representativo.

CÓDIGO: PTS-084-GHSOP	FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025	<i>Investigación y Control</i>
	FECHA REVISIÓN: Agosto 2025	





PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL

Versión: 06

Página
5 de 10

Una vez definida la sección, se debe anotar en la planilla de terreno (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) el nombre del punto de aforo, fecha, hora, números de serie de los equipos y accesorios a utilizar, y en la sección de observaciones, se debe anotar la distancia del lugar de medición con respecto a coordenadas declaradas en instrumentos ambientales o estacas instaladas en la sección de observaciones (en caso de que aplique). A modo de ejemplo, en la Figura 1 se muestra una planilla de terreno con la información requerida por punto de monitoreo y en que sección se deben detallar los números de serie (SD) de los equipos.

Punto de Medición: PUNTO DE AFORO 1		Fecha y Hora: 20-05-2025 11:40		MONITOR: Nombre Monitor	
Check List:	Si	No	Flujómetro con hélice		Flujómetro electromagnético
Revisión estado físico del flujómetro	X		N° hélice (1 o 2)		SN datalogger SN -1234
Revisión estado físico del flexómetro y huincha	X		SN hélice		SN Sensor SN - 4567
Verificar encendido y operación del flujómetro	X		SN datalogger		Lenticular o cilíndrico Lenticular

Figura 1: Información del punto de aforo y equipos en la planilla de terreno.

Caracterización de la morfología del canal

Para caracterizar la morfología del canal se deben identificar los siguientes parámetros:

- Ancho total de la sección a aforar:** Corresponde a la distancia horizontal entre dos puntos de referencia fijos. Esta actividad involucra la participación de 2 monitores, el monitor que ingresa al río debe ubicar la cinta en las estacas o punto de referencia seleccionado, y el monitor fuera del agua debe fijar el otro extremo y medir el ancho del aforo, para luego registrarlo en la planilla de terreno.
- Definir el número de secciones:** El número de secciones depende del ancho del canal y se definen en la Tabla 1.

Tabla 1: Número de secciones de acuerdo con el ancho de un canal natural.

Ancho del aforo	N° de secciones
0 cm < ancho ≤ 100 cm	3
100 cm < ancho ≤ 250 cm	5
ancho > 250 cm	10

Nota: el número de secciones podría variar en función del criterio que aplique personal de ETFA en algún caso puntual o específico

- Dimensiones de las secciones:** Se debe registrar el ancho y altura, tanto en los extremos como en el centro de cada segmento.
A modo de ejemplo en la Figura 2 se presenta un diagrama que representa la forma de un canal a aforar con las dimensiones claves a considerar y en la Figura 3 se muestra cómo deben ser rellenados estos valores en la planilla.

CÓDIGO: **PTS-084-GHSOP**

FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025

FECHA REVISIÓN: Agosto 2025

Investigación y Control



ORIGINAL

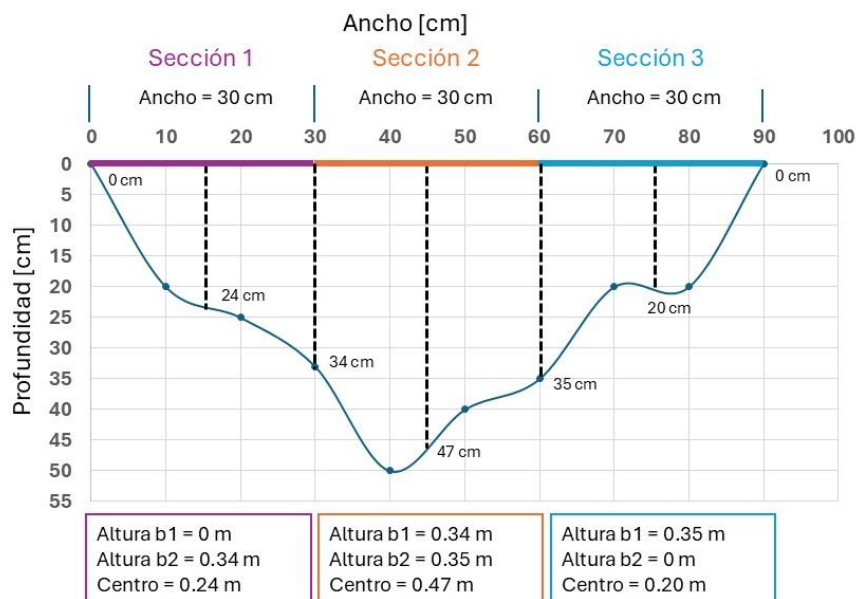


Figura 2: Diagrama de una sección de aforo.

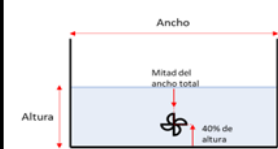
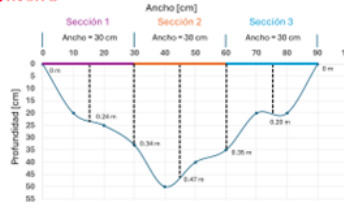
Punto de Medición: PUNTO DE AFORO 1				Fecha y Hora: 20-05-2025 11:40				MONITOR: Nombre Monitor			
Check List:				Flujómetro con hélice				Flujómetro electromagnético			
Revisión estado físico del flujómetro				X				N° hélice (1 o 2)			
Revisión estado físico del flexómetro y huincha				X				SN hélice			
Verificar encendido y operación del flujómetro				X				SN datalogger			
								SN Sensor			
								Lenticular o cilíndrico			
								SN - 1234			
								SN - 4567			
								Lenticular			
RECORDATORIO: Para definir el n° de secciones considerar: 3 secciones para ancho < 1 m, 5 secciones para canales entre 1 y 2.5 metros y 10 secciones para canales de más de 2.5 metros. El flujómetro con hélice (molinete) solo puede utilizarse en canales con una altura mayor a 4 cm, para alturas menores usar flujómetro electromagnético.											
Ancho Total del Canal [m]				0.9				Diagrama referencial para la ubicación del sensor			
Número de sección	Altura de sección (m)	Altura ubicación flujómetro (m)	Ancho de la sección (m)	Velocidad (m/s) / Tiempo (s)							
	b1	b2	centro	1	2	3	4	5			
1	0	0.34	0.24	0.3							
2	0.34	0.35	0.47	0.3							
3	0.35	0	0.2	0.3							
Diagrama de sección: SE UTILIZAN LAS MISMAS SECCIONES Y PROFUNDIDADES QUE DEFINIÓ ETFA IN SITU				Observaciones: Medición en la coordenada declarada.							
											

Figura 3: Ejemplo de registro de información en planilla de terreno.

CÓDIGO: **PTS-084-GHSOP**

FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025

FECHA REVISIÓN: Agosto 2025

Investigación y Control



ORIGINAL



PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL

Versión: 06

Página
7 de 10

Medición de velocidad de flujo

En esta sección se abordarán los criterios que debe considerar al momento de medir la velocidad de flujo de acuerdo con el instrumento a utilizar, el modo de uso de cada equipo queda fuera del alcance de este instructivo y para ello debe consultar al equipo de instrumentación o al manual del fabricante.

- Se deben realizar 5 mediciones de velocidad en cada sección.
- El flujómetro con hélice puede utilizarse en causes o secciones con alturas superiores a 4 cm. En secciones donde la altura sea **inferior a 4 cm**, se debe utilizar el flujómetro electromagnético.

Los flujómetros deben se debe sumergir hasta el 40% de la altura de la sección medida desde el fondo, tal como se presenta en la Figura 4.

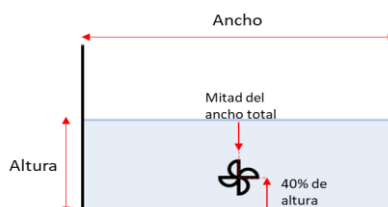



Figura 4: Ubicación del flujómetro durante la medición de velocidad.

Finalmente, todas las mediciones deberán ser registradas en la planilla de terreno, en la sección Velocidad (m/s) / Tiempo (s).

Nota: en caso de duda o que se presente una situación puntual que no esté definida en este procedimiento, el monitor debe comunicarse con Supervisión y/o área de Reportabilidad Ambiental para tomar una decisión.

Identificación de peligros y Riesgos			
Peligros		Riesgos	
<ul style="list-style-type: none">- Radiación solar- Tránsito por superficie en malas condiciones o adversa por geografía del lugar- Ráfagas de viento- Postura corporal inadecuada para traslado manual de equipos y materiales- Mal manejo u operación del equipo		<ul style="list-style-type: none">- Exposición a radiación solar- Golpeado contra objetos, estructura o equipos, Caídas al mismo nivel, hundimientos- Exposición a polvo en suspensión. Contacto con partículas proyectadas- Caídas al mismo nivel, Sobreesfuerzo.- Golpeador por herramienta, dispositivos y accesorios, Daños al equipo- Sobresfuerzo, Caída mismo Nivel	
Responsable Ejecución Control		Controles Operacionales Críticos de la Tarea	
R.Sup.	R.Gral		
	X	<ul style="list-style-type: none">• Uso protector solar• Uso ropa adecuada (polera manga larga)• Consumir abundante agua• Uso capucha• No exceder tiempo de exposición a radiación de no ser necesario.• Aplicar Guía Técnica de Radiación UV de origen solar MINSAL	
	X	<ul style="list-style-type: none">• Personal debe estar atento a condiciones del terreno. Debe mantener vista en camino• Advertir anomalías del terreno.• Ejecución HCR y ART	
	X	<ul style="list-style-type: none">• Uso de EPP adecuados (ropa y lentes de seguridad).• Transitar de manera lenta y atenta ante esta condición adversa.• En caso de que el viento no permita transitar a pie, se debe informar a jefatura y retirar del área.	

CÓDIGO: PTS-084-GHSOP	FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025	Investigación y Control	
	FECHA REVISIÓN: Agosto 2025		



ORIGINAL



PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL

Versión: 06

Página
8 de 10

X	X	<ul style="list-style-type: none">Ejecutar HCR-ART. Protocolo MINSAL Manejo manual de carga.Contar ayuda para trasladar equipos que superen los 25Kg.Advertir peso excesivo de carga, conocer los pesos de los equipos.Mantener comunicación con compañeros de trabajos al maniobrar equipos y/o materiales.
X	X	<ul style="list-style-type: none">Uso de equipo solo personal autorizado.Advertir manejo inadecuado equipo
	X	<ul style="list-style-type: none">Posicionar correctamente al levantar y agachar al tomar muestra (flectando las rodillas). Corregir postura.Protocolo MINSAL TMERT-ES (Pausas de Trabajo)

7. REGISTROS

Anexo 1: Planilla de terreno.

SGI-PTS.GHSOP/084/04 - Anexo 1: Planilla de terreno aforos

Punto de Medición:				Fecha y Hora:				MONITOR:						
Check List:				Si	No	Flujometro con hélice				Flujómetro electromagnético				
Revisión estado físico del flujómetro						N° hélice (1 o 2)				SN datalogger				
Revisión estado físico del flexómetro y huincha						SN hélice				SN Sensor				
Verificar encendido y operación del flujometro						SN datalogger				Lenticular o cilíndrico				
RECORDATORIO: Para definir el n° de secciones considerar: 3 secciones para ancho < 1 m, 5 secciones para canales entre 1 y 2.5 metros y 10 secciones para canales de más de 2.5 metros. El flujometro con hélice (molinete) solo puede utilizarse en canales con una altura mayor a 4 cm, para alturas menores usar flujometro electromagnético.														
Ancho Total del Canal [m]										Diagrama referencial para la ubicación del sensor				
Número de sección	Altura de sección (m)			Altura ubicación flujometro (m)	Ancho de la sección (m)	Velocidad (m/s) / Tiempo (s)								
	b1	b2	centro			1	2	3	4	5				
Diagrama de sección: SE UTILIZAN LAS MISMAS SECCIONES Y PROFUNDIDADES QUE DEFINIÓ ETFA IN SITU										Observaciones:				

CÓDIGO: PTS-084-GHSOP

FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025

FECHA REVISIÓN: Agosto 2025

Investigación y Control



ORIGINAL



PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL

Versión: 06

Página
9 de 10

8. RAZÓN DE CAMBIO – DISTRIBUCIÓN

CONTROL DE CAMBIOS		
Fecha	Versión	Razón del cambio del documento
Mayo, 2022	01	Revisión y actualización de procedimiento.
Julio, 2022	02	Actualización formato certificación ISO 45001.
Octubre, 2023	03	Revisión y actualización de procedimiento.
Abril, 2024	04	Actualización anual, se agrega los puntos de aspectos y/o consideraciones Ambientales y Energético.
Noviembre, 2024	05	Revisión y actualización de procedimiento incluyendo mejoras de auditoría ambiental
Agosto, 2025	06	Revisión y actualización formato de procedimiento.

CÓDIGO: PTS-084-GHSOP

FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025

FECHA REVISIÓN: Agosto 2025

Investigación y Control



ORIGINAL



PROCEDIMIENTO

MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE FLUJO EN CANAL NATURAL

Versión: 06

Página
10 de 10

9. EVALUACION DEL CONOCIMIENTO ADQUIRIDO

TEST DE EVALUACIÓN PROCEDIMIENTOS E INSTRUCTIVOS.

Medición de flujo

Nombre : _____

RUT : _____ Fecha : _____

Empresa/Área : _____ Nota : _____

Marque con Una X si la Afirmación es Verdadera o Falsa.

Preguntas	Verdadero	Falso
En la medición de parámetros cuando no esté determinada el área a aforar, se debe buscar una sección regular y de flujo laminar.		
Medir la altura de agua en cada una de las estacas (h1, h2, h3, etc.). Tener en cuenta que en la medición se considerara el fondo fangoso del canal		
La velocidad se debe medir al menos 3 veces para el mismo punto, de modo que el intervalo de confianza entre los 3 datos sea mayor o igual al 95%, valor obtenido dividiendo el dato menor por el mayor.		
La limpieza de los componentes del equipo es vital para la vida útil de las piezas, por lo tanto, es obligación entregar el equipo en óptimas condiciones para un posterior uso.		
Como definición Caudal es: La cantidad de fluido que transita por una sección en un tiempo determinado, se expresa en unidad de volumen por unidad de tiempo.		

Nota: El porcentaje de aprobación es 100%. El Supervisor debe re-instruir al trabajador en aquellas afirmaciones que haya contestado en forma errónea.

CÓDIGO: PTS-084-GHSOP

FECHA APROBACIÓN: Agosto 2025

FECHA REVISIÓN: Agosto 2025

Investigación y Control



ORIGINAL