



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú - SENAMHI

DIRECCION REGIONAL DE LIMA

GUÍA DE HIDROMETRÍA

ESTIMACIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

ING. GLADYS IRIS CHAMORRO DE RODRÍGUEZ

Estimación del caudal por el Método de Flotadores



**SERVICIO NACIONAL
DE METEOROLOGÍA E
HIDROLOGÍA DEL PERÚ**

**Perú, Lima
2011**

SENAMHI / DR-LIMA N° 01 - 2011

Elaborado : Ing. Gladys Iris Chamorro de Rodríguez
Colaborador : Tec.e FAP. Jesús Cristobal Velásquez

INDICE

	Página
PRESENTACIÓN	4
ESTIMACIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DE FLOTADORES.....	5
PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO.....	8
FORMATO DE CONTROL DE DESCARGAS O CAUDALES.....	15
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	17

PRESENTACIÓN

Uno de los objetivos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, es "Lograr la evaluación cuantitativa y cualitativa de los recursos hídricos y determinar su potencial económicamente utilizable para diferentes usos sectoriales", para ello el SENAMHI cuenta con una red de estaciones hidrológicas y meteorológicas instaladas en cuencas hidrográficas representativas del Perú, lugar en que se obtiene información de las diferentes variables hidrológicas. Esta información es de gran importancia para los planificadores y decisores de la gestión de los recursos hídricos.

Con el fin de que los Observadores Hidrológicos que operan la red efectúen la toma de datos que garanticen su fiabilidad y continuidad de la información, es preciso estandarizar o normalizar los métodos de observaciones hidrológicas, con este propósito la Dirección Regional de Lima presenta La Guía de hidrometría N°01-2011 "Estimación del caudal por el Método de Flotadores".

La presente guía está basada en preguntas y respuestas que permitirá el conocimiento del método de flotadores y mediante un ejemplo práctico se encaminará al personal hidrológico a estimar el caudal de agua, sobre todo cuando no se cuenta con un correntómetro o porque en determinado periodo de avenidas es riesgoso para la integridad física del Observador Hidrológico. Para ello esta Dirección Regional ha visto por conveniente desarrollar el *Formato de Control de Descargas o Caudales-Método de Flotadores*, material que ha permitido en forma exitosa que los Observadores Hidrológicos de la jurisdicción de la Dirección Regional determinen o estimen el caudal en los diferentes ríos.

Esta Guía está basada en el Glosario Hidrológico Internacional de la UNESCO/OMM, Reglamento Técnico sobre Hidrología - OMM N° 49, Volumen III: Hidrología, Guía de Prácticas Hidrológicas - OMM N° 168 y experiencia del personal profesional y de observadores hidrológicos del SENAMHI.

Gladys Iris Chamorro de Rodríguez
Ing. Agríc. C.I.P 4127
Directora Regional de Lima
SENAMHI

ESTIMACIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

¿QUÉ ES EL AFORO DE CAUDALES?

Conjunto de operaciones para determinar el caudal en un curso de agua para un nivel observado.

¿QUÉ ES EL CAUDAL DE AGUA?

Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo.

¿QUÉ ES EL MÉTODO DE AFORO POR FLOTADORES?

El método de aforo por flotadores, es un método de campo, sencillo y rápido para estimar el caudal de agua que pasa en una sección transversal del río. Con este método se calcula las velocidades superficiales de la corriente de un canal o río, utilizando materiales sencillos (flotadores) que se puedan visualizar y cuya recuperación no sea necesaria.

Este método debería ser utilizado en forma provisional hasta que se adquiriera o se utilice el correntómetro.

¿CUÁL ES EL FUNDAMENTO DE ÉSTE MÉTODO?

- a) Este método se fundamenta en que los objetos se mueven a la misma velocidad que el agua, en la cual flotan, por consiguiente medir la velocidad del objeto flotante es medir la de la línea de flujo en la cual se mueven.
- b) Este método no deberá ser empleado cuando se tema que la medida podría ser afectada por el viento.

¿CUÁNDO SE PUEDE APLICAR EL MÉTODO DE FLOTADORES?

- a) Cuando no se cuente con un correntómetro o equipos de aforo.
- b) En periodo de máximas avenidas o crecidas de los ríos y pelagra el equipo de correntómetro.
- c) Cuando existe peligro para ingresar al agua el Observador hidrológico
- d) Cuando los niveles de agua son muy bajos y no permite medir con el correntómetro.
- e) Cuando existen algas o sedimentos que impide que se haga mediciones con el correntómetro.
- f) Cuando se desea conocer el caudal de la corriente en forma aproximada sin tener que recurrir a la construcción de una estación hidrométrica costosa.

¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO?

Ventajas

- a) Miden directamente la velocidad superficial.
- b) No les afecta los acarreos de material.
- c) Su costo es pequeño o nulo.

Desventajas

- a) Imprecisión, debido a que miden la velocidad superficial
- b) Imposibilidad de controlar su trayectoria, sobre todo en ríos amazónicos.
- c) Dificultad de utilizarlos cerca de las márgenes.

MATERIALES QUE SE UTILIZAN PARA REALIZAR EL AFORO POR FLOTADORES

- a) botellas, latas, troncos, varillas con un lastre, entre otros objetos, es decir cualquier objeto que pueda flotar;
- b) cronómetro;
- c) cinta métrica
- d) Formato del Método por flotadores
- e) Calculadora

¿QUÉ CARACTERÍSTICA DEBE CUMPLIR UN FLOTADOR?

- a) El flotador puede ser trozos de ramas, pequeños troncos, botellas, latas de leche, etc.
- b) En caso de utilizar botellas como flotadores éstos serán tapados herméticamente y parcialmente llenas de agua ($\frac{3}{4}$ partes de la botella).
- c) Es importante que el flotador quede sumergido una gran parte de ellos y emergente lo necesario, esto permitirá que el flotador no sea influenciado por el viento y cambie de dirección fácilmente, lo que implicaría velocidades inexactas.
- d) Los flotadores deben ser similares en forma y peso.
- e) A cada flotador se le debe colocar un distintivo de color a fin de que sean observados durante su trayectoria.

PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO

- a) **Materiales que se llevará al campo:**
 - Calculadora, formato de control de descarga-método de flotadores
 - Cronómetro, wincha y flotadores siendo como mínimo 9.

- Varilla para medir las profundidades



Figura 1. Materiales que se utiliza para el inicio del aforo.



Figura 2. Con una regla o varilla se mide las profundidades para obtener el promedio.

b) Selección del tramo recto:

- Se escoge el tramo recto "A" y "B", este lugar debe ser el adecuado, puede coincidir con la sección transversal en donde se encuentra la estación hidrométrica u otro lugar en donde el agua fluya naturalmente, en lo posible que no existan piedras grandes o troncos.

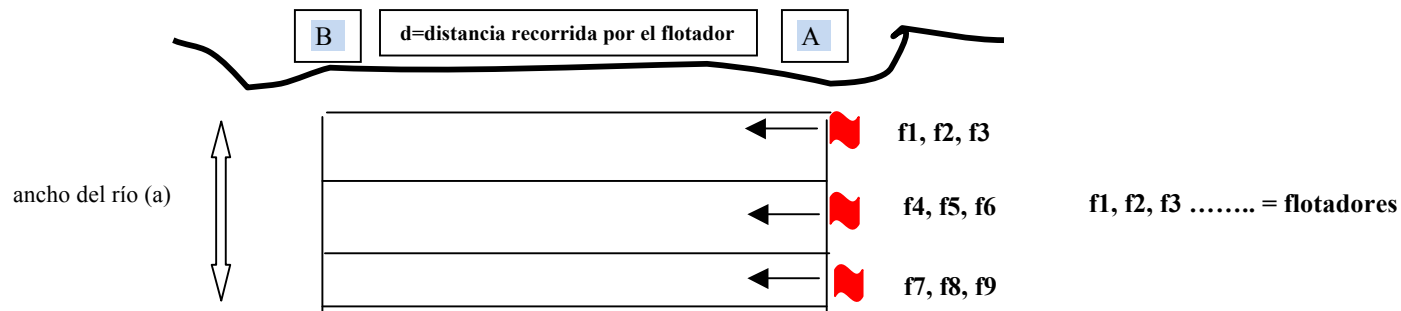


Figura 2. Trayectoria de los flotadores en una distancia recorrida (d)

- Medir el ancho del río, en metros (a).
- Medir la distancia que recorrerá el flotador desde A (inicio) y B (final). Se recomienda entre 10 m y menor que 30 m.

c) **Obtención del caudal en metros cúbicos por segundo :** $Q \text{ (m}^3\text{/s)}$

Cálculo del tiempo promedio en segundos (tp)

- Para el cálculo del tiempo que demoran los flotadores de llegar de A hasta B, se requiere del cronómetro, calculadora y formato.
- Se deben lanzar como mínimo 3 flotadores hacia la margen derecha, 3 en el centro y 3 en la margen izquierda de la sección del río. El número de flotadores que se utilice para el aforo se realice en un tiempo tal que no se produzcan variaciones superiores a 1 cm entre el nivel de agua al inicio y al final del aforo.
- Se lanzará cada uno de los flotadores (f), antes de pasar por el punto A con la finalidad de que cada flotador alcance una velocidad constante y se establezca su trayectoria.
- El tiempo promedio es igual, a la suma del tiempo que se demora cada flotador, y se divide entre el número de los flotadores, en este caso entre 9.

El tiempo promedio (tp) = $\frac{t_{f1}+t_{f2}+t_{f3}+t_{f4}+t_{f5}+t_{f6}+t_{f7}+t_{f8}+t_{f9}}{9}$

- Es importante medir los tiempos con la mayor exactitud posible.
- Durante el mes se realizará un total de 8 aforos, es decir 2 aforos como mínimo por semana.
- Cuando se observe vientos fuertes no realizar el aforo para que los flotadores no desvíen su trayectoria

Cálculo de la velocidad en metros sobre segundo: V (m/s)

- **Fórmula de la velocidad superficial del flotador: (Vs)**

$V = d / t$

V: velocidad es expresada en metros sobre segundos (m/s).

d: distancia recorrida del flotador desde **A** hasta **B**, está expresado en metros (m).

tp: es el tiempo promedio que recorre los flotadores desde **A** hasta **B**, está expresado en segundos (s)

- **Cálculo de la velocidad media en la vertical: (Vm)**

Este valor es la velocidad corregida del flujo de agua en cada sección y es igual a la velocidad del flotador o superficial (Vs) multiplicada por un coeficiente que existe entre la velocidad media de la sección y la superficial, para los diferentes tipos de cauces.

Según los hidrólogos esta velocidad media suele variar entre 0'75 y 0'90 veces la velocidad en la superficie según se trate de cauces naturales pequeños o grandes, respectivamente. Para fines de esta Guía, la velocidad superficial obtenida se multiplicará por 0.85.

Cálculo del área de la sección, expresado en metros cuadrados: A (m²)

- **Fórmula del Área: (A)**

A: área de la sección, expresada en metros cuadrados (m^2).

hp: profundidad promedio (**m**).

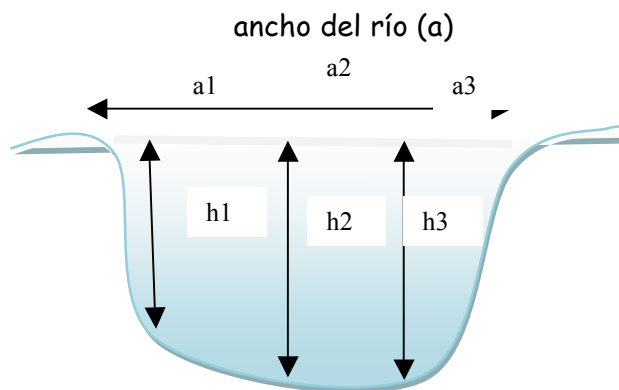
a: ancho del río, expresado en metros (**m**)

$$A = hp \times a$$

Se requiere medir el ancho del río y calcular la profundidad promedio del río:

- **Ancho del río: (a)** se mide con una cinta métrica.
- **Cálculo de la profundidad media: (hp)**

Dividir como mínimo el río en 3 partes, sondear el ancho del río para medir las diferentes profundidades y se obtiene el promedio. El observador puede medir las profundidades desde el carro huario, puente o vadeando el río (periodo de estiaje) y las profundidades puede medirlo por medio de una regla, madera o sogas con lastre.



$$\text{Altura o profundidad promedio (hp)} = \frac{h1 + h2 + h3}{3}$$

Figura 3. Dividir el ancho del río, con una regla o varilla se mide las profundidades para obtener el promedio.

Durante el periodo de avenidas o crecidas, sólo se tomará el dato de la mira o regla como profundidad promedio a fin de no poner en riesgo al Observador hidrológico.

Cálculo del caudal: (Q)

- **Fórmula del caudal: (m³/s)**

Q: caudal de agua, expresada en metros cúbicos sobre segundos (m³/s).

A : área de la sección, expresada en metros cuadrados (m²)

Vm: velocidad media del agua, expresado en metros sobre segundos (m/s).

$$Q = A \times Vm$$

LLENADO DEL FORMATO: CONTROL DE DESCARGAS O CAUDALES-MÉTODO POR FLOTADOR

En la Figura 3, se presenta el formato debidamente llenado, de los aforos realizados en la estación hidrométrica La Capilla-río Mala, siendo las etapas las siguiente

- **Trabajo de campo**, en la cual se debe anotar el ancho del río, fecha, hora en la que se inicia y finaliza el aforo y el registro de los tiempos en la que cada flotador demora desde el punto A hasta el punto B y el cálculo del tiempo promedio (tp).
- **Gabinete o trabajo de oficina**, se realizan los respectivos cálculos con las fórmulas anteriores, con la finalidad de calcular la velocidad , el área y el caudal.

a. Trabajo de campo

Se lanza 3 flotadores en la margen derecha, 3 en el centro y 3 en la margen izquierda.

- **Cálculo del tiempo promedio (Tm):** se deberá sumar los tiempos obtenidos de los flotadores y dividir entre el número de flotadores. La unidad será expresada en segundos (s).

$$T_p: \frac{15 + 13 + 13 + 9 + 10 + 9 + 11 + 10 + 10}{9} = 11.11$$

FECHA	Hora		TRABAJO DE CAMPO									
			TIEMPO (s)									
			Margen derecha			Centro			Margen izquierda			Tiempo promedio
dia/mes/año	Inicial	Final	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	tp
01/05/2011	09:10	09:30	15	13	13	9	10	9	11	10	10	11.11

b. Trabajo de gabinete u oficina

- **Cálculo de la velocidad que recorre los flotadores que es la velocidad superficial:**

$$V_s = d / t_p$$

La distancia recorrida por los flotadores = 20 metros (m)

El tiempo promedio t_p = 11.11 segundos (s)

Reemplazando:

$$V_s = 20 \text{ m} / 11.11 \text{ s} = 1.80 \text{ m/s.}$$

Corrigiendo la velocidad superficial:

$$V_m = V \times 0.85$$

$$V = 1.80 \text{ m/s} \times 0.85 = 1.53 \text{ m/s}$$

- **Cálculo del área de la sección transversal del río:**

$$A = a \times h$$

A = área de la sección en metros cuadrados (m^2)
 a = ancho del río en metros (m)
 h = la altura o profundidad promedio en metros sobre segundos (m/s)

El ancho del río = 17 m,

- El observador, colocó una soga desde la margen izquierda hasta la margen derecha de la sección, dividiendo la soga cada metro y marcado con pintura blanca.
- El observador ingresó al río y en cada metro de ancho, midió la profundidad del río siendo el promedio el siguiente:

$$H_p = \frac{0.40 + 0.48 + 0.57 + 0.54 + 0.66 + 0.85 + 0.81 + 0.99 + 1.11 + 0.94 + 0.81 + 0.89 + 0.80 + 0.60 + 0.53 + 0.29 + 0.25}{17} = 0.68 \text{ m}$$

Reemplazando en la fórmula:

$$A = 0.68 \text{ m} \times 17 \text{ m}$$

$$A = 11.56 \text{ m}^2$$

- Cálculo del caudal de agua:

$$Q = V_m \times A$$

(Fórmula de continuidad)

Reemplazando en la fórmula:

$$Q = 1.53 \text{ m/s} \times 17 \text{ m} = 17.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

SERVICIO													CONTROL DE												
ESTACION : H-La Capilla													ME												
RIO : Mala													NOMBRE DEL AFORADOR : Fredy Almeyda Huapaya												
CUENCA : Mala													DIRECCIÓN REGIONAL : Lima												
DIRECCIÓN REGIONAL : Lima													DISTANCIA RECORRIDA POR EL FLOTADOR:												
TRABAJO DE CAMPO													TRABAJO DE GABINETE												
FECHA		Hora		TIEMPO (s)									VELOCIDAD (m/s)				CAUDAL								
dia/mes/año	Inicial	Final	Margen derecha			Centro			Margen izquierda			Tiempo promedio	Distancia recorrida por el flotador	V superficial	V media	Profundidad promedio (m)	Ancho del río (m)	AREA (m ²)	CAUDAL (m ³ /s)						
			f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	tp	d (m)	V = d/tp	Vs = V x 0.85	hp	a	A= hp x a	Q = Vm x A						
01/05/2011	09:10	09:30	15	13	13	9	10	9	11	10	10	11.11	20	1.80	1.53	0.68	17	11.56	17.69						

Figura 2. Con una regla o varilla se mide las profundidades para obtener el promedio.

Figura 4. Llenado del Formato de Control de Descarga o Caudales - Método por Flotadores

CAPACITACIÓN AL PERSONAL

- En la Figura 4, se presenta la capacitación del recurso humano, que tiene la finalidad de contar con un personal calificado en la Institución, ellos podrán dirigir o capacitar a los observadores en las técnicas de medición del agua.



Figura 4. La Ing. Gladys Chamorro, con el personal técnico de la Dirección Regional de Lima: Carlos Bustíos, Santiago Gastelo, César Palacios, Jorge Chuqillanqui, Jesús Velásquez, y Gabriel Gamarra, para el aprendizaje de los criterios técnicos durante la medición y llenados de formatos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Organización Meteorológica Mundial-OMM y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la ciencia y la Cultura-UNESCO (1992). *Glosario Hidrológico Internacional*. Segunda Edición. Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial (1994). *Guía de Prácticas Hidrológicas-OMM-168*. Quinta Edición. Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial (1988). *Reglamento Técnico Vol III-Hidrología*.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI.(2000). *Manual de Funciones del Observador Hidrológico*. Resolución Jefatural N°0198 SENAMHI-JSS-OGOT/2000, del 12.09.2000.
- Josep Maria Franquet Bernis. El caudal mínimo medioambiental del tramo inferior del río Ebro. En línea:
<http://www.eumed.net/libros/2009b/564/Metodo%20del%20flotador.htm>.

