

Universidad
Industrial de
Santander



MANUAL DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA

PRÁCTICA 0

MÉTODO DEL FLOTADOR.

ESCUELA DE
INGENIERIA
Civil

Contenido

Laboratorio 0. Estimación del caudal circulante en la canaleta por el método del flotador	3
1. Marco Teórico:	3
1.1. Caudal en canales abiertos	3
1.2. Métodos de estimación del caudal	3
1.3. Método del flotador para la estimación de la velocidad	4
1.4. Relación entre la velocidad superficial y la velocidad media	4
1.5. Cálculo del caudal mediante el método del flotador	5
1.6. Fuentes de error en el método del flotador	5
2. Objetivos	5
3. Procedimiento	6
4. Equipo utilizado	6
5. Datos	7
6. Resultados	7
7. Cálculo tipo	7
8. Resultados y preguntas	9
9. Observaciones y Conclusiones	10
10. Referencias Bibliográficas	11

Listado de Ecuaciones

Ecuación 1	3
Ecuación 2	4
Ecuación 3	4
Ecuación 4	5

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1: Velocidad superficial vs número de medición	9
--	---

Listado de Tablas

Tabla 1: Datos	7
Tabla 2: Resultados	7

El diseño de las guías de las prácticas presenciales toma como referencia el trabajo de grado desarrollado por Laiton Suárez (2022), del cual se adaptaron algunos lineamientos metodológicos.

Laboratorio 0. Estimación del caudal circulante en la canaleta por el método del flotador

1. Marco Teórico:

1.1. Caudal en canales abiertos

El caudal es una de las variables más importantes en el estudio de la hidráulica de canales abiertos, ya que permite cuantificar el volumen de agua que circula por un canal en un determinado intervalo de tiempo. De forma general, el caudal (Q) se define como el volumen de fluido que atraviesa una sección transversal por unidad de tiempo y se expresa como el producto entre el área hidráulica de la sección (A) y la velocidad media del flujo (V_m):

$Q = A \cdot V_m$	<i>Ecuación 1</i>
-------------------	-------------------

En los canales abiertos, el flujo se caracteriza por la presencia de una superficie libre expuesta a la presión atmosférica, lo que provoca que la velocidad del agua no sea uniforme en toda la sección transversal. Estas variaciones se presentan tanto en el sentido vertical como transversal, principalmente debido a la fricción con el fondo y las paredes del canal. Por esta razón, la estimación del caudal suele requerir métodos experimentales que permitan aproximar de manera adecuada la velocidad media del flujo, especialmente en prácticas de laboratorio y estudios de carácter preliminar (Chow, 2000).

1.2. Métodos de estimación del caudal

Para la determinación del caudal en canales abiertos existen diferentes métodos, los cuales pueden agruparse en métodos volumétricos, hidráulicos e indirectos. Los métodos volumétricos se basan en la medición directa del volumen de agua recolectado durante un tiempo determinado, mientras que los métodos hidráulicos emplean relaciones teóricas entre el nivel del agua y el caudal, como ocurre en vertederos y canaletas calibradas.

Por otro lado, los métodos indirectos permiten estimar el caudal a partir de la medición de la velocidad del flujo y el área de la sección transversal del canal. Dentro de este grupo se encuentra el método del flotador, el cual se caracteriza por su sencillez y facilidad de

aplicación. Debido a estas características, este método es ampliamente utilizado en canales pequeños, laboratorios académicos y corrientes de poca profundidad, donde el uso de equipos más complejos no siempre es necesario o viable (French, 1985; Henderson, 1966).

1.3. Método del flotador para la estimación de la velocidad

El método del flotador consiste en estimar la velocidad superficial del flujo mediante el seguimiento del desplazamiento de un objeto flotante a lo largo de un tramo recto y uniforme del canal. El principio de este método es simple: al conocer la distancia recorrida por el flotador y el tiempo que tarda en recorrerla, es posible calcular la velocidad superficial (V_s) del flujo mediante la expresión:

$V_s = L/t$	<i>Ecuación 2</i>
-------------	-------------------

donde L representa la longitud del tramo de medición y t el tiempo empleado por el flotador en recorrer dicha distancia.

Para obtener resultados confiables, el flotador debe seleccionarse de manera que se desplace siguiendo el movimiento del agua sin verse afectado significativamente por el viento o por la fricción con las paredes del canal. En prácticas de laboratorio es común el uso de flotadores livianos y de geometría simple, ya que estos permiten una mejor repetibilidad de las mediciones y reducen la incertidumbre asociada al experimento (Graf & Altinakar, 1998).

1.4. Relación entre la velocidad superficial y la velocidad media

La velocidad determinada mediante el método del flotador corresponde a la velocidad superficial del flujo, que suele ser mayor que la velocidad media de la sección transversal. Esta diferencia se debe principalmente a los efectos de fricción generados en el fondo y las paredes del canal, que reducen la velocidad del agua en dichas zonas.

Por esta razón, para estimar la velocidad media del flujo es necesario introducir un coeficiente de corrección (k), el cual permite relacionar la velocidad superficial con la velocidad media mediante la expresión:

$V_m = k \cdot V_s$	<i>Ecuación 3</i>
---------------------	-------------------

El valor de este coeficiente depende de factores como la rugosidad del canal, la geometría de la sección transversal y el régimen del flujo. Diversos estudios experimentales indican que, para canales rectangulares y flujos relativamente uniformes, el coeficiente k suele tomar

valores entre 0,80 y 0,90. En el ámbito académico, es común adoptar un valor aproximado de 0,85 como una buena aproximación (Chow, 2000; French, 1985).

1.5. Cálculo del caudal mediante el método del flotador

Una vez determinada la velocidad media del flujo, el caudal se calcula multiplicando dicha velocidad por el área hidráulica de la sección transversal del canal. En canales prismáticos de sección regular, esta área puede obtenerse fácilmente a partir de las dimensiones geométricas del canal y la profundidad del flujo:

$Q=A \cdot V_m$	<i>Ecuación 4</i>
-----------------	-------------------

Este procedimiento permite obtener una estimación razonable del caudal circulante, siempre que el tramo seleccionado para la medición sea recto, uniforme y representativo del comportamiento general del flujo. Aunque el método del flotador no ofrece la misma precisión que otros métodos instrumentales, su simplicidad y facilidad de aplicación lo convierten en una herramienta adecuada para prácticas de laboratorio y análisis exploratorios (Henderson, 1966).

1.6. Fuentes de error en el método del flotador

El método del flotador presenta diversas fuentes de error que pueden afectar la exactitud de los resultados obtenidos. Entre las más comunes se encuentran la influencia del viento sobre el flotador, errores en la medición del tiempo de recorrido, una selección inadecuada del coeficiente de corrección y la presencia de flujo no uniforme o altamente turbulento en el tramo de medición (Graf & Altinakar, 1998).

Adicionalmente, imprecisiones en la medición del ancho del canal o de la profundidad del flujo se reflejan directamente en el cálculo del área hidráulica y, por lo tanto, en el caudal estimado. Por esta razón, se recomienda realizar varias mediciones y trabajar con valores promedio, lo cual permite reducir la incertidumbre experimental asociada al método (French, 1985).

2. Objetivos

- 1) Determinar el caudal en el canal mediante el uso del método del flotador y compararlo con el medido en el laboratorio a través del método tradicional volumétrico

- 2) Conocer la precisión del método físico del flotador
- 3) Identificar posibles fuentes de error en el desarrollo del laboratorio.

3. Procedimiento

- Abrir las llaves como se puede evidenciar en el video.
- Encender la bomba para que el agua fluya por el sistema y esperar hasta que el flujo se estabilice.
- Con ayuda de la probeta y un cronómetro tomar el tiempo en que tarda en llenarse un 1 litro, y con ese se obtiene el caudal teórico o real (**Q real**), Repetir el procedimiento al menos tres veces y sacar un promedio de ese caudal.
- Medir la distancia que va a recorrer la bola de icopor con ayuda del flexómetro.
- Lanzar la bola desde la posición inicial que se indica en el video, y con ayuda del cronómetro contabilizar el tiempo que tarda en llegar a la posición final indicada en el mismo video. (**Repetir este paso 10 veces**)
- Con la distancia y el tiempo se determinar la **velocidad superficial** para cada una de las 10 mediciones.
- Una vez calculado el promedio, este se multiplica por el factor de corrección, para encontrar la **velocidad media**.
- Tomar la altura de la lámina del agua, mínimo tres veces (hacer esto junto con la toma del tiempo). Recomendación: puede tomar esta altura en la mitad de la distancia total del recorrido de la bola.
- Conociendo que la base del canal es de 15 cm, calcule el área para las tres mediciones de la lámina de agua y estime el promedio respectivo.
- Con el área promedio y la velocidad media, calcule el caudal por el método del flotador, el cual corresponde al caudal experimental o calculado (**Q calculado**).

4. Equipo utilizado

- Probeta.
- Flexómetro, metro o regla.
- Canal rectangular de vidrio.
- Sistema de bombeo.
- Bola de icopor.
- Cronómetro.

5. Datos

Q real(m^3/s)		0.0002	
	Tramo inicial	Tramo final	Tiempo recorrido(s)
	Distancia (m)		
1	1.89		10
2	1.89		9.8
3	1.89		10.5
4	1.89		9.7
5	1.89		10
6	1.89		10.6
7	1.89		10.4
8	1.89		10.3
9	1.89		10.2
10	1.89		10.1

Tabla 1: Datos

6. Resultados

	Velocidad Superficial (m/s)		
1	0.1890		
2	0.1929		
3	0.1800		
4	0.1948		
5	0.1890		
6	0.1783		
7	0.1817		
8	0.1835		
9	0.1853		
10	0.1871		
PROMEDIO	0.1862		

Factor de corrección= 0.85

Velocidad media(m/s)= 0.158240517

	Base(m)	Altura lámina de agua(m)	Área(m)
1	0.15	0.013	0.00195
2	0.15	0.0145	0.002175
3	0.15	0.0165	0.002475
PROMEDIO			0.0022

Q calculado(m³/s)= 0.00035

Tablas 2: Resultados

7. Cálculo tipo

Caudal real del canal

$$Q_{real} = 0.001/5 = 0.0002(m^3/s)$$

Velocidad superficial:

$$V_{s1} = \frac{x1}{t1}$$

$$V_{s1} = \frac{1.89}{10} = 0.1890 \frac{m}{s}$$

Cálculo de la velocidad superficial promedio:

$$V_{sprom} = \frac{V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8 + V9 + V10}{10}$$

$$V_{sprom} = 0.1862 \frac{m}{s}$$

Cálculo de la velocidad media:

$$V_{media} = F_{corrección} * V_{sprom}$$

$$V_{media} = 0.85 * 0.1862$$

$$V_{media} = 0.158240517 \frac{m}{s}$$

Cálculo del área para la primera medida:

$$\text{Área } 1 = B * H \text{ lámina de agua}$$

$$\text{Área } 1 = 0.15 * 0.013 = 0.00195m^2$$

Cálculo del área promedio:

$$\text{Área } prom = (A1 + A2 + A3)/3$$

$$\text{Área } prom = 0.0022m^2$$

Cálculo del Caudal Experimental:

$$Q = V_{media} * A_{prom}$$

$$Q_e = 0.158240517 * 0.0022 = 0.00035 \frac{m^3}{s}$$

Porcentaje de error

$$\%E = \frac{(Q_t - Q_e) * 100}{Q_t}$$

$$\%E = \frac{(0.0002 - 0.00035) * 100}{0.0002} = 74.06 \%$$

8. Resultados y preguntas



Ilustración 1: Velocidad superficial vs número de medición

- 1) ¿Qué tan dispersos son los valores de velocidad superficial medidos con el flotador?
- 2) Hacer una segunda gráfica de tiempo de recorrido vs. número de medición, y responder: ¿Cómo influye la variabilidad del tiempo en la estimación de la velocidad?
- 3) Hacer una tercera gráfica de comparación de caudales, donde:

- **X:** Método de medición
- **Y:** Caudal (m³/s)
(Barras: Q real vs Q flotador)

¿Qué diferencias se observan entre el caudal real y el estimado mediante el método del flotador?

9. Observaciones y Conclusiones

- 1) ¿Cuál fue la velocidad superficial promedio del flujo y qué tan representativa es respecto a las mediciones individuales?
- 2) ¿Cómo influye el coeficiente de corrección (k) en la estimación de la velocidad media?
- 3) ¿Qué diferencia porcentual existe entre el caudal medido volumétricamente y el calculado por el método del flotador?
- 4) ¿El error obtenido es aceptable para prácticas de laboratorio académico? Justifique.
- 5) ¿Qué medición considera que introduce mayor incertidumbre en el experimento: la distancia, el tiempo o la profundidad del flujo?
- 6) ¿Qué cambios propondría en el procedimiento experimental para reducir el error en la estimación del caudal mediante el método del flotador?
- 7) Proponga un método alternativo para medir el caudal en el canal y compare sus ventajas y desventajas frente al método del flotador.

10. Referencias Bibliográficas

Chow, V. T. (2000). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill.

French, R. H. (1985). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill.

G. E. GAVILAN LEON, *GUIA DE LABORATORIO DE HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS*. Bucaramanga: UISEscuela de Ingenieria Civil, 2001.

Graf, W. H., & Altinakar, M. S. (1998). *Fluvial hydraulics: Flow and transport processes in channels of simple geometry*. John Wiley & Sons.

Henderson, F. M. (1966). *Open channel flow*. Macmillan.

Laiton Suárez, B. D. (2022). *Práctica en docencia para mejorar la estrategia de laboratorio del curso de hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil* (Trabajo de grado, modalidad práctica en docencia). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.