

1 Normas del Laboratorio

- **Grupos:** Los grupos serán de 5 o 6 estudiantes máximo. Los estudiantes son libres de organizar los grupos.
- **Duración:** Cada grupo tendrá una hora aproximadamente para realizar el laboratorio.
- **Material:** Es necesario vestir bata o overol para la realización del laboratorio. Este atuendo puede ser de cualquier color o fabricante. Traer calculadora, lápiz y papel.

2 Objetivo

Este laboratorio tiene como fin estudiar la conservación de la cantidad de movimiento en un resalto hidráulico. Algunos objetivos específicos propuestos son:

- Determinar la fuerza ejercida por el flujo sobre la compuerta aguas arriba del resalto.
- Determinar la fuerza y la energía específica antes y después del resalto hidráulico. Calcular las pérdidas de energía (ΔE).
- Graficar las curvas de fuerza específica (F_e) y energía específica (E_e) para el resalto.
- Determinar la posición de la profundidad crítica y_c en el resalto.

3 Metodología

Este laboratorio se hará en un canal de flujo a superficie libre de pendiente horizontal y sección rectangular constante. Dicho canal está provisto de una compuerta rectangular localizada a la entrada del canal y unas rejillas al final del canal que se usarán para generar un resalto hidráulico estable para un caudal Q (ver figura ??). La metodología para la toma de datos es la siguiente:

1. Para un caudal determinado, estabilizar el resalto hidráulico utilizando la compuerta y las rejillas al final del canal.
2. Una vez estabilizado el resalto, tomar las presiones usando los piezómetros:
 - (a) A lo largo del fondo del canal
 - (b) Sobre la compuerta
3. Como medida alternativa a las presiones de los piezómetros en el fondo del canal, medir las profundidades de la lamina de agua antes, después y en el resalto utilizando la aguja vertical. Tomar 10 profundidades en total.
4. Usando el tanque volumétrico y cronómetro, determinar el caudal que pasa por el canal.

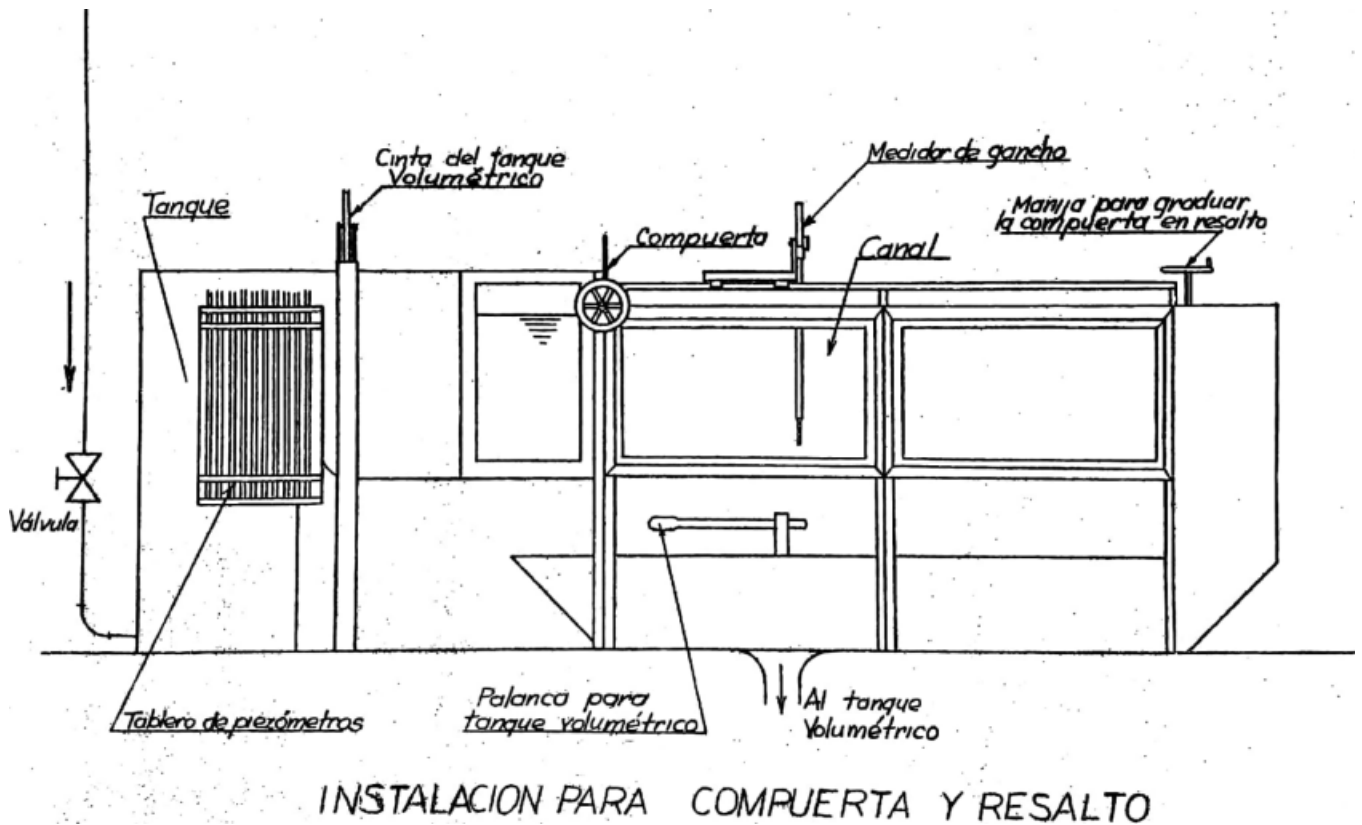


Figure 1: Esquema del canal del laboratorio para (sacado de Guias del Laboratorio de Hidráulica, UNAL, 1994)

4 Resultados esperados

Usando los datos tomados de acuerdo con la metodología, realizar los siguientes cálculos.

1. Calcular el caudal Q que fluye en el canal utilizando:

$$Q = V/\Delta t$$

donde V es el volumen acumulado en el tanque volumétrico durante un Δt .

2. Graficar las línea de energía (LE) y la línea de gradiente hidráulico (LGH).
3. Para el volumen de control comprendido entre una sección 1 aguas arriba de la compuerta y una sección 2 aguas abajo de la compuerta en donde no hay pérdidas de energía, estimar el caudal \hat{Q} , utilizando la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Si el nivel de referencia es el fondo del canal, $z_1 = z_2 = 0$ y si de acuerdo con la ecuación de continuidad $\hat{Q} = Q_1 = Q_2$, la ecuación anterior se transforma en:

$$\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} = + \frac{\hat{Q}^2}{2g} \left(\frac{1}{A_2} - \frac{1}{A_1} \right)$$

despejando \hat{Q} ,

$$\hat{Q} = \sqrt{\frac{2g \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} \right)}{\left(\frac{1}{A_2} - \frac{1}{A_1} \right)}}$$

donde $\frac{P_1}{\gamma} = y_1$ y $\frac{P_2}{\gamma} = y_2$ son las profundidades de agua en la sección 1 y 2 respectivamente. Si $A_1 = y_1 b$ y $A_2 = y_2 b$, donde b es el ancho del canal, la ecuación anterior es:

$$\hat{Q} = \sqrt{\frac{2g(y_1 - y_2)}{\left(\frac{1}{y_2 b} - \frac{1}{y_1 b}\right)}}$$

y_1 y y_2 las profundidades pueden ser determinadas usando los piezómetros de agua. Una vez calculado \hat{Q} comparar con el Q medido (real).

4. Determinar la fuerza de reacción R_x de la compuerta a la fuerza dinámica del flujo utilizando la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento para el canal rectangular en el volumen de control de la compuerta:

$$\sum F_x = \rho Q (Vx_2 - Vx_1)$$

en donde Vx_2 es la velocidad aguas abajo de la compuerta (a la salida del volumen de control) y Vx_1 es la velocidad aguas arriba de la compuerta (a la entrada del volumen de control) en x , y $\sum F_x$ es la sumatoria de las fuerzas externas actuantes sobre el volumen de control:

$$\sum F_x = R_x + F_1 - F_2 = \rho Q (Vx_2 - Vx_1)$$

donde $F_1 = \gamma \frac{y_1^2 b}{2}$ y $F_2 = \gamma \frac{y_2^2 b}{2}$ son las fuerzas hidroestáticas en la sección 1 y 2, respectivamente. Reemplazando en la ecuación tenemos que:

$$R_x = \rho Q (Vx_2 - Vx_1) - \gamma \frac{y_1^2 b}{2} + \gamma \frac{y_2^2 b}{2}$$

5. En el volumen de control comprendido entre una sección antes 1 y después 2 del resalto, determinar la fuerza específica

$$F_e = \frac{\gamma b y^2}{2} + \frac{\gamma Q V}{g}$$

en 1 y en 2. Partiendo de la igualdad:

$$\frac{\gamma b y_1^2}{2} + \frac{\gamma Q V_1}{g} = \frac{\gamma b y_2^2}{2} + \frac{\gamma Q V_2}{g}$$

se puede llegar a:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + 8F_{R1}^2} - 1 \right]$$

donde:

$$F_R = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

pruebe la validez de la relación $\frac{y_2}{y_1}$.

6. Determinar las pérdidas de energía en el resalto $\Delta E = E_{e1} - E_{e2}$, donde la energía específica E_e es:

$$E_e = y + \frac{v^2}{2g}$$

Pruebe la validez de la expresión teórica:

$$\Delta E = \frac{(\hat{y}_2 - y_1)^3}{4y_1 y_2}$$

donde \hat{y}_2 es la profundidad en 2 estimada usando la relación $\frac{y_2}{y_1}$ data anteriormente.

7. Si la longitud del resalto L_R es teóricamente igual a:

$$L_R = 5(y_2 - y_1)$$

pruebe la validez de esta expresión.

8. Usando las profundidades tomadas antes, a lo largo y después del resalto, pintar en una misma gráfica las curvas de E_e vs y y F_e vs y , donde y son las abscisas. Señale la pérdida de energía ΔE en la gráfica.
9. Calcular la profundidad crítica y_c usando:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

donde q es caudal por unidad de ancho y ubicarla en la gráfica anterior de F_e vs y . Determinar aproximadamente a que distancia de la sección 1 (entrada al resalto) se encuentra la y_c .

5 Informe

El informe de laboratorio debe contener las siguientes secciones:

1. Introducción: Breve texto para poner en contexto el laboratorio.
2. Metodología: Describe el procedimiento de toma de datos y el seguido para obtener los resultados.
3. Resultados: Presenta los resultados del laboratorio. Dado el caso, se deben incluir gráficas y tablas que resuman los resultados.
4. Conclusiones: Se discuten allí las conclusiones obtenidas a partir de los resultados. Se hacen las comparaciones del caso.
5. Referencias: Incluir las referencias consultadas.

El informe no debe contener como máximo 4 hojas escritas en ambas caras en espacio sencillo, tamaño de fuente 11 y a doble columna.