

Laboratorio de Mecánica de Fluidos

Vertedores

INTRODUCCIÓN

Los vertederos son dispositivos que se utilizan para medir el caudal a través de un canal abierto y consiste en una obturación en el canal, en el cual el líquido se acumula para después pasar a través de él, por una abertura de forma geométrica determinada y midiendo la altura de la superficie del líquido se puede obtener el caudal. Basándose en esto los objetivos perseguidos en esta práctica son determinar experimentalmente el coeficiente de descarga de dos tipos diferentes de vertederos (vertedero rectangular y en V). Determinar las pérdidas de energía de los vertederos y por último comprender el funcionamiento de los vertederos y su utilidad como medidor de flujo. El procedimiento llevado a cabo en esta práctica para medir flujo mediante vertederos es, en primer lugar nivelar el canal donde se va a colocar el vertedero, luego se establece un nivel cero del gancho del calibrador cerrando la válvula del gancho de prueba y dejando que la superficie del agua este exactamente a nivel con el bordé inferior del vertedero, luego con la válvula abierta al máximo, esperando que el flujo se encuentre en equilibrio. Con la ayuda del gancho calibrador se mide la altura de la superficie respecto al nivel de referencia. Al mismo tiempo se toma el tiempo empleado en el método gravimétrico, se repite esta operación para los dos tipos de vertederos disminuyendo los caudales hasta llegar aproximadamente a una altura de 30 mm. finalmente con los datos obtenidos se calcula el coeficiente de descarga y se construiría varias gráficas: una de el Log (Q_r) en función del Log (H) para encontrar los exponentes a y b para cada vertedero, también se construirá una gráfica del caudal real vs. la altura y otra de las pérdidas de energía en función del caudal real circulante. Estos resultados permitirán establecer conclusiones acerca de la fiabilidad del método utilizado y la utilidad de los vertederos como medidores de flujo.

RESUMEN

En el laboratorio usando la metodología explicada en el procedimiento experimental se trabajo sólo con el vertedor rectangular y se tomaron los datos para calcular el caudal usando el método gravimétrico y también la profundidad H. Con estos

datos se calculo el caudal real y el teorico, la relacion entre ellos Cd, las perdidas para cada medicion y el valor de C y n para el vertedor rectangular.

Se construyeron tres graficas: una de $\ln Q_r$ vs $\ln H$ mediante esta se hallo C y n, una grafica de Q_r vs Q_{teo} donde se obtuvo la relacion de $Q_r=1.1Q_t$ y otra de perdidas vs Q_r .

OBJETIVOS

- 1) Determinar experimentalmente el coeficiente de descarga de dos tipos diferentes de vertederos.
- 2) Determinar las pérdidas de energía en un vertedero
- 3) Comprender el funcionamiento de un vertedero, y su utilidad como medidor de flujo en canales abierto

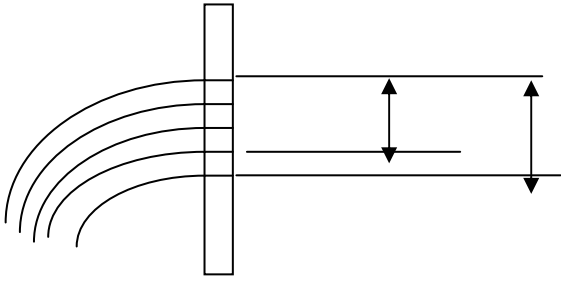
FUNDAMENTO TEORICO

Los vertederos se utilizan para medir el caudal a través de un canal abierto

Un vertedero consiste en una obstrucción en el canal, en el cual el líquido es acumula, para después pasar a través de él, por una abertura de forma geométrica predeterminada. La relación entre el nivel del líquido “agua arriba” del vertedero y el caudal circulante se puede determinar experimentalmente. Como consecuencia, el caudal se puede determinar, con la lectura de la altura de la superficie del líquido.

Los vertederos contruidos de una hoja de metal o de otro material, de tal manera que el choro salte con libertad conforme deja la cara aguas arribas del vertedero, reciben el nombre de vertederos de cresta delgada. En la práctica se utilizaran dos tipos de vertederos de cresta delgadas; uno rectangular y el otro en V

En la figura se puede apreciar un corte del vertedero, mostrando la circulación del líquido a través de este.



Sea uno (1) en la superficie del liquido agua arriba, y otro punto 2 en el plano vertical del vertedero, y a una altura h por de bajo de uno (1)

La ecuación de Bernoulli entre los punto 1 y 2 establece que:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + hf_{1-2}$$

La presión manométrica en 1 es nula y la velocidad de este punto es despreciable.

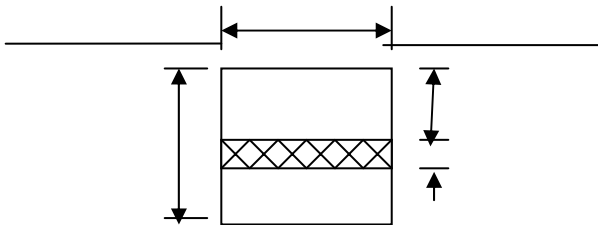
Dado que la placa es bastante delgada, en el punto 2 puede considerarse como una partícula en caída libre después de cruzar el vertedero, por lo tanto, la presión en el punto 2 se puede considerar nula.

La diferencia de cota entre los puntos es: $Z_1 - Z_2 = h$, y se supondrá que no hay perdidas en el recorrido.

Considerando todo lo anterior, la ecuación se transforma en:

$$h = \frac{V_2^2}{2g} \text{ EC (1)}$$

la figura (2) muestra un esquema del vertedero rectangular.



el caudal que a travesa un elemento de área viene dado por:

$$dQ = V \cdot dA \text{ ec(2)}$$

el elemento de área se puede escribir como $dA = C \cdot Dh$

sustituyendo la ec (2) la ec (1) como el dA se obtiene :

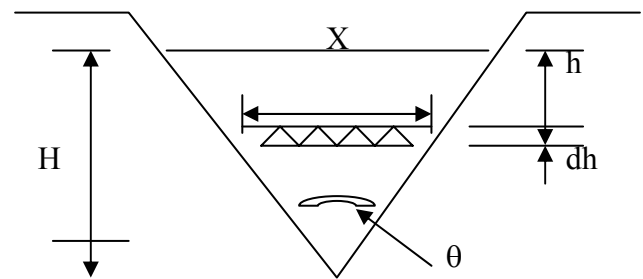
$$dQ = \sqrt{2gh} \cdot C \cdot dh$$

El caudal que circula por el vertedero se halla integrado entre una altura $h=0$ y $h=H$

$$Q = \int_0^H \sqrt{2gh} C \cdot dh = C \cdot \sqrt{2g} \int_0^H h^{1/2} \cdot dh \Rightarrow Q = \frac{2}{3} C \sqrt{2g} H^{3/2}$$

ec (3)

la figura (3) muestra un esquema del vertedero en V



en este caso el elemento de área será:

$$dA = x \, dh \text{ ec (4)}$$

Al mismo tiempo, por trigonometría se puede escribir:

$Tg(\theta/2) = (X/2)/(H-h)$; por tanto $X = 2 \cdot tg(\theta/2) \cdot (H-h)$, sustituyendo en la ec (4) se tiene:

$$dA = 2 \cdot (H-h) \cdot tg(\theta/2) \cdot dh$$

Procediendo de la misma forma como el vertedero rectangular:

$$dq = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot 2 \cdot (H-h) \cdot tg(\theta/2) \cdot dh$$

el caudal circulante se obtendrá integrando entre $h=0$ y $h=H$

$$Q = \int_0^H 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot tg(\theta/2) \cdot (H-h) \cdot dh \Rightarrow Q = 8/15 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot tg(\theta/2) \cdot H^{5/2}$$

Los caudales calculados para dos tipos de vertedero, son caudales teóricos. En realidad, existen ciertas contracciones y perdidas de energía en el

flujo, de tal modo que , los caudales reales circulantes son menores a los caudales calculados:

$$Q_r = C_q \cdot Q_t$$

Los valores del coeficiente de caudal son siempre menores que 1, y solo pueden ser determinados experimentalmente del agua sea paralela al borde del recipiente.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En primer lugar, se debe nivelar el aparato, girando los apoyos roscados, hasta logra que la superficie del agua sea paralela al borde del recipiente.

A continuación, se establece el nivel cero del gancho calibrado esto se logra, cerrando la válvula del banco y dejando que la superficie del agua este exactamente a nivel con el borde inferior del vertedero.

Posteriormente, se abre la válvula a un 100% dejando un tiempo de espera hasta lograr un equilibrio en flujo con la ayuda del gancho calibrado, se mide la altura de al superficie del agua con respecto al nivel de referencia. Esto se logra observando la reflexión de la punta del gancho en la cara inferior de la superficie del líquido, hasta que la punta reflejada y la real coincidan.

Paralelamente, se toma el tiempo empleado para equilibrar el peso colocado en la plataforma del medidor gravimétrico.

Se toman 10 lecturas, regulando el flujo con la válvula del banco de prueba, hasta llegar a una altura de unos 30mm; mas allá de la cual, el flujo a través del vertedero puede cesar.

El mismo procedimiento se utiliza para los tipos de vertederos.

Datos.

$$C = 30\text{mm.}$$

$$\Theta = 30^\circ$$

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

Descripción de equipos:

- Un vertedero rectangular
- Un vertedero en V
- Un canal abierto
- Un banco de prueba
- Un cronometro

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para realizar los cálculos que se presentan a continuación se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Vertedero en V:

$$Q_t = \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot g} \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{\frac{5}{2}}; \text{ ecuación (2)}$$

Donde

Qt: Caudal volumétrico teórico

H: Nivel de agua

G: Aceleración de gravedad

θ: Ángulo de la forma V del vertedero.

Las ecuaciones 1 y 2 representan los caudales teóricos para los dos tipos de vertedero pero como en realidad existen perdidas los caudales reales circulantes son menores que los teóricos, entonces:

$$Q_r = c_q \cdot Q_t; \text{ ecuación (3)}$$

cq: coeficiente de caudal, cq < 1

Basándonos en la ecuación 3 se tiene para los tipos de vertederos los siguientes:

Vertedero en V:

$$Q_r = c_{q_2} \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot g} \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{\frac{5}{2}}; \text{ ecuación (5)}$$

Sea:

$$K_1 = c_{q_1} \cdot \frac{2}{3} c \sqrt{2 \cdot g}; \text{ ecuación (6)}$$

$$K_2 = c_{q_2} \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot g} \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right); \text{ ecuación (7)}$$

Sustituyendo 6 y 7 en 4 y 5 respectivamente, obteniendo logaritmo en las dos ecuaciones y suponiendo que no se conocen los exponentes se tiene que:

$\text{Log}(Q_r) = \text{log}(K_1) + a \cdot \text{log}(H)$; ec (8); Vertedero rectangular

$\text{Log}(Q_r) = \text{log}(K_2) + b \cdot \text{log}(H)$; ec (9); Vertedero en V

Calculo del caudal real:

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (10) \quad \dot{m} = \frac{m}{t} \quad \text{ec (11)}$$

cálculos de pérdidas en vertederos:

$$h_f = \frac{1}{2 \cdot g} (V_t^2 - V_r^2) \quad \text{ec (12)}$$

$$V_t = \frac{Q_t}{A} \quad \text{ec(13);} \quad V_r = \frac{Q_r}{A} \quad \text{ec (14)}$$

Para el vertedero en V se tiene que:

$$A = H^2 \cdot \text{tg}(\theta/2) \quad \text{ec (15)}$$

Por lo tanto

$$h_f = H - \frac{(Q_r)^2}{2 \cdot g (H^2 \text{tg}(\theta/2))^2}; \quad \text{ec (16); vertedero en V.}$$

NOTA: El vertedor en V no se calculo, porque no se realizo la experiencia de laboratorio con el.

Vertedor Rectangular:

$$Q_t = \frac{2\sqrt{2g} \cdot C \cdot H}{3}$$

donde:

Q_t: caudal teorico, que pasa por el vertedor

C: ancho del vertedor

H: nivel del agua

Luego se determinara la relacion entre los caudales C.

Se calcularan las perdidas con:

$$h_f = \frac{Q_r}{C_i}^{1/n} - \frac{C_i \cdot n_i}{C} \cdot \left(\frac{Q_r}{C_i}\right)^{(n_i-1)/n_i}$$

donde:

Q_r: caudal real

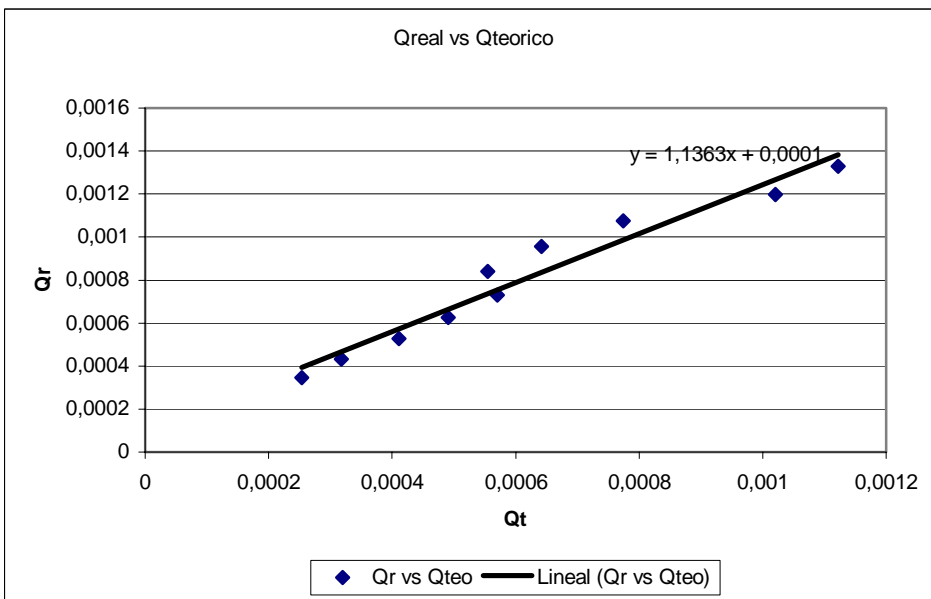
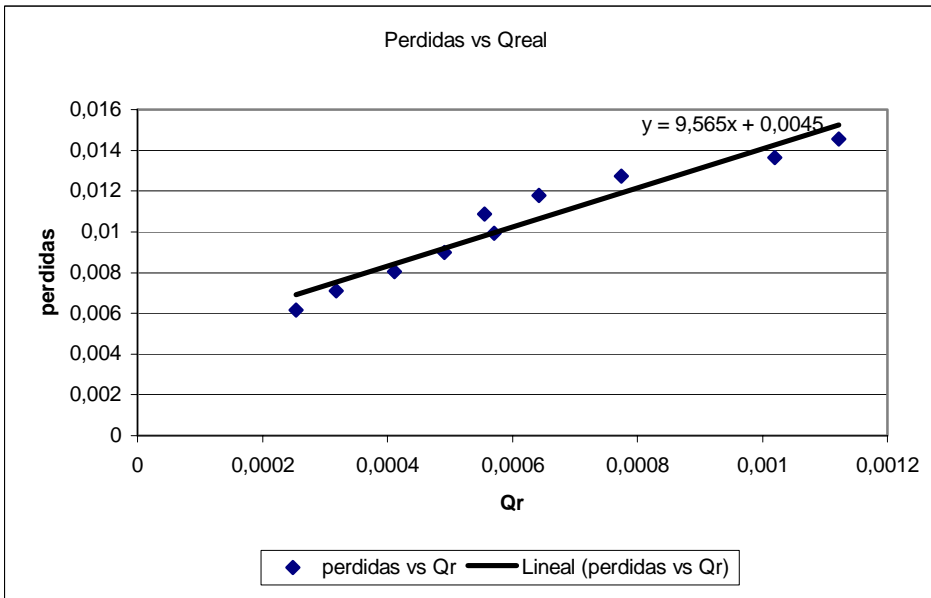
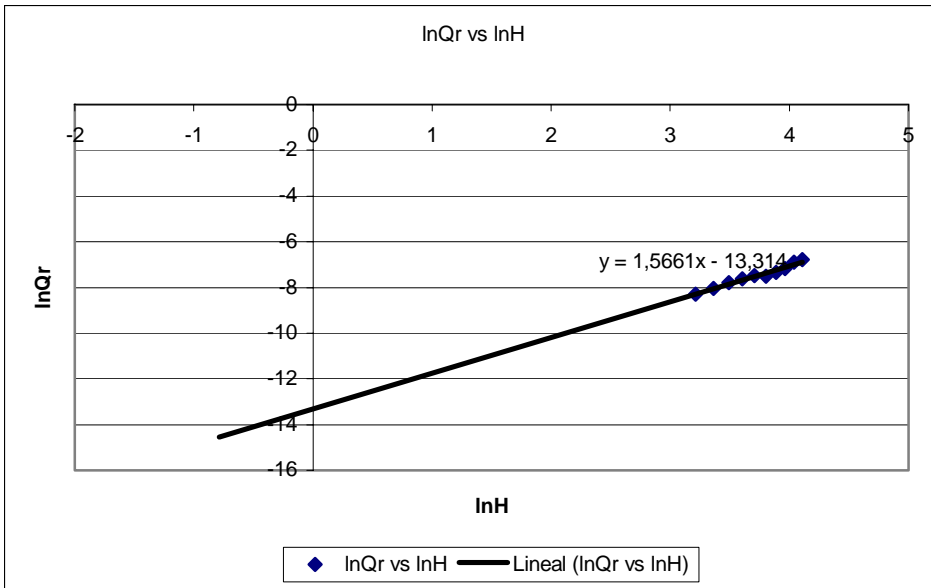
C_i: relacion del caudal

C: ancho del vertedor

N_i: exponente de perdidas

- El promedio de la relacion de los caudales C_d es: 0.75
- El valor de C para cada uno de los caudales es: 1.651.10⁻⁶
- El valor de n para cada uno de los caudales es: 1.566

n	t _o (s)	t _f (s)	H (mmH ₂ O)	Q _r (m ³ /s)	Q _{teo} (m ³ /s)	C _D	h _f (m)
1	6,88	13,56	60,8	0,001122754	0,00132811	0,84537604	0,014557985
2	7,2	14,55	56,8	0,001020408	0,00119923	0,85088707	0,013639343
3	9,3	18,98	52,8	0,000774793	0,00107481	0,72086763	0,012717969
4	10,54	22,22	48,8	0,000642123	0,00095501	0,67237134	0,011793638
5	9,83	23,34	44,8	0,000555144	0,00084003	0,66085989	0,010866099
6	13,88	27,02	40,8	0,000570776	0,00073008	0,78180088	0,009935049
7	17,53	32,8	36,8	0,000491159	0,00062539	0,78536402	0,009000136
8	19,36	37,61	32,8	0,000410959	0,00052625	0,78092285	0,008060915
9	23,49	47,09	28,8	0,000317797	0,00043298	0,7339746	0,007116836
10	28	57,59	24,8	0,000253464	0,00034598	0,73258712	0,006167187



ANALISIS DE RESULTADOS

Con los datos obtenidos en el laboratorio, se obtuvieron los valores de caudales reales y teóricos mostrados en la gráfica, y la relación de los caudales tuvo un promedio para el vertedor rectangular de 0.75 con una aproximación regular a 1.

Las pérdidas calculadas se muestran en la tabla, tuvieron valores pequeños pero para ser de un dispositivo para medir caudal son altas.

El valor de la constante C y n obtenido de la gráfica $\ln Q_r$ vs $\ln H$ fue de $1.651 \cdot 10^{-06}$ y 1.566 respectivamente

CONCLUSIONES

Los cálculos tomados y calculados fueron solo para el vertedor rectangular ya que debido a problemas en el laboratorio no se pudo realizar la experiencia para el vertedor V . El coeficiente de descarga tiene un valor de 0.75 para el vertedor rectangular, se esperaba de que este fuese más cercano a uno ya que un vertedor se usa para

medir caudal, en la gráfica $Q_R=Q_T$ se obtuvo la ecuación $Q_R=1.1Q_T$.

Las pérdidas obtenidas tuvieron valores medio pero para tratarse de un dispositivo para medir el caudal deberían ser más bajas porque este debería producir pérdidas en lo menor posible

RECOMENDACIONES

- Tener más precisión a la hora de tomar los datos en el método gravimétrico
- Tener más cuidado en el momento de tomar las alturas del nivel de agua en los vertederos.

FUENTES CONSULTADAS

STREETER, Victor; WYLIE, E. Benjamín; BEDFORD, Keith W. Mecánica de Fluidos. Mc Graw Hill. Novena Edición. 2000.

ZARATE, Jaime. Guía de laboratorio de Fluidos, IUPEG 1989