

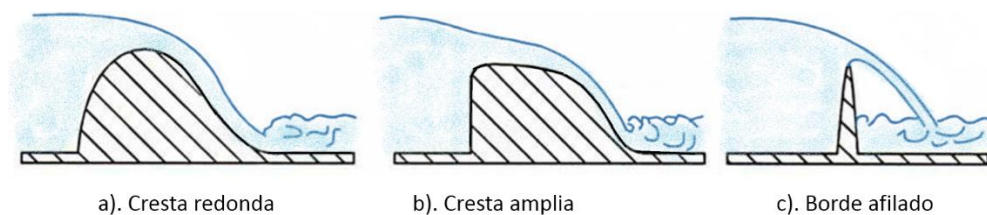
DESCARGA SOBRE VERTEDEROS

I.1.INTRODUCCIÓN

Los vertederos son utilizados para regular el flujo en ríos y otros canales abiertos. A menudo el propósito es mantener el nivel del agua con algún propósito tal como la navegación, pero un vertedero puede ser también utilizado para medir la tasa de flujo (PUGA, 2010, p19).

En muchos casos la tasa de flujo sobre el vertedero depende únicamente del nivel del agua aguas arriba del vertedero (la relación entre la tasa de flujo y el nivel del agua es conocido como curva de gasto). No obstante, el nivel del agua aguas abajo del vertedero puede subir lo suficiente como para afectar las condiciones de flujo, tal que la tasa de flujo no solo es función del nivel del agua aguas arriba sino también del nivel aguas abajo. En este caso el vertedero es conocido como sumergido (MARKLAND, 1994).

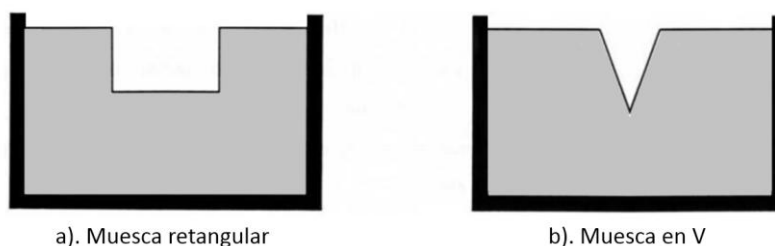
La sección transversal de un vertedero se determina generalmente considerando la fuerza y estabilidad en relación a las condiciones del sitio y disponibilidad de materiales. La cresta es usualmente redondeada o ancha como se muestra en las Figs. 1(a) y 1(b). En tales vertederos el flujo permanece adherido a la superficie de aguas abajo. En el caso del vertedero con la forma de cresta mostrado en la Fig. 1 (c) el flujo se separa en la cresta para formar un chorro curvo el cual se sumerge en la piscina de aguas abajo. En una vista en planta el vertedero puede ser recto o curvo para ajustarse a las condiciones del sitio, o por razones de estética (UNC, 2002, p24). Con frecuencia el nivel de la cresta no es uniforme a lo largo de toda su longitud. Por ejemplo, una parte de la longitud puede ser utilizada para llevar flujo normal dejando la restante con una cresta más alta utilizada para tasas de flujo más altas.



Adaptado de: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

Fig. 1 Ejemplos de varios perfiles en vertederos

Una forma de vertedero aconsejada particularmente para la medición de flujo es la "muesca o ranura", llamada así porque comprende una muesca de borde afilado cortada de una placa metálica (UNC, 2002, p24). El corte puede ser de cualquier forma, pero las ranuras rectangulares y en V son generalmente las preferidas Fig. 2.



Fuente: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

Fig. 2 Vista frontal de cortes de ranuras o muescas de un vertedero

I.2.OBJETIVO

- Conocer el manejo de vertederos para la medición de tasas de flujo en canales.
- Determinar el coeficiente del vertedero.
- Determinar el porcentaje de error del coeficiente al compararlo con los dados en la literatura.

I.3.EQUIPO

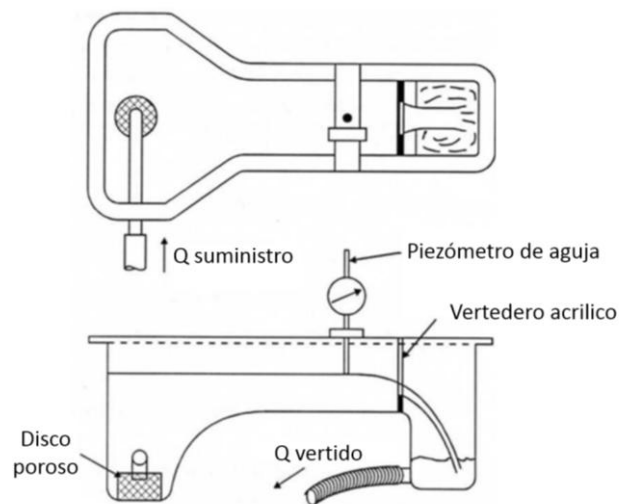
- Banco hidráulico que incluye canal de pendiente fija.
- Vertederos acrílicos que incluye sección rectangular, triangular (V) recta y aguda.
- Cronómetro.
- Piezómetro de aguja.
- Motobomba y tanque volumétrico aforado.



Fuente: Propia

Fig. 3 Equipo para visualizar el flujo a través de un vertedero y ranuras rectangular y triangular

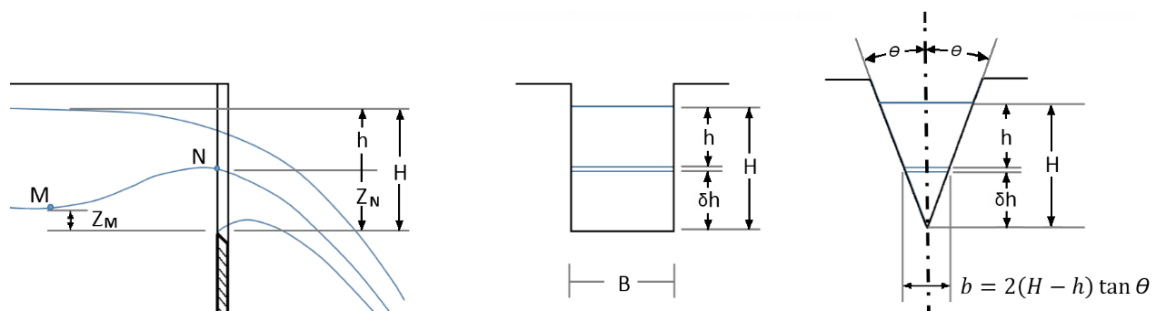
Los detalles de la construcción del equipo varían algo entre los tipos de banco hidráulico de gravimetría y volumétrico. En el banco de gravimetría el canal plástico moldeado mostrado en la Fig. 4 es utilizado, las muescas se insertan en ranuras en las paredes del canal. En el banco volumétrico Fig. 3b el canal es moldeado como parte del banco. El agua es admitida a la sección ampliada del canal por un disco poroso. El agua fluye a través de una contracción suave en el canal y luego sobre el vertedero dentro de una tolva de recogida de la cual es conducida al tanque volumétrico. El nivel aguas arriba referido a la cresta del vertedero de la ranura bajo prueba es medido en un punto de medición el cual puede ser enganchado a las paredes del canal.



Adaptado de: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

Fig. 4 Montaje de laboratorio

I.4.MARCO TEÓRICO



Adaptado de: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

Fig. 5 Diagramas esquemático del flujo sobre vertederos

La Fig. 5 representa las características esenciales del flujo sobre ranuras rectangulares y en V. El flujo de aproximación se asume como uniforme con una carga total H medida sobre el nivel de la cresta de la ranura. Si el área de la sección transversal del canal es mucho mayor que el área del flujo sobre la ranura, entonces la altura de velocidad en el flujo de aproximación será despreciable y el nivel del agua representará la carga total H . A lo largo del flujo no perturbado aguas arriba las condiciones son

efectivamente hidrostáticas, la carga total H en un punto M está dada por:

$$H = P_M/w + z_M \quad (1)$$

Considerando una línea de corriente típica de flujo del punto M en la sección aguas arriba al punto N en el plano de la ranura. En la ausencia de cualquier pérdida de carga total, de acuerdo con la ecuación de Bernoulli:

$$H = \frac{P_M}{w} + z_M = \frac{u_N^2}{2g} + \frac{P_N}{w} + z_N \quad (2)$$

La presión estática P_N en N es la atmosférica, es decir $P_N = 0$ tal que:

$$H = \frac{u_N^2}{2g} + z_N$$

Utilizando la sustitución

$$H - z_N = h$$

Donde h es la profundidad del punto N bajo el nivel superficial sin perturbaciones, como se muestra en la Fig. 5 se obtiene:

$$u_N = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

La velocidad del flujo en N es vista como aquella que sería alcanzada por una partícula cayendo libremente del nivel de la superficie sin perturbación aguas arriba.

La tasa de descarga sobre cualquier ranura puede ser encontrada por integración. Si b es el ancho de la ranura a la profundidad h bajo el nivel superficial aguas arriba, entonces para un elemento de altura δh el elemento de área δA es

$$\delta A = b\delta h$$

Por tanto, el elemento de descarga δQ es

$$\delta Q = u_N \delta A = \sqrt{2gh} b \delta h$$

La tasa de flujo total Q obtenida por integración de cero a H es:

$$Q = \int_0^H \sqrt{2gh} b dh \quad (4)$$

Esta ecuación es válida para una ranura de cualquier forma y puede ser fácilmente evaluada para las formas rectangulares y en V bajo discusión.

Para la ranura rectangular de ancho B la ecuación (4) queda:

$$Q = B \int_0^H \sqrt{2gh} dh$$

Integrando,

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} B H^{3/2} \quad (5)$$

Para la ranura en V de ángulo $(\theta/2)$ el ancho b está dado por:

$$b = (H - h) \tan(\theta/2)$$

La tasa de flujo total dada por la ecuación (4) es:

$$Q = \int_0^H \sqrt{2gh} 2(H - h) \tan(\theta/2) dh$$

E integrando,

$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan(\theta/2) H^{5/2} \quad (6)$$

Las ecuaciones (5) y (6) ignoran la contracción del flujo cuando pasa a través de la ranura. Esto puede ser visto claramente en el aparato tanto en el plano vertical donde la superficie superior es trazada hacia abajo sobre la ranura y la superficie inferior se levanta de la cresta en dirección hacia arriba, y en el plano horizontal donde el agua se eleva desde los lados de la ranura en una curva la cual reduce el ancho de la corriente. La contracción es similar a la observada en un orificio de bordes afilados y tiene el mismo efecto de reducir la tasa de descarga (MARBELLO, p25). Por tanto las ecuaciones anteriores quedan de la siguiente forma:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot B \cdot H^{3/2} \quad (7)$$

Para la ranura horizontal y:

$$Q = C_d \cdot \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot g} \cdot \tan(\theta/2) \cdot H^{5/2} \quad (8)$$

Para la ranura en V. En estas ecuaciones C_d es un coeficiente adimensional de la descarga sobre la ranura el cual no es necesariamente independiente de H y el cual es determinado experimentalmente.

I.5.PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Disponga el banco hidráulico de tal manera que el caudal aportado por la bomba pase por el difusor de aquietamiento, el canal es fijo y de pendiente constante.
- Sitúe en las ranuras del canal el vertedero a calibrar.
- Para las ranuras determine la geometría, para las ranuras en V determine el valor de θ .

- Instale el piezómetro de aguja en los bordes del canal.
- Encienda la bomba del banco hidráulico.



Adaptado de: Pérez R., H. (2011) "Guías para prácticas de laboratorio mecánica de fluidos"
Fig. 5 Vertedero rectangular

- Ajuste la tasa de agua que entra al canal por medio de la válvula reguladora de tal forma que a lámina de agua alcance una altura constante sobre la garganta del vertedero.
- Afore la tasa de agua que pasa sobre el vertedero.
- Mida la altura de agua sobre la cresta del vertedero haciendo usos del piezómetro de aguja.
- Tome como mínimo tres lecturas y tabule los datos.

I.6.RESULTADOS Y CÁLCULOS

I.6.1.Cuestiones de discusión

1. Determine el coeficiente de descarga para los vertederos estudiados y calcule el porcentaje de error de acuerdo a los datos dados en la literatura.
2. Sugerencias para mejorar el montaje.

3. ¿Cuál sería el efecto de un error en el ajuste del datum del punto de medición? Por ejemplo, si se tiene un error de 1 mm estableciendo el punto inicial de lectura del medidor. ¿Sería diferente el valor de C_d ? Si es así, ¿qué porcentaje de efecto habría en los límites superior e inferior del rango de medición?
4. ¿En qué medida el experimento ha confirmado el tratamiento teórico?, ¿Se ha establecido la dependencia sobre B para la ranura rectangular o θ para la ranura en V ? Un proyecto sugerido es planear una serie de pruebas para explorar la dependencia sobre B utilizando un conjunto de ranuras, o por la cobertura parcial del ancho de una metálica suministrada. ¿Qué rango de B sería el elegido? ¿Cuál sería una buena forma de presentar los resultados? ¿Hay una forma reconocida de la ecuación 7 que permite el efecto de la contracción en los lados?

I.7.BIBLIOGRAFÍA

MARKLAND, E. (1994) "A first course in Hydraulics" by Emeritus Professor E. Markland, Published by TecQuipment Limited, 1994.

PÉREZ R., H. (2011) "Guías para prácticas de laboratorio mecánica de fluidos", Descarga a través de vertederos, versión 2, Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás.

Diseño de Estructuras Hidráulicas de Drenaje (2002). Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Recuperado de: http://www.agronomia.uchile.cl/web/manuel_casanova/conservacion/dise%F1o%20de%20estructuras%20hidr%E1ulicas.pdf. Fecha de recuperación: 1 de agosto de 2013.

PUGA M., (2010). Modelo hidráulico físico de vertederos. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1681/1/T-ESPE-029265.pdf>.
Fecha de recuperación: 1 de agosto de 2013.

MARBELLO R., Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12697/31/3353962.2005.Parte%206.pdf>.
Fecha de recuperación: 1 de agosto de 2013.

II Estudio y patronamiento de vertederos. Departamento de Hidráulica. Universidad del Cauca (UNICAUCA). Recuperado de: http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/2_vertederos.pdf. Fecha de recuperación: 1 de agosto de 2013.