



Laboratorio
de Hidráulica
Ing. David
Hernández Huéramo



Dr. Juan Pablo Molina Aguilar • Ing. Jorge Leonel Angel Hurtado • M. I. Jesús Martín Caballero Ulaje

Revisión 2023

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

AFORO DE CAUDAL EMPLEANDO ORIFICIOS

OBJETIVO (S)

Una vez desarrollada la práctica, orientada a visualizar, medir y comprender, el alumno será capaz de:

1. Identificar las distintas geometrías usadas en la estructura hidráulica, llamada orificio, que son utilizadas para la medición de caudal en canales.
2. Comprender las características y funcionamiento hidráulico de un orificio.
3. Determinar experimentalmente el coeficiente de descarga del orificio utilizado en la práctica.

ENCUADRE TEÓRICO

Un orificio es, desde el punto de vista de la medición de gastos (caudales), una pared que permite el paso del agua por una abertura que tiene una geometría determinada, por lo general circular, y un desarrollo longitudinal variable, de acuerdo a las necesidades del aforo, por ejemplo:



Figura 2.1 Distintos tipos de orificios.

Para definir el gasto (caudal) que es desalojado por el orificio (Figura 2.2), partimos de la aplicación de la ecuación de la energía entre la Superficie Libre del Agua (SLA) en la sección 1 y el centro del orificio justo al abandonar el recipiente en la

sección 2, considerando que en este último se encuentra ubicado el Plano Horizontal de Referencia (PHR).

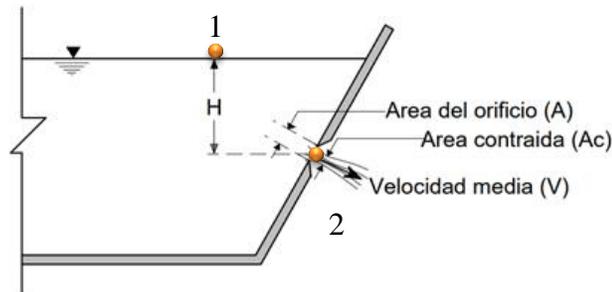


Figura 2.2 Esquema del funcionamiento de un orificio.

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

Donde:

z = Carga de posición [m.c.a.]

$\frac{P}{\gamma}$ = Carga de presión [m.c.a.]

$\frac{V^2}{2g}$ = Carga de velocidad [m.c.a.]

Considerando las condiciones de frontera del problema, al definir el Plano Horizontal de Referencia al centro de la geometría, para simplificar la ecuación de la energía se tiene:

$$H + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{2gH}$$

Donde:

V = Velocidad de salida del recipiente [m/s]

g = Aceleración de la gravedad [9.81 m/s²]

H = Carga hidráulica sobre el orificio [m]

Como se aprecia el funcionamiento es muy simple, se puede partir de la ecuación de gasto (caudal):

$$Q = AV$$

Donde:

Q = Gasto o caudal descarado por el orificio [m³/s]

V = Velocidad media de la descarga [m/s]

A = Área geométrica del orificio [m²]

En la ecuación de caudal, la geometría induce una contracción en la vena líquida, por lo que se introduce un coeficiente de contracción C_c , y ello tiene a su vez influencia en la velocidad, lo que requiere incluir su propio coeficiente de velocidad C_v , lo que resulta en:

$$Q = C_c C_v A V$$

Es usual representar ambos coeficientes en la forma de uno sólo, llamado coeficiente de descarga C_d .

$$Q = C_d A V$$

Por otra parte, la velocidad se puede calcular aplicando la ecuación de la energía, sin considerar pérdidas, entre la sección aguas arriba y la de aguas abajo, lo que resulta en que se pueda sustituir V por:

$$Q = C_d A \sqrt{2gH}$$

Donde H (Head – carga, por su nombre en inglés) es la diferencia entre el nivel del centro del orificio, considerado como el plano de referencia en la ecuación de la energía y la elevación de la superficie libre del agua en la sección aguas arriba.

La ecuación presentada suele ser común en dispositivos que se usan para aforar y que dependen de un cambio de régimen y, dicho de otra forma, sugiere que a mayor acumulación de agua antes del dispositivo, saldrá mayor gasto (caudal): *el gasto (caudal) depende de la carga antes del orificio.*

Ahora bien, la determinación del coeficiente C_d ha sido propuesta y resuelta por distintos autores, encontrando todos ellos que depende de la geometría del orificio, las condiciones del flujo antes del mismo y de si está o no descargando de forma libre. Existen tablas y figuras que, a partir de la configuración del mismo, indican varios C_d , sin embargo, se puede determinar de forma suficientemente adecuada despejando de la ecuación anterior:

$$C_d = \frac{Q}{A \sqrt{2gH}}$$

Donde Q será el gasto (caudal) real que está pasando de forma física, y el divisor sería el gasto (caudal) teórico que pasaría si no existiera contracción, es decir, el área real por la velocidad que saldría de forma teórica.

Debido a que “ C_d ”, como recién se mostró, depende de “ Q ” y éste a su vez, depende de “ H ”, se establece que cuando cambie la carga, el coeficiente también lo hará. El

valor utilizado en la vida real *puede/suele* ser un promedio, pero es mejor utilizar una función del mismo respecto de la carga.

EQUIPO O DISPOSITIVO

Mesa de aforo en orificios, vertedores y Venturi

MATERIALES

- Orificios con distintas geometrías, para elegir uno de ellos para el desarrollo
- Probeta graduada de 500 ml
- Cronómetro

PROCEDIMIENTO

La práctica se desarrollará en una etapa, acorde con la siguiente secuencia:

Etapa I.

1. Seleccionar e instalar en el dispositivo uno de los orificios.
2. Colocar el tubo de rebosamiento a un nivel determinado en el interior del tanque.
3. Poner en funcionamiento el sistema de bombeo, hasta conseguir que el nivel del agua en el tanque cuente con un nivel constante.
4. Medir la carga sobre el orificio. Una vez que se tenga la información anterior se procede a determinar el volumen que pasa por el vertedor en un determinado tiempo, calculando el gasto (caudal) y consignando los resultados en la Tabla 1.1.
5. Conforme a los valores encontrados, se procede a calcular el coeficiente de descarga al calcular el gasto (caudal) teórico y dividir con éste el aforado, y se registra en la Tabla 1.1.
6. Se varía la carga, y por lo tanto el gasto (caudal), cambiando de nivel el tubo interior en el dispositivo, y se repiten los pasos 4 y 5. El número de repeticiones será determinado en cuestión de las necesidades del estudio.

REGISTRO DE MEDICIONES

ETAPA 1

Tabla 1.1

Diámetro del orificio: _____ m

Área del orificio: _____ m²

Altura al centro del orificio: _____ m

Tipo: _____

<i>n</i>	(1) <i>H</i> (m)	(2) <i>Vol.</i> (m ³)	(3) <i>t</i> (s)	(4) <i>Q_v</i> (m ³ /s)	(5) <i>Q_T</i> (m ³ /s)	(6) <i>C_d</i> (adimensional)
1						
2						
3						
4						

ACTIVIDADES

ETAPA 1

- Encuentre el valor de “*C_d*” para el orificio utilizado en la práctica, comparando el resultado obtenido con lo publicado en las tablas y/o las figuras de la bibliografía de hidráulica. Posteriormente indique a que se pueden deber las diferencias que encuentre entre ambos, o bien, si hay alguna semejanza.

INSTRUCCIONES

- Mediante las mediciones registradas en la Tabla 1.1 determine los valores del coeficiente de descarga para cada lectura y obtenga el valor promedio.
- Determine el valor del coeficiente de descarga del orificio.