



Laboratorio
de Hidráulica
Ing. David
Hernández Huéramo



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

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

AFORO DE GASTO EN TUBERÍAS

OBJETIVO (S)

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

1. Conocer el funcionamiento, aplicabilidad y método de uso de algunos de los dispositivos de medición de gasto en tuberías.
2. Determinar el gasto que circula a través de una tubería mediante un Venturi, así como su coeficiente de descarga.

ENCUADRE TEÓRICO

El tubo Venturi es un dispositivo que se utiliza para medir el gasto que circula por una tubería. Consiste en tres partes, primero una reducción gradual del diámetro, después una garganta de diámetro constante y finalmente una ampliación gradual que termina en el diámetro original. Justo antes de la reducción del diámetro y en la garganta, se colocan piezómetros, como se muestra en la Figura 1.1, que permiten conocer la caída en la carga de presión.

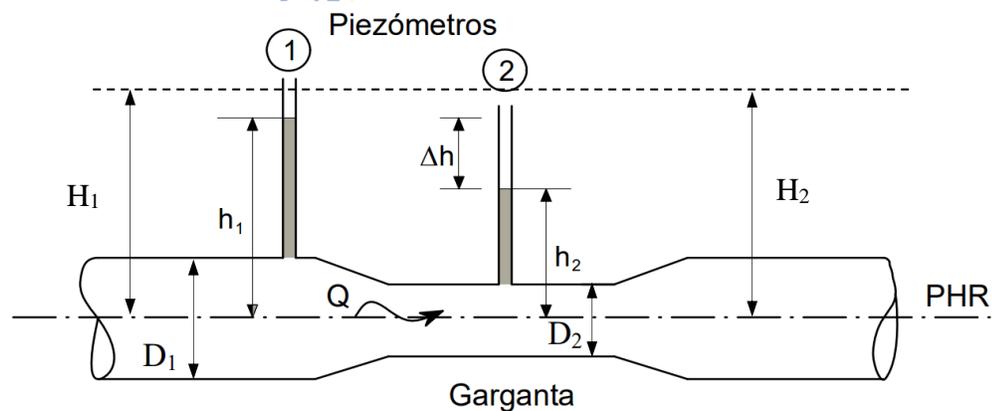


Figura 1.1 Tubo Venturi.

Si se desprecian las pérdidas debidas a la fricción, así como las pérdidas locales y se considera el coeficiente de Coriolis igual a la unidad, al aplicar la ecuación de la energía para las secciones 1 y 2, con respecto al eje del tubo, se tiene lo siguiente:

$$H_1 = H_2$$

Y sabemos por la definición de la ecuación de la energía que:

$$H = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H = Energía total disponible [m o m.c.a.]

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.]

Por lo tanto, al sustituir las componentes de la energía en las secciones inicial y final del Venturi y acomodar la ecuación, se obtiene lo siguiente:

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

El primer término en cada miembro de la ecuación, no será considerado en el desarrollo dado que la pieza se encuentra colocada de forma horizontal, por lo tanto, no incide en la transformación de la energía. Mientras que el segundo término, de acuerdo con la ecuación fundamental de la hidrostática, se puede expresar como:

$$h_1 = \frac{P_1}{\gamma}$$

La ecuación de conservación de la energía se simplifica, mostrando que la variación entre las cargas de presión, que corresponde a la energía potencial, queda definida por la diferencia de las cargas de velocidad, que corresponde a la energía cinética, lo que se expresa como:

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$h_1 - h_2 = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}$$

$$\Delta h = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}$$

Considerando la ecuación de conservación de materia o ecuación de continuidad

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{A_2 V_2}{A_1}$$

Sustituyendo en la ecuación previa, se procede a simplificar algebraicamente para calcular la velocidad de circulación al interior de la garganta.

$$\Delta h = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{\left(\frac{A_2 V_2}{A_1}\right)^2}{2g}$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{2g\Delta h}}{\sqrt{1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}}}$$

Por lo tanto, el caudal que circula a través del Venturi se define como:

$$Q = A_2 V_2 = A_2 \frac{\sqrt{2g\Delta h}}{\sqrt{1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{A_1^2 A_2^2}{A_1^2 - A_2^2}} \sqrt{2g\Delta h}$$

$$Q = k \sqrt{2g\Delta h}$$

En la ecuación anterior k es el “coeficiente de estrangulamiento” y es el valor particular del Venturi a estudiar. Si se consideran las pérdidas debidas a la fricción y locales, se agrega el coeficiente de descarga C_d , por lo tanto, el gasto se define como:

$$Q = C_d k \sqrt{2g\Delta h}$$

Ó bien:

$$Q = C_d k \sqrt{2g} (\Delta h)^{0.5}$$

Donde:

- Q = Gasto (caudal) [m³/s]
- g = Aceleración de la gravedad [9.81 m/s²]
- A₁ = Área en la sección 1 [m²]
- A₂ = Área en la sección 2 [m²]
- V₁ = Velocidad media en la sección 1 [m/s]
- V₂ = Velocidad media en la sección 2 [m/s]
- C_d = Coeficiente de descarga (Adimensional)
- K = Valor particular del Venturi (Adimensional)

EQUIPO O DISPOSITIVO

Dispositivo de tuberías y piezas especiales

MATERIALES

- Probeta graduada de 500 ml
- Cronómetro

PROCEDIMIENTO

La práctica se desarrollará en una etapa, acorde con la siguiente secuencia de pasos.

Etapa I.

1. Considerando los diámetros D₁ = 29 mm y D₂ = 18 mm en el dispositivo, se calcula el área hidráulica en cada uno de las secciones y se define el valor de *k* que es constante.
2. Con seis diferentes gastos controlados mediante la válvula al final de la tubería, realizar las lecturas de presiones en el Venturi para cada uno de ellos.
3. Se define volumétricamente el caudal que circula en la tubería, para ello se mide con la probeta el agua que descarga la tubería en un intervalo de tiempo.

REGISTRO DE MEDICIONES

ETAPA 1

Tabla 1.1

$K =$	(1) h_1	(2) h_2	(3) Δh	(4) Vol.	(5) t	(6) Q_v	(7) $\log \Delta h$	(8) $\log Q$	(9) C_d
n	(m)	(m)	(m)	(m ³)	(s)	(m ³ /s)			(Adimensional)
1									
2									
3									
4									
5									
C _d promedio =									

ACTIVIDADES

ETAPA 1

1. Comparar el valor del coeficiente de descarga C_d (conocido también como coeficiente de gasto para tubo Venturí) promedio obtenido en las mediciones en el modelo, con el publicado en textos y libros de consulta.
2. Obtener una ecuación de la calibración que tendrá la siguiente forma:

$$Q = C(\Delta h)^n$$

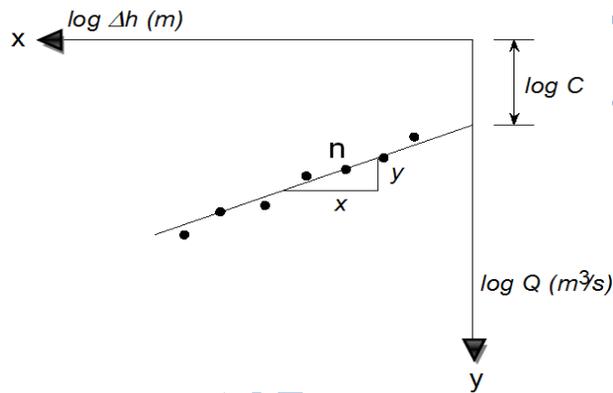
Utilizando las propiedades de los logaritmos, se modifica la ecuación como sigue:

$$\log Q = \log C + n \log \Delta h$$

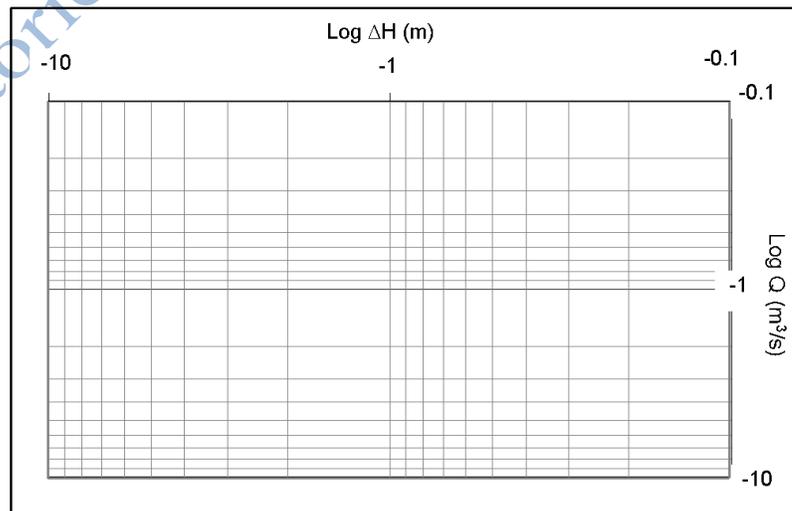
La cual podemos considerar una ecuación lineal de primer grado, siendo la pendiente m , el valor de “ n ”, quedando:

$$y = b + mx$$

Al graficar los logaritmos de los gastos ($\log Q$) en el eje de las ordenadas (y) y los logaritmos de la diferencia de presiones ($\log \Delta h$) en el eje de las abscisas (x) de los datos obtenidos, se tiene una gráfica similar a la mostrada a continuación, en la cual se observa una tendencia lineal, y para los datos graficados se trazará la recta de mejor ajuste, así entonces, la ordenada al origen que es el valor de “ $\log C$ ” al aplicar antilogaritmo se encuentra el valor del coeficiente C de la ecuación de calibración y la pendiente de esa recta de ajuste será el valor del exponente n .



También, si observamos la ecuación de gasto obtenida anteriormente $Q_v = (C_d k \sqrt{2g}) \Delta h^{0.5}$, observamos que el valor de la pendiente debe ser aproximadamente 0.5, a través de una comparación entre la línea suavizada respecto de la estructura del gasto volumétrico, el valor del coeficiente C corresponde a todo el coeficiente encerrado en paréntesis en la ecuación mostrada



INSTRUCCIONES

1. Mediante las mediciones registradas en la Tabla 1.1 determine los valores del coeficiente de descarga (C_d) para cada lectura y obtenga el valor promedio.
2. Grafique los datos de los logaritmos para el caudal y la diferencia de presiones en la gráfica.
3. Defina los parámetros de la calibración del tubo Venturi (C y n)

Laboratorio de Hidraulica Ciclo 24_25 SS