

**Observaciones**

$r_{max}$ (cm)	N (rpm)	$w$ ( $\frac{rad.}{seg.}$ )	$h_{max}$ Teórica	$h_{max}$ Real

NOMBRE \_\_\_\_\_ No. MAT. \_\_\_\_\_

BRIGADA \_\_\_\_\_

**PRACTICA No. 8**

**DEMOSTRACION DEL TEOREMA DE BERNOULLI.**

**Objetivo**

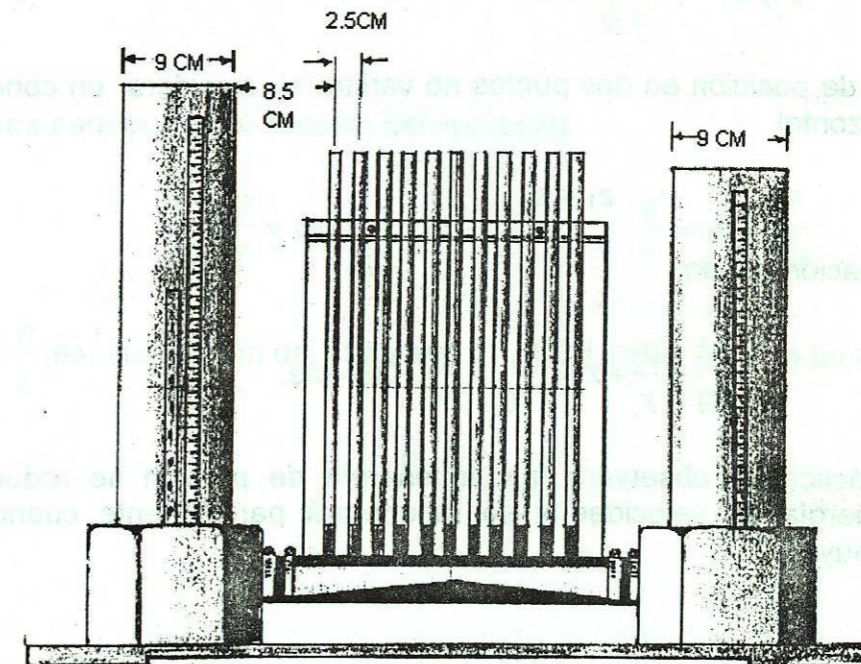
Demostrar la relación que existe entre las cargas de presión, velocidad y posición al estar circulando un fluido a través de un conducto de sección variable.

**Equipo a utilizar**

Banco de pruebas.

Aparato para la demostración del teorema de Bernoulli.

**Aparato para la demostración del teorema de Bernoulli**



### Descripción del aparato

El aparato consta de un conducto convergente-divergente equipado con tubos piezométricos colocados a lo largo del conducto, separados entre sí 2.5 cm. uno del otro. El conducto rectangular esta formado de secciones de plásticos unidas entre sí, el tablero del frente es transparente.

En cada uno de los extremos del conducto hay un tanque de plástico transparente con base de metal, los cuales tienen una escala vertical para medir la carga de agua sobre la línea del centro del conducto.

El tanque de entrada tiene una conexión para la manguera de la bomba y un tubo interior perforado para minimizar la turbulencia. El tanque de la salida tiene una válvula reguladora de descarga.

### Teoría

La ecuación de Bernoulli establece que la suma de las energías (cargas) de presión, velocidad y posición, deben permanecer constantes a lo largo de una línea de corriente en cualquier sección del conducto con fluido en movimiento.

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z_1 = \frac{v^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 = \text{cte.}$$

La carga de posición en dos puntos no variara al considerar un conducto en posición horizontal.

$$z_1 = z_2$$

Entonces la ecuación queda:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 = \text{cte.}$$

En la práctica se observará que la energía de presión se reduce al aumentar la energía de velocidad y se recuperará parcialmente cuando la velocidad disminuye.

La velocidad del fluido en una determinada sección del conducto es:

$$V = Q/A$$

En donde:

Q.- Representa el gasto.

A.- Representa el área de una sección transversal del conducto, si el gasto no varia, entonces:

$$V = C_0 / A \quad C_0 = \text{cte.}$$

El área es igual a largo por ancho,  $A = L \times b$

En donde  $b = \text{cte.}$  el conducto esta formado entre dos placas paralelas.

$$V = C_0 / (L \times b) \quad V = C_1 / L \quad C_1 = C_0 / b$$

Los lados convergentes del conducto son rectos, "L" varia inversamente con "x", donde "x" es la distancia desde la entrada del canal por lo tanto:

$$L \propto \frac{1}{x} \quad L = \frac{C_2}{x} \quad V = \frac{C_1}{\frac{C_2}{x}}$$

$$V = C' \cdot x \quad C' = \frac{C_1}{C_2} \quad V \propto x$$

Entonces para cualquier sección del conducto.

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} = \text{cte.} \quad \frac{p}{\gamma} = \text{cte.} - \frac{v^2}{2g}$$

Donde  $\frac{p}{\gamma}$  es una función del cuadrado de la velocidad y por lo tanto de  $x^2$

$$\frac{P}{\gamma} = \text{cte.} - \frac{x^2}{2g}$$

Para comprobar que  $\frac{p}{\gamma}$  varia con el cuadrado de la velocidad.

$$h \propto V^2$$

$$V \propto x$$

$$h \propto x^2$$

$$h = Kx^2$$

$$h = Kx^n$$

$$\ln h = \ln Kx^n$$

$$\ln h = \ln x^n + \ln K$$

$$\ln h = n \ln x + \ln K$$

Debido a la fricción, existe una perdida de carga entre dos puntos de un conducto cualesquiera de la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + hf_{1-2}$$

Donde  $hf_{1-2}$  es la perdida de carga debido a la fricción como  $z_1 = z_2$  y las lecturas se toman entre la entrada y la salida del canal donde las áreas son iguales:

$$\begin{aligned} v_1 &= v_2 \\ p_1 - p_2 &= hf \end{aligned}$$

El grado de recuperación de presión "R" será:

$$R = \frac{h_s - h_g}{h_e - h_g} \times 100\%$$

$h_s$  .- Carga de presión en salida

$h_g$  .- Carga de presión en la garganta

$h_e$  .- Carga de presión en la entrada.

### Procedimiento

- Cierre la válvula principal y arranque la bomba.
- Regule el gasto para llenar el tanque de entrada y mantener un nivel estable, (cuidando que no de derrame) el flujo a través del conducto

- deberá ser rápido, de tal forma que la presión en la, garganta sea lo mas bajo posible de manera que muestre una lectura en el tubo piezométrico
- Ajuste la válvula de control y la válvula de salida hasta que haya una amplia diferencia de, presión entre la entrada y la garganta del conducto con el nivel de visible en todos los tubos piezométricos.
  - Revise cuidadosamente que los niveles estén estáticos y no sujetos a oscilaciones.
  - Haga sus lecturas.
  - Cierre la válvula principal y pare la bomba.

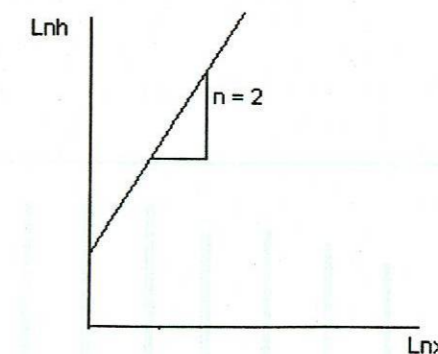
### Datos a obtener

Lecturas en los tubos piezométricos, niveles en los tanques de alimentación y de salida.

### Interpretación de los resultados

Trace una gráfica de  $\frac{p}{\gamma}$  contra "x" e interprétela

Trazar una gráfica  $\ln h$  contra  $\ln x$  para comprobar que h es directamente proporcional a  $x^2$  o sea que  $n = 2$ .



**Observaciones**

X	$p/\gamma$	X	$H = K - p/\gamma$	$L_{nh}$	$L_{nx}$

NOMBRE \_\_\_\_\_ No. MAT. \_\_\_\_\_

BRIGADA \_\_\_\_\_

**PRACTICA No. 9**

**GASTO A TRAVÉS DE UN ORIFICIO**

**Objetivo**

Determinar prácticamente el gasto y la forma de la descarga a través de un orificio con diferentes cargas.

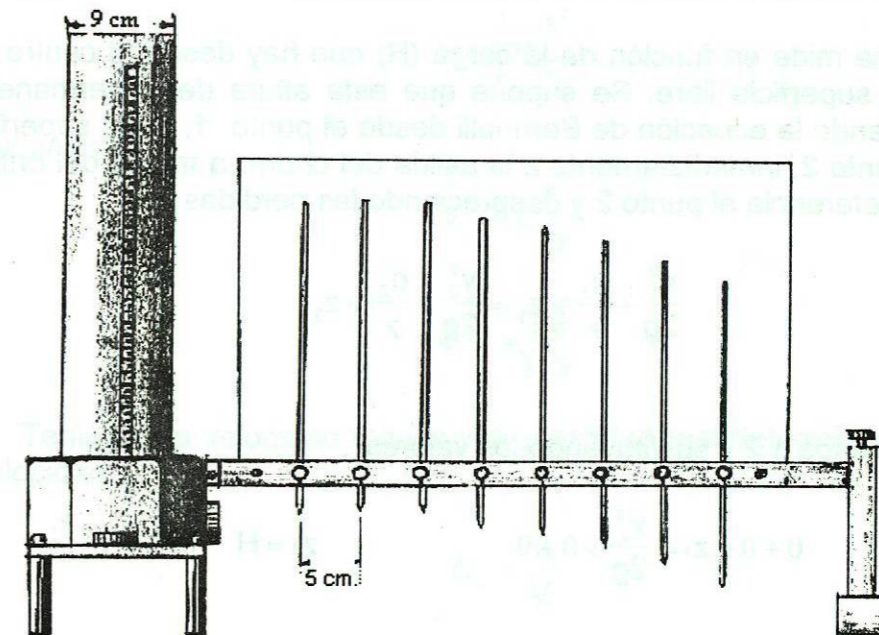
**Equipo a utilizar.**

Banco de pruebas

Tanque con orificio

Orificios de 5 mm. y 8 mm. de diámetro.

Cronómetro y Escala.



### Descripción del equipo

El aparato tiene una base con cuatro resortes de acero inoxidable y un tanque cilíndrico de plástico transparente con una altura total de 50 cm. una escala de dos posiciones esta montada en el tanque para medir la altura de la superficie del agua sobre el orificio. Hay dos formas de montar las placas con orificio en el tanque, una para descarga horizontal y otra para descarga vertical.

El orificio que no se use debe ser cerrado con un tapón ciego suministrado para este propósito, el aparato tiene orificios de 8 mm. y de 5 mm. de diámetro. El agua es suministrada al tanque a través de la bomba por medio de la descarga de la bomba y es distribuida dentro del tanque por un tubo vertical perforado. Esto evita la turbulencia y permite mantener el nivel de la superficie del agua.

El aparato para medir el perfil de la trayectoria es usado con el orificio de descarga horizontal. El aparato consta de una barra de latón con ocho orificios separados 5 cm. uno del otro, en los cuales van insertadas unas agujas de acero inoxidable de 24 cm. de largo que pueden ser mantenidas en determinada posición por tornillos opresores para marcar el perfil de la trayectoria de descarga del agua.

### Teoría

El orificio de aforo se utiliza para medir el gasto que sale de un recipiente. el orificio puede hacerse en la pared o en el fondo. Es una abertura generalmente redonda a través de la cual fluye el líquido.

El gasto se mide en función de la carga (H) que hay desde el centro del orificio hasta la superficie libre. Se supone que esta altura debe permanecer constante. Aplicando la ecuación de Bernoulli desde el punto 1, en la superficie libre, hasta el punto 2, inmediatamente a la salida del chorro a través del orificio tomando como referencia el punto 2 y despreciando las pérdidas.

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2$$

Analizando los puntos 1,2 y sustituyendo los valores

$$0 + 0 + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + 0 + 0 \quad z_1 = H$$

O Sea:

$$\therefore V_2 = \sqrt{2gH}$$

Esta es la velocidad teórica ya que las pérdidas se han despreciado. La relación entre la velocidad real ( $V_r$ ) y la velocidad teórica ( $V_t$ ) es denominada coeficiente de velocidad ( $C_v$ ) que es:

$$C_v = V_r / V_t$$

De Donde:

$$V_r = C_v \sqrt{2gH}$$

La velocidad real en la práctica se va a determinar midiendo, con cada una de las agujas que tiene el tablero, la trayectoria horizontal y vertical del chorro.

De la trayectoria horizontal

$$x = V_r t \quad t = \frac{x}{V_r}$$

De la trayectoria vertical.

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

Sustituyendo t

$$y = \frac{1}{2} g \frac{x^2}{V_r^2}$$

Despejando  $V_r$

$$V_r^2 = g \frac{x^2}{2y}$$

$$V_r = x \sqrt{\frac{g}{2y}}$$

Teniendo la velocidad teórica y la velocidad real determinar el coeficiente de velocidad.

$$C_v = \frac{V_r}{V_t}$$

El gasto que teóricamente pasa a través del orificio es:

$$Q_t = A_o V_t$$

$$Q_t = A_o \sqrt{2gH}$$

El gasto real que pasa por el orificio será el producto de la velocidad real por el área del chorro.

Debido a la contracción del chorro cuando deje el orificio (vena contracta) el área real de la descarga ( $A_{ch}$ ) es menor que el área que tiene el orificio ( $A_o$ ).

$$A_{ch} = A_o C_c$$

De donde  $C_c$  es el coeficiente de contracción:

$$C_c = \frac{A_{ch}}{A_o}$$

Entonces:

$$Q_r = A_{ch} C_v \sqrt{2gH}$$

$$Q_r = C_c C_v A_o \sqrt{2gH}$$

Donde:

$$C_d = C_c C_v$$

$$Q_r = C_d A_o \sqrt{2gH}$$

$$Q_r = C_d Q_t$$

El gasto real se determina directamente en la práctica tomando el tiempo que tarda en llenarse un determinado volumen.

$$Q_r = \frac{V}{t}$$

$C_d$  Coeficiente de descarga

$$C_d = \frac{Q_r}{Q_t}$$

En la practica se puede determinar el coeficiente de velocidad ( $C_v$ ) teniendo la velocidad real y la velocidad teórica.

$$C_v = \frac{V_r}{V_t}$$

Y también se puede determinar el coeficiente de descarga ( $C_d$ ) teniendo el gasto real y el gasto teórico. Teniendo  $C_d$  y  $C_v$  determinado  $C_c$ .

$$C_c = \frac{C_d}{C_v}$$

Y así podemos obtener el área del chorro:

$$A_{ch} = A_o C_c$$

### Procedimiento

- Coloque el orificio de 5 mm en el lado de la base del tanque y cierre con el tapón ciego el agujero de la base. Cierre la válvula de control del tablero del frente y arranque la bomba.
- Regule el gasto, por medio de la válvula de control para mantener el nivel a su máxima altura debe asegurarse que el nivel no este sujeto a oscilaciones.
- Cuándo el nivel se mantenga estable mida el nivel del agua en el tanque tomando como referencia el centro del orificio y el tiempo requerido para llenar un volumen (5lts).
- Coloque las agujas del medidor de perfil siguiendo el chorro de descarga y sujételas.
- Mida la distancia horizontal desde el orificio hasta la aguja mas baja entonces mida la distancia vertical desde el centro del orificio hasta la punta de la misma aguja. Estas son las coordenadas horizontal y vertical de la punta de la aguja relativa al orificio. Anote las lecturas.
- Repita las observaciones para diferentes niveles espaciados uniformemente
- Al terminar la prueba cierre la válvula de alimentación y pare la bomba.
- Cambie el orificio de 5 mm. de diámetro por el de 8 mm. y repita las observaciones.
- Pare la bomba y permita que el aparato drene al recipiente principal.

**Datos a obtener**

- a) Lecturas del nivel del recipiente (H)
- b) Lecturas de la trayectoria horizontal (X)
- c) Lecturas de la trayectoria vertical (Y)
- d) Tomar tiempo de llenado de un volumen para determinar el gasto.  
Interpretación de los resultados.

Determine los coeficientes de descarga, velocidad, contracción y calibre del chorro ( $A_o$ ) para cada grupo de resultados obtenidos.

	H	X	Y	$V_t$	$Q_t$	$V_r$	t	$\psi$	$Q_r$	$C_v$	$C_d$	$C_c$	$A_{ch}$
1													
2													
3													
4													
5													

NOMBRE \_\_\_\_\_ No. MAT. \_\_\_\_\_

BRIGADA \_\_\_\_\_

**PRACTICA No. 10**

**TIEMPO TEORICO DE VACIADO**

**Objetivo**

Comprobar prácticamente que el tiempo de vaciado a partir de una carga inicial dada.

**Equipo a utilizar**

- Banco de pruebas
- Tanque con orificio
- Descripción del aparato: lo descrito en la parte 1
- Cronómetro.

**Teoría**

Considere un diferencial de tiempo (dt) en segundos, el nivel del agua bajará (dh) metros. El volumen que baja en el tanque es igual que el volumen de flujo que sale a través del orificio.

La velocidad con la que sale el agua es:

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

El volumen que baja en el tanque es:

$$V = A_r dh$$

El volumen que sale a través del orificio es:

$$V = Q dt$$

Entonces:

$$A_r dh = Q dt$$

Donde:

$A_r$  es el área del tanque

$A_o$  es el área del orificio

El gasto que sale a través del orificio es:

$$Q_t = A_o V_t t$$

$$Q_t = A_o \sqrt{2gh}$$

$$A_r dh = A_o \sqrt{2gh} dt$$

$$dt = \frac{A_r dh}{A_o \sqrt{2gh}}$$

$$t = \int_0^H \frac{A_r h^{-1/2} dh}{A_o \sqrt{2g}}$$

Integrando:

$$t = \frac{2A_r h^{1/2}}{A_o \sqrt{2g}}$$

$$t = \frac{2A_r h^{1/2}}{A_o \sqrt{2g}}$$

Midiendo la carga en el tanque y teniendo el área en el recipiente y el área del orificio, determinamos el tiempo teórico de descarga.

**Procedimiento**

- a) Coloque el orificio de 5 mm. en la base del tanque y la escala en la posición inferior.
- b) Cierre la válvula de control en el tablero y arranque la bomba.
- c) Regule el gasto por medio de la válvula de control para dar su máximo.

- d) Cuando esto ha sido efectuado, detenga el flujo parando la bomba y cerrando rápidamente la válvula para evitar que el agua regrese al tanque principal. Simultáneamente ponga a funcionar el cronometro y mida el tiempo necesario para que el tanque se vacíe completamente a través del orificio.
- e) Apunte el tiempo y el nivel inicial del agua en la hoja de pruebas.
- f) Repita las observaciones para niveles menores esparcidos igualmente desde el nivel máximo a cero.
- g) Cierre la válvula de control y pare la bomba.
- h) Cambie el orificio por el de 8 mm. de diámetro y repita las observaciones para los mismos niveles.
- i) Pare la bomba y deje que el aparato drene completamente al recipiente principal.

**Datos a obtener**

- a) Determine el tiempo teórico.
- b) Lectura del nivel del recipiente (H)
- c) Medición del tiempo real (t).
- d) Interpretación de los resultados.
- e) Compare el tiempo teórico con el tiempo real.

**Observaciones**

D	H	t <sub>t</sub>	t <sub>r</sub>
5mm			
5mm			
5mm			
8mm			
8mm			
8mm			