

# MEDICION DE CAUDAL

# MEDICION DE CAUDAL

Podemos clasificar los medidores de Caudal según sea el caudal ,en

a) **Medidores Volumétricos**

*Determinan el caudal en volumen del fluido*

b) **Medidores Másicos**

*Determinan el caudal aprovechando características medibles de la masa del fluido*

# MEDICION DE CAUDAL

## a) Medidores Volumétricos

### ✓ De Presión Diferencial

Placa Orificio

Tobera

Tubo Venturi

Tubo Pitot

Tubo Annubar

### ✓ De Area Variable

Rotámetro

### ✓ De Velocidad

Caudalímetro de Turbina

Caudalímetro ultrasónico

# MEDICION DE CAUDAL

## a) Medidores Volumétricos (continuación)

### ✓ De Tensión inducida

Caudalímetro magnético

### ✓ De Desplazamiento Positivo

Caudalímetro rotativo

# MEDICION DE CAUDAL

## b) Medidores de Caudal Másico

### ✓ **Térmico**

Diferencia de Temperatura en dos sondas de resistencia

### ✓ **Fuerza de Coriolis**

Tubo en vibración

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE PRESION DIFERENCIAL

Se basan en la **Ecuación de Bernoulli** (ley de conservación de la Energía Mecánica aplicada a fluidos en movimiento)

$$E_c + E_{palt} + E_{ppres} = cte$$

Podemos además calcular el Caudal  $Q$  según la siguiente ecuación

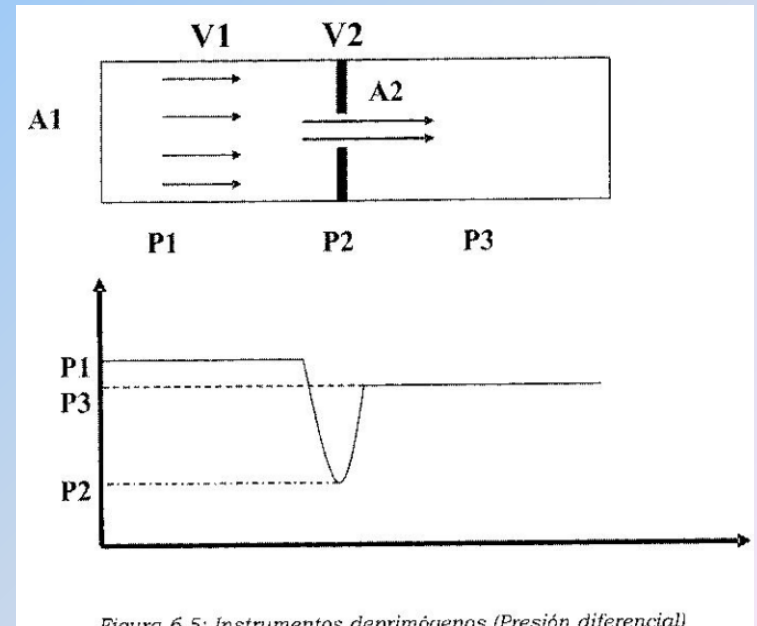
$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2$$

Resolviendo

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2$$

$$Q = K \sqrt{\Delta P}$$

$$con \Delta P = P_1 - P_2$$



# MEDICION DE CAUDAL

## Demostración

$$E_c + E_{palt} + E_{ppres} = cte$$

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2$$

$$\text{Si } h_1 = h_2 \quad \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 + P_1 = \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 + P_2 \quad Q = v_1 A_1 = v_2 A_2$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left( \frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right)$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho \left( \frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right)}}$$

$$Q = v_1 \cdot A_1 = k \sqrt{\Delta P}$$

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS

### PLACA ORIFICIO

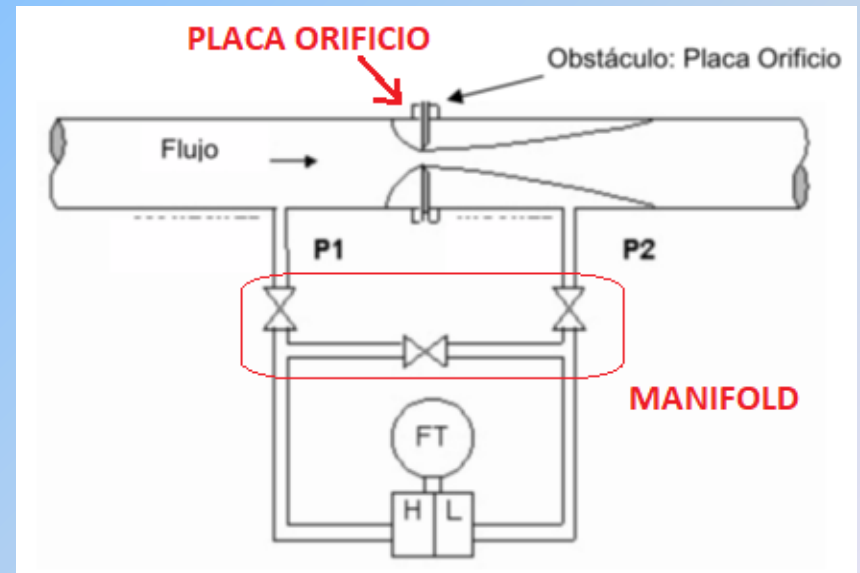
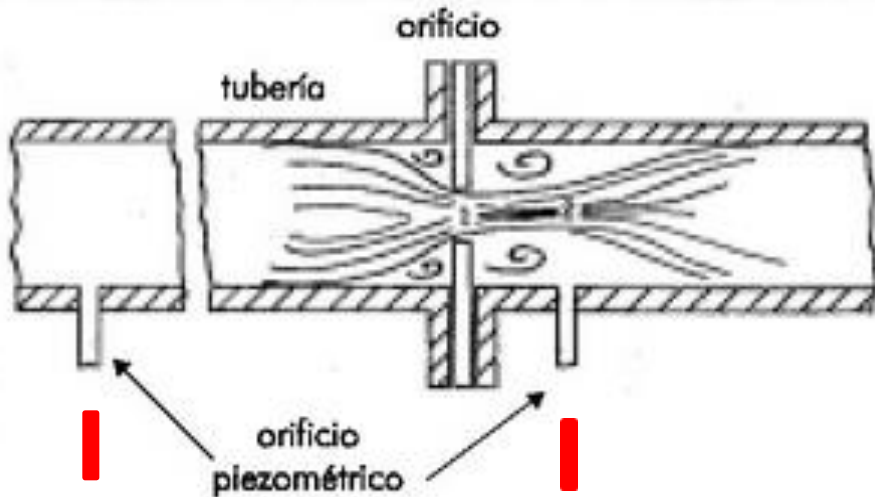
Consiste en una placa perforada instalada en la tubería. A través de 2 tomas instalados en la parte anterior y posterior de la placa orificio, que permiten medir la presión diferencial.

Tendremos que

$$\beta = \frac{d}{D}$$

$$Q = k\sqrt{\Delta P}$$

$$0,3 < \beta < 0,7$$

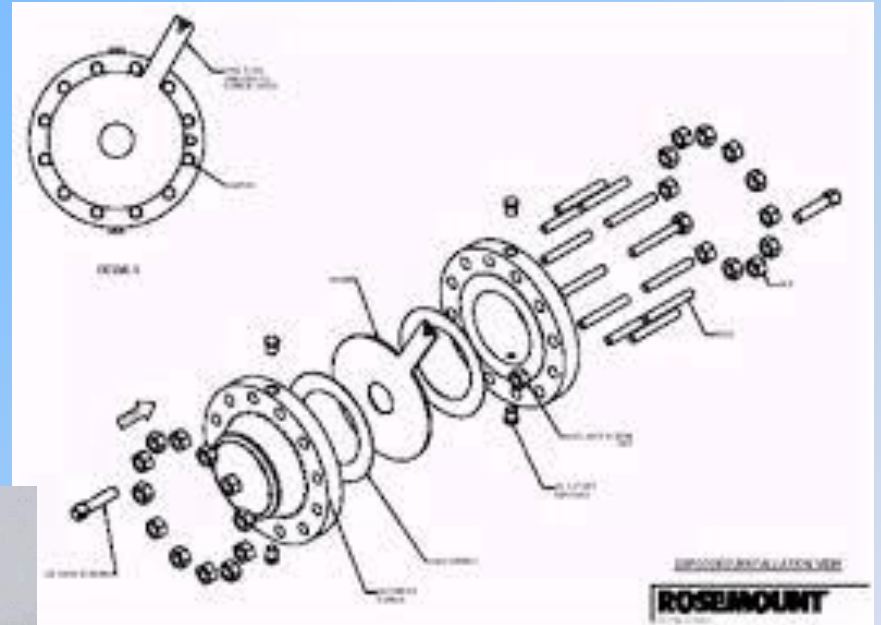




# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS

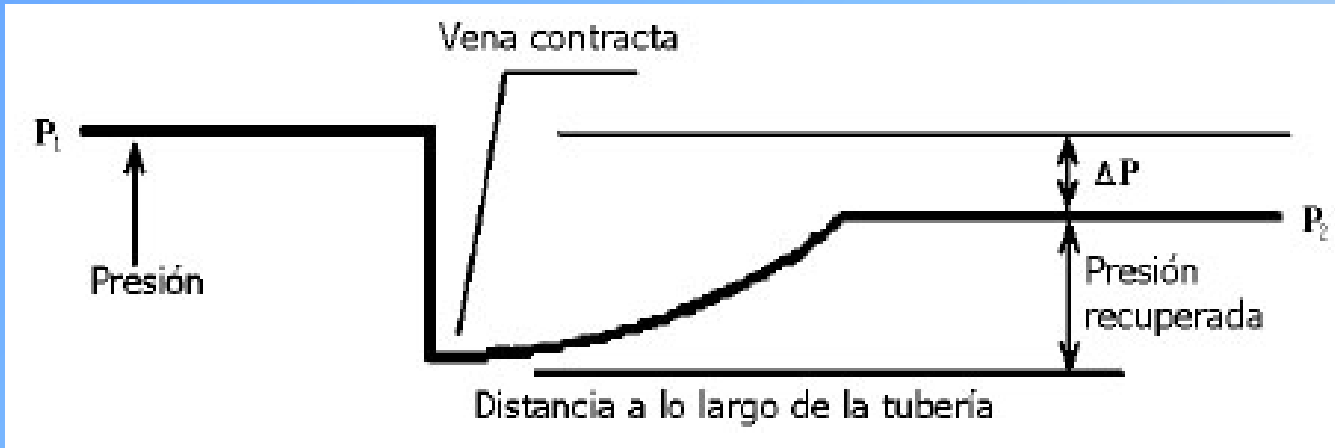
### Placa Orificio



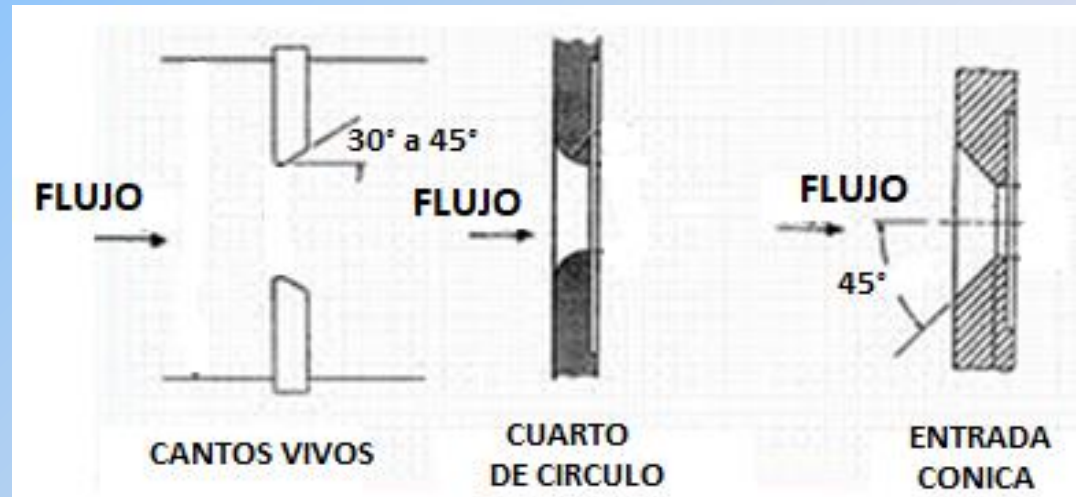
# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS

### PLACA ORIFICIO



Sus bordes pueden ser:  
Cantos Vivos  
Cuarto de Circulo  
Entrada Cónica



# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS

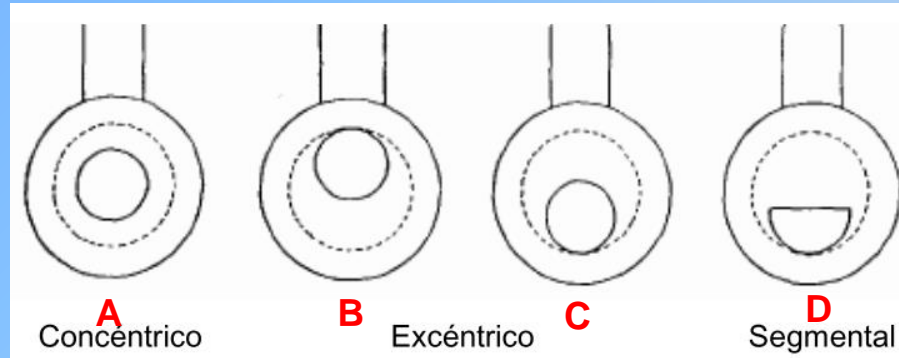
### PLACA ORIFICIO

El orificio puede ser

Concéntrico

Excéntrico

Segmental

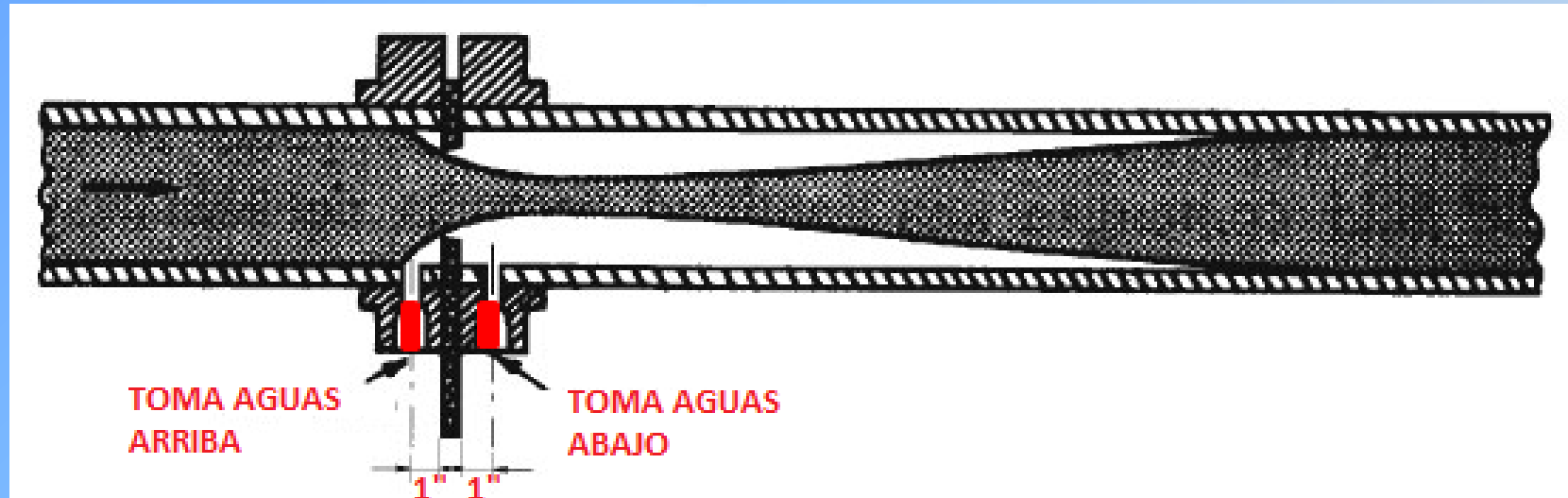


Tipo	Aplicación
A	Gases o líquidos limpios. Pequeños orificios de drenaje o venteo para eliminar pequeñas cantidades de líquidos o gas
B	Líquidos con considerables cantidades de gas
C	Gases con considerable cantidad de líquido condensado. Líquidos con arrastre de sólidos
D	Líquidos con posible sedimentación de sólidos.

# MEDICION DE CAUDAL

## TOMAS DE CONEXIÓN

### a) TOMA SOBRE LAS BRIDAS

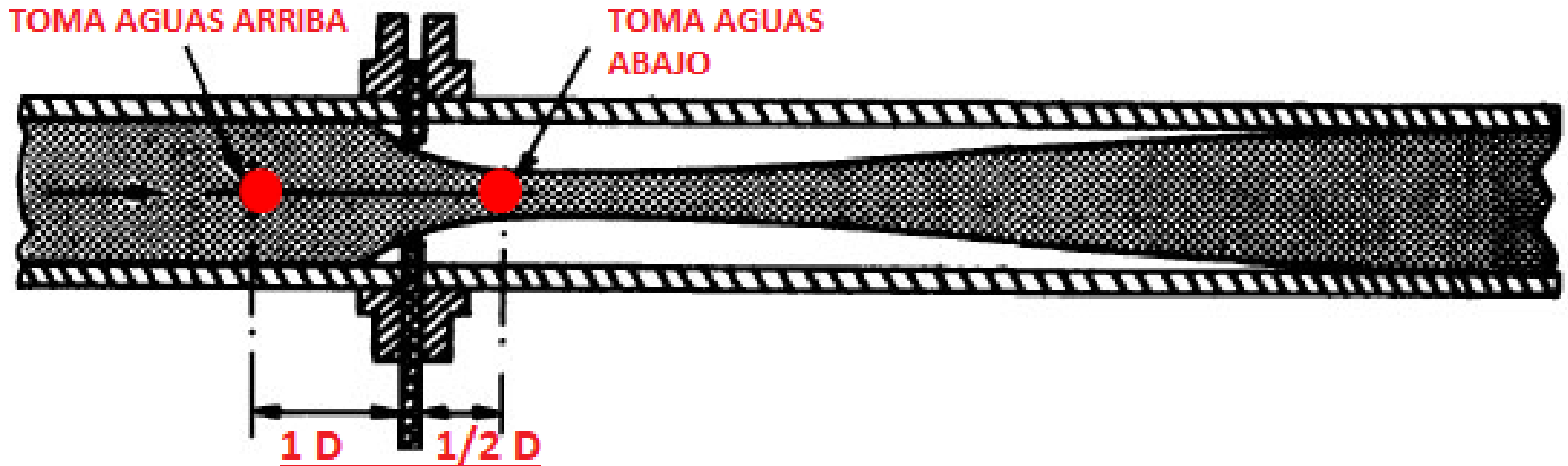


- Tomas sobre la brida: es el tipo más comúnmente utilizado, figura (a). En este caso las tomas están taladradas sobre las bridas que soportan la placa y están situadas a una distancia de 1 pulgada de la misma. Este tipo de tomas no se recomienda para diámetros de tubería menores de dos pulgadas (2"), debido a que la vena contracta puede estar a menos de 1 pulgada de la placa de orificio.

# MEDICION DE CAUDAL

## TOMAS DE CONEXIÓN

### b) TOMAS EN LA VENA CONTRACTA



- Tomas en la vena contracta: localizados a una distancia de  $1 D$  ( $D$  = diámetro nominal de la tubería) aguas arriba de la placa, y  $1/2 D$  aguas abajo de la placa, o sea sobre la vena contracta, figura 8.6 (b). Sin embargo, el punto de la vena contracta varía con la relación de diámetros  $d/D$ , produciéndose errores en la medición si se cambia el diámetro del orificio.

# MEDICION DE CAUDAL

## PLACA ORIFICIO

### CONSIDERACIONES DE INSTALACION

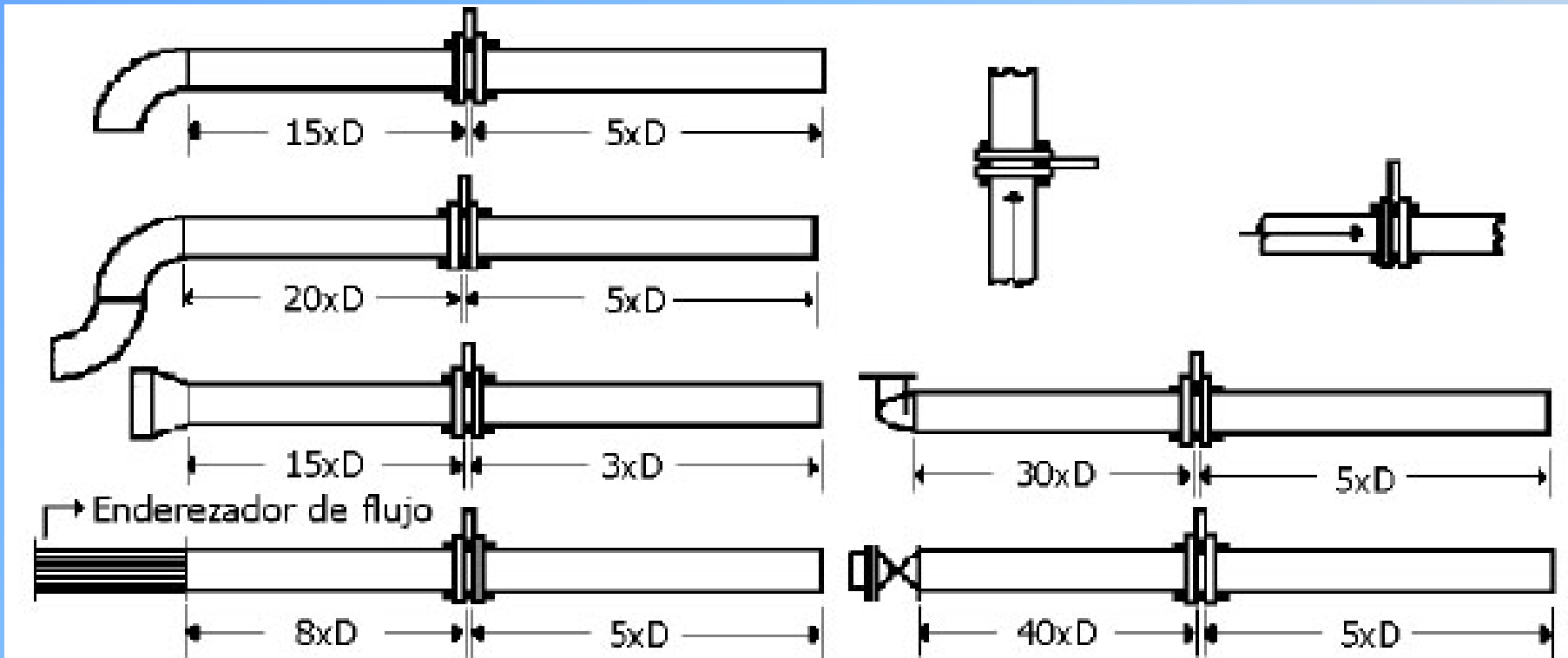


Figura - Requerimientos mínimos de tubería recta para colocar placas orificio

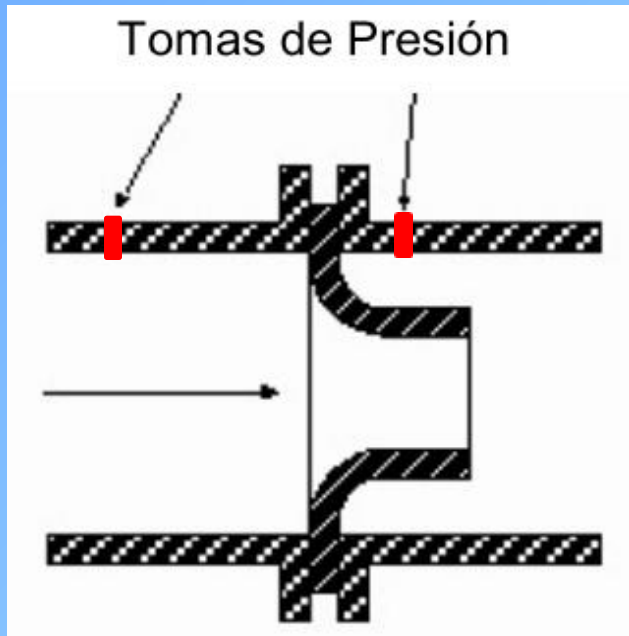


# MEDICION DE CAUDAL

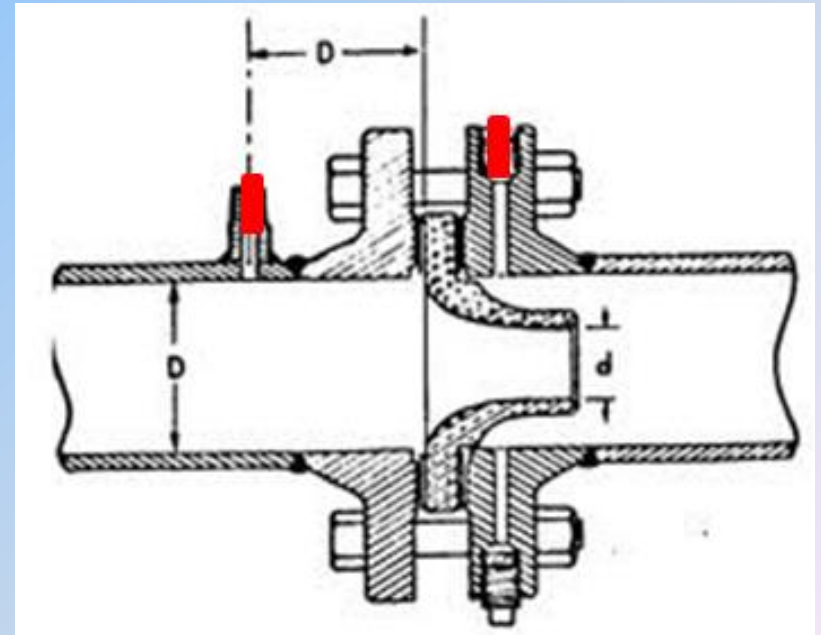
## MEDIDORES VOLUMETRICOS

### TOBERA

**Tobera;** está situada en la tubería con dos tomas, una anterior y otra en el centro de la sección más pequeña. La tobera permite caudales 60% superiores a los de la placa-orificio en las mismas condiciones de servicio. Su pérdida de carga es de 30 a 80% de la presión diferencial. Puede emplearse para fluidos que arrastren sólidos en pequeña cantidad, si bien, si estos sólidos son abrasivos, pueden afectar la precisión del instrumento. El costo de la tobera es de 8 a 16 veces el de una placa-orificio



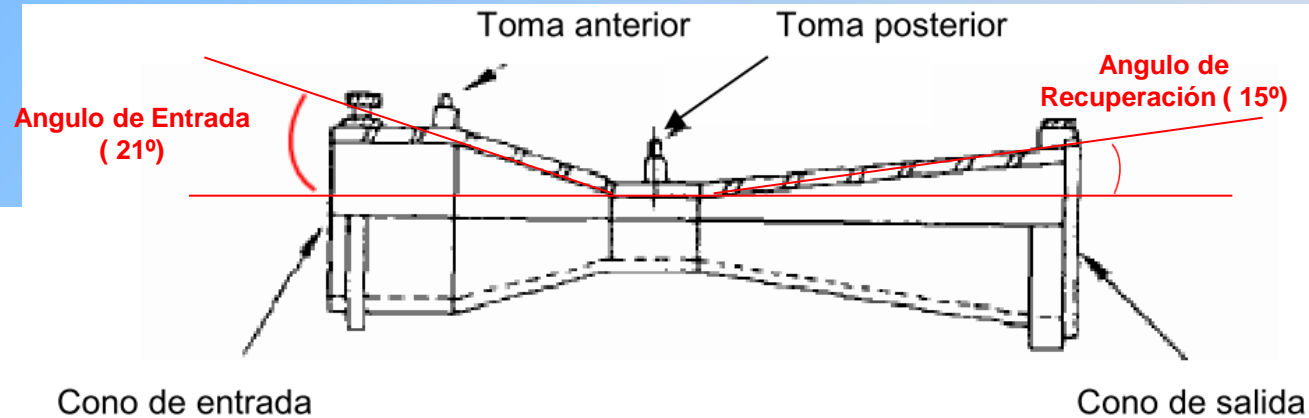
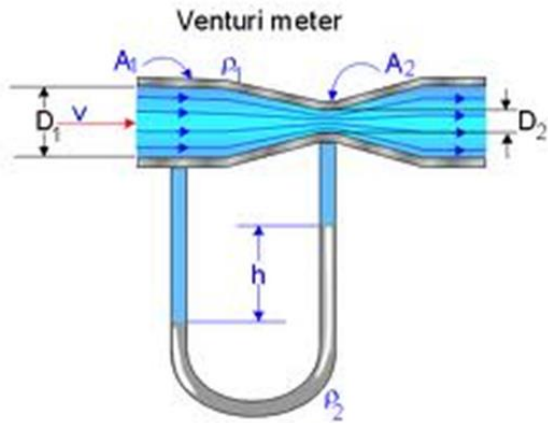
$$Q = k\sqrt{\Delta P}$$



# MEDICION DE CAUDAL

## TUBO VENTURI

**Tubo Venturi;** permite la medición de caudales 60% superiores a los de la placa-orificio en las mismas condiciones de servicio y con una pérdida de carga de sólo 10 a 20% de la presión diferencial. Posee una gran precisión y permite el paso de fluidos con un porcentaje relativamente grande de sólidos, si bien, los sólidos abrasivos influyen en su forma afectando la exactitud de la medida. El costo del Tubo Venturi es elevado, del orden de 20 veces el de una placa-orificio y su precisión es del orden de 0,75%.





# MEDICION DE CAUDAL

## TUBO VENTURI



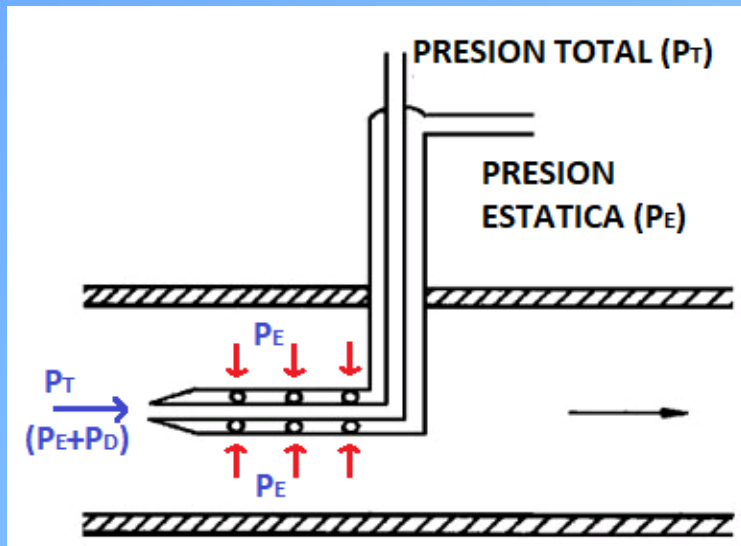
[VIDEO  
PRESION DIFERENCIAL](#)

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE PRESION DIFERENCIAL

### TUBO PITOT

**Tubo Pitot;** mide la diferencia entre la presión total y la presión estática, o sea, la presión dinámica, la cual es proporcional al cuadrado de la velocidad.



$$P_T = P_E + P_D$$

$$\Delta P = P_T - P_E = P_D \equiv V^2$$

Luego

$$V = K_1 \sqrt{\Delta P}$$

Luego

$$Q = V \cdot A = A \cdot K_1 \sqrt{\Delta P} = K \sqrt{\Delta P}$$

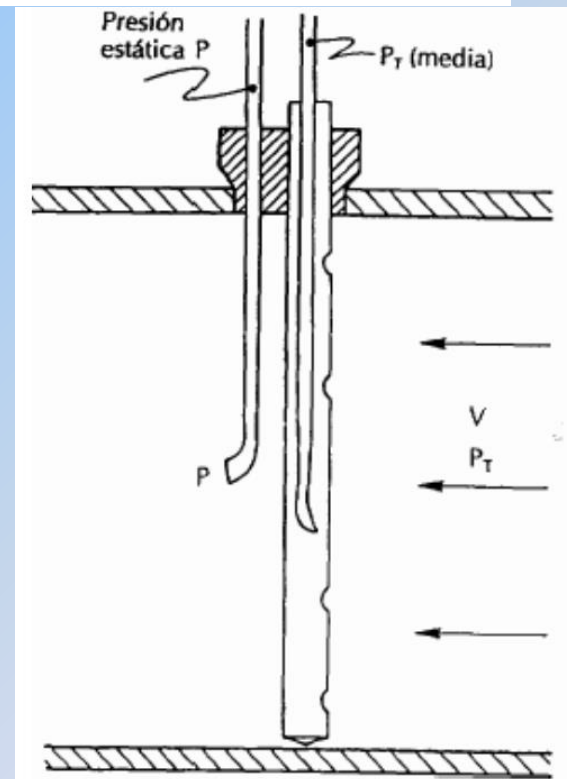
El tubo Pitot es sensible a las variaciones en la distribución de velocidades en la sección de la tubería, de aquí que en su empleo es esencial que el flujo sea laminar disponiéndolo en un tramo recto de tubería. La máxima exactitud en la medida se consigue efectuando varias medidas en puntos determinados y promediando las raíces cuadradas de las velocidades medidas.

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE PRESION DIFERENCIAL

### TUBO ANNUBAR

**Tubo Annubar;** es una innovación del tubo Pitot y consta de dos tubos, el de presión total y el de presión estática. El tubo que mide la presión total está situado a lo largo de un diámetro transversal de la tubería y consta de varios orificios de posición crítica determinada por computador, que cubren cada uno la presión total en un anillo de área transversal de la tubería. Estos anillos tienen áreas iguales. En tuberías de tamaño mayor que 1" se dispone en el interior del tubo otro que promedia las presiones obtenidas en los orificios.

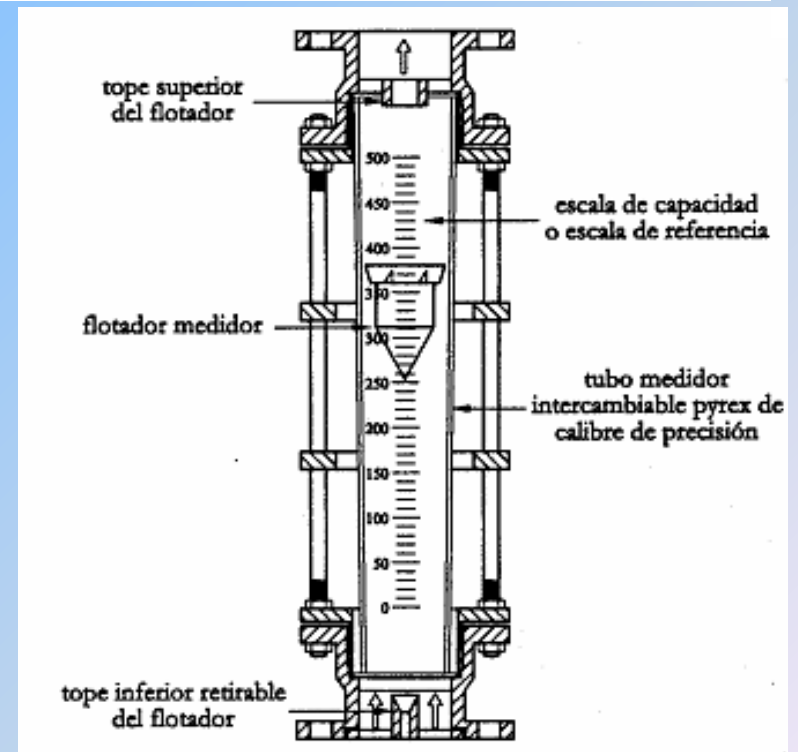
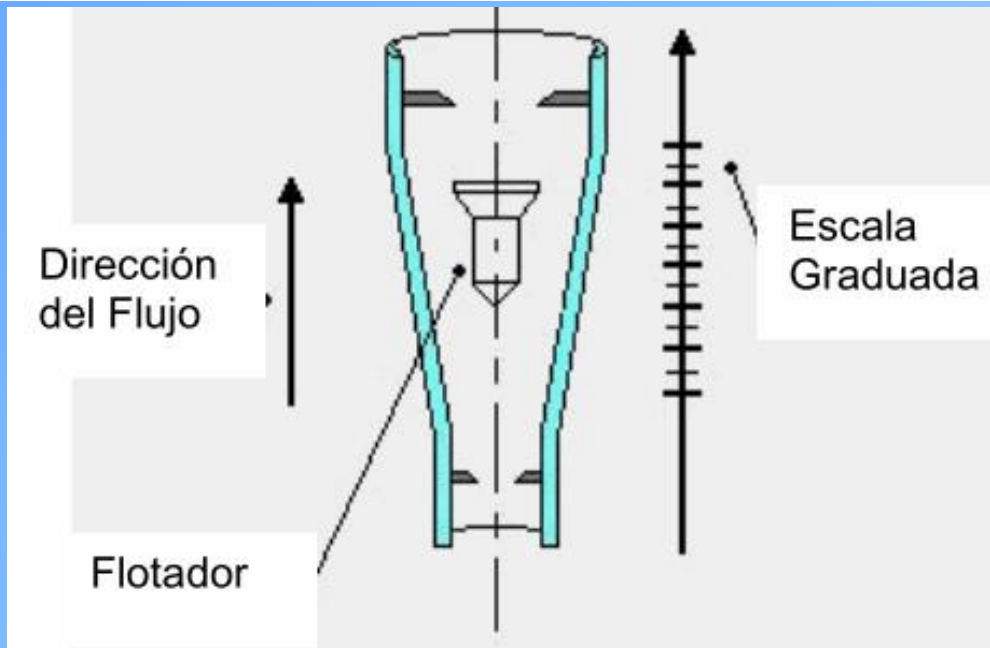


# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### ROTAMETROS

**Rotámetro;** son medidores de caudal de área variable en los cuales un flotador cambia su posición dentro de un tubo, proporcionalmente al flujo del fluido.





# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### ROTAMETROS

**Rotámetro;** son medidores de caudal de área variable en los cuales un flotador cambia su posición dentro de un tubo, proporcionalmente al flujo del fluido.



# MEDICION DE CAUDAL

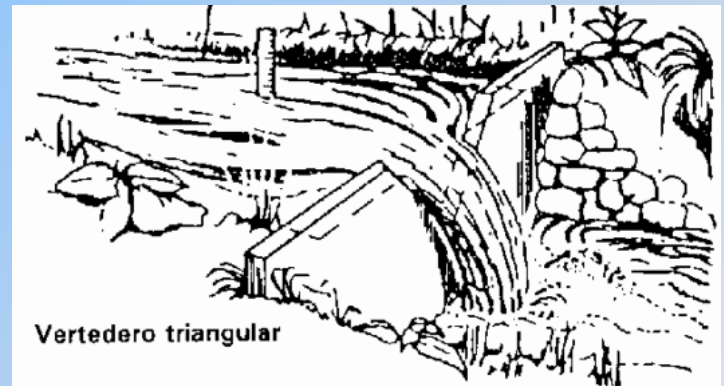
## MEDIDORES VOLUMETRICOS AREA VARIABLE

### VERTEDEROS

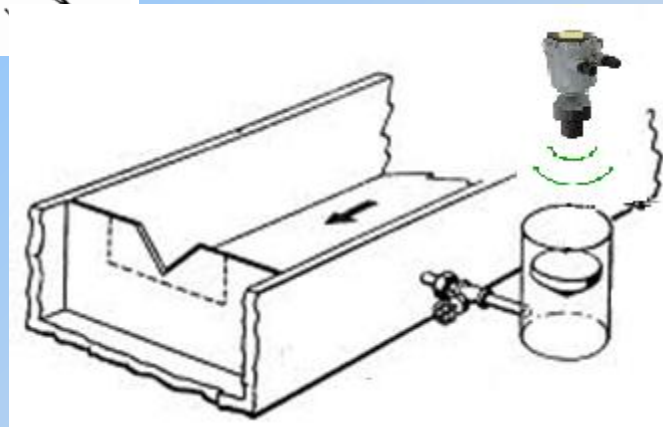
se utilizan para medir caudales en canales abiertos y se encuentran en formas variadas. Estos provocan una diferencia de alturas del líquido en el canal entre la zona anterior del vertedero y su punto más bajo. El vertedero debe formar un ángulo recto con la dirección del caudal y el canal aguas arriba debe ser recto como mínimo en una distancia de 10 veces la anchura. La diferencia de alturas debe medirse en un punto aguas arriba lo suficientemente alejado como para no ser influido por la curva de bajada de la superficie del agua



Vertedero rectangular



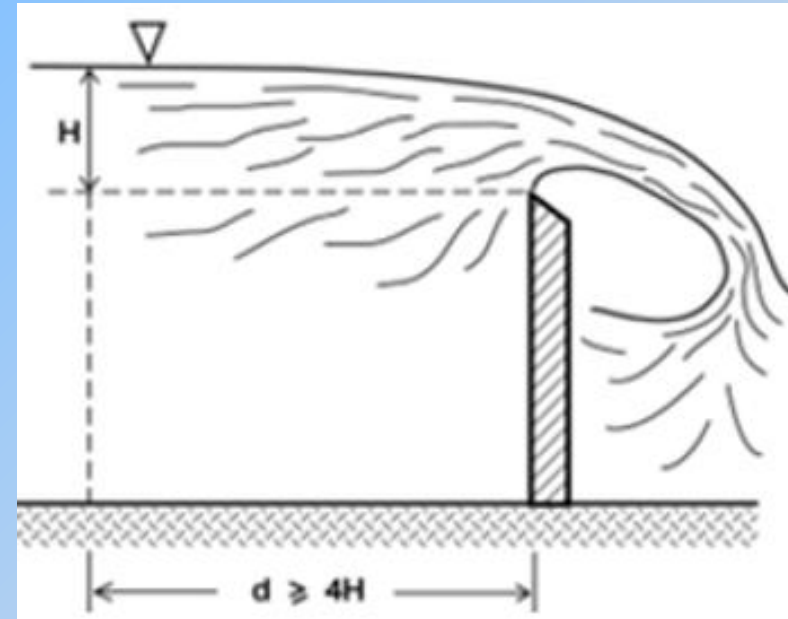
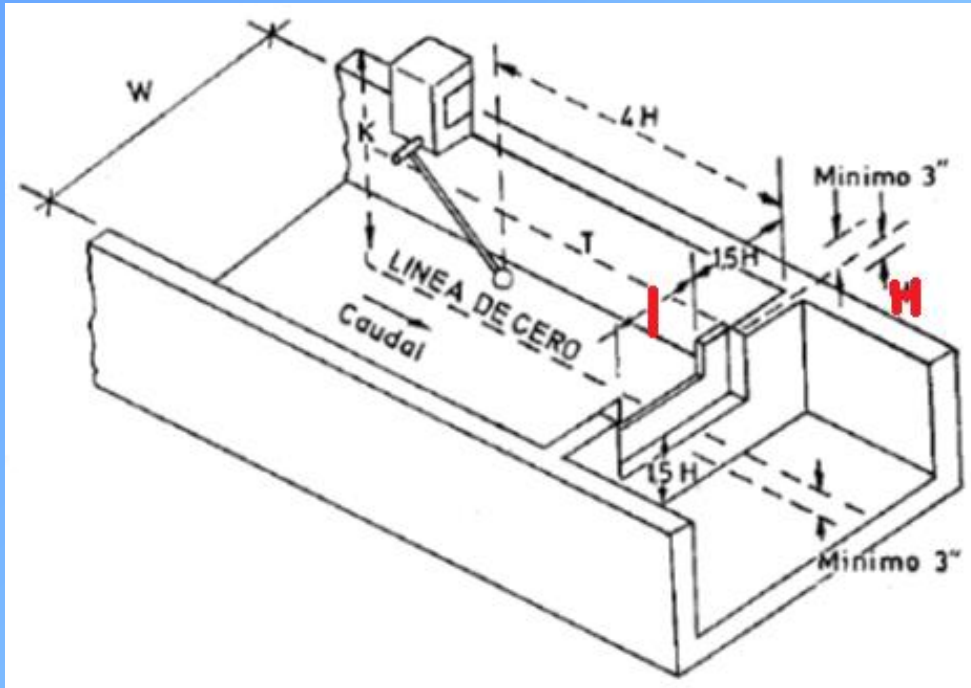
Vertedero triangular



# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### VERTEDERO RECTANGULAR



Aptos para medidas de Caudales de 0 a 2000 m<sup>3</sup>/h

$$Q = 1,84 (l - 0,2 H) H^{\frac{3}{2}} \text{ m}^3/\text{s}$$

$l$  (mts) : Ancho del rectángulo

$H$  (mts): altura del pelo de agua por encima del vertedero

Si  $l =$  ancho del canal , luego  $0,2H$  se cambia por  $0,1H$



# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### VERTEDERO RECTANGULAR

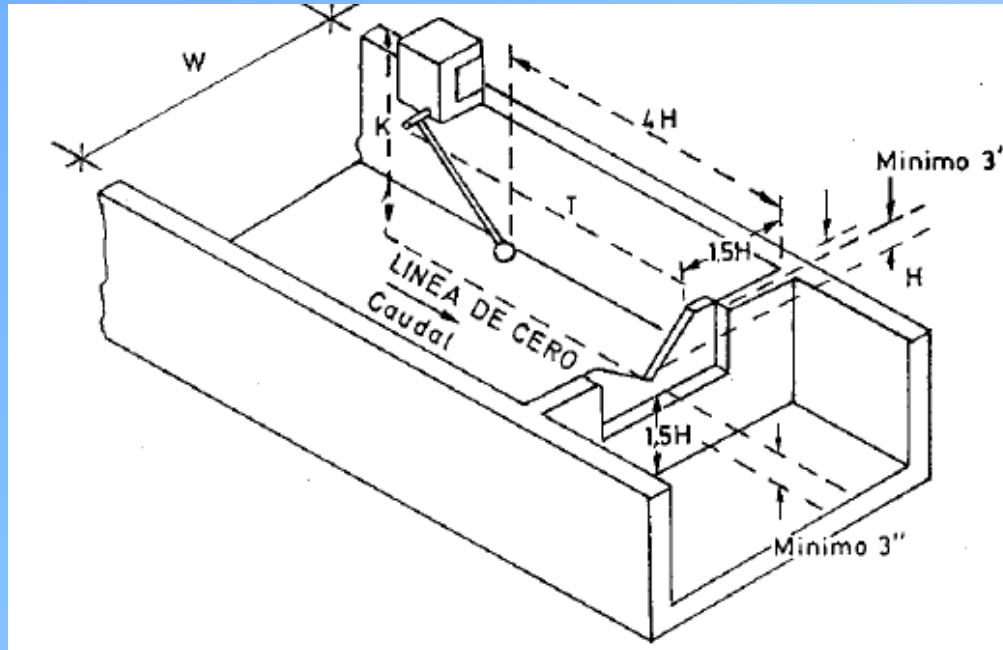




# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### VERTEDERO TRIANGULAR o en V



Aptos para medidas de Caudales de 0 a 2300 m<sup>3</sup>/h

$$Q = 1,33 H^{2,475} \text{ m}^3/\text{s} \text{ para un vertedero en V de } 90^\circ$$

H (mts): altura del pelo de agua por encima del vertedero

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

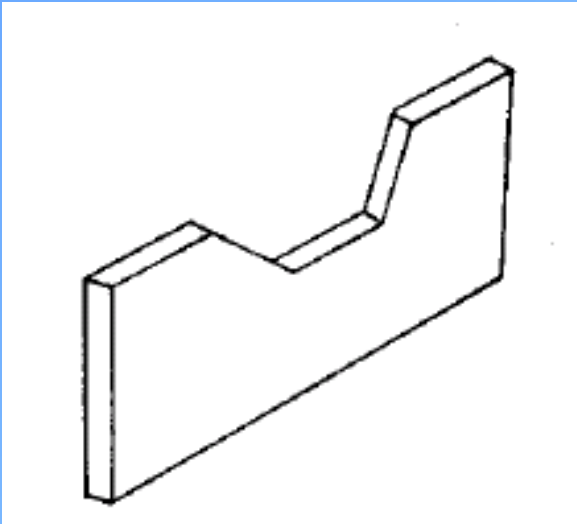
### VERTEDERO TRIANGULAR o en V



# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### VERTEDERO CIPOLLETI o TRAPEZOIDAL



Aptos para medidas de Caudales de 0 a 2500 m<sup>3</sup>/h

$$Q = 1,86 l H^{\frac{3}{2}} m^3/s$$

l (mts) : Ancho del rectángulo

H (mts): altura del pelo de agua por encima del vertedero

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### VERTEDERO PICO DE PATO



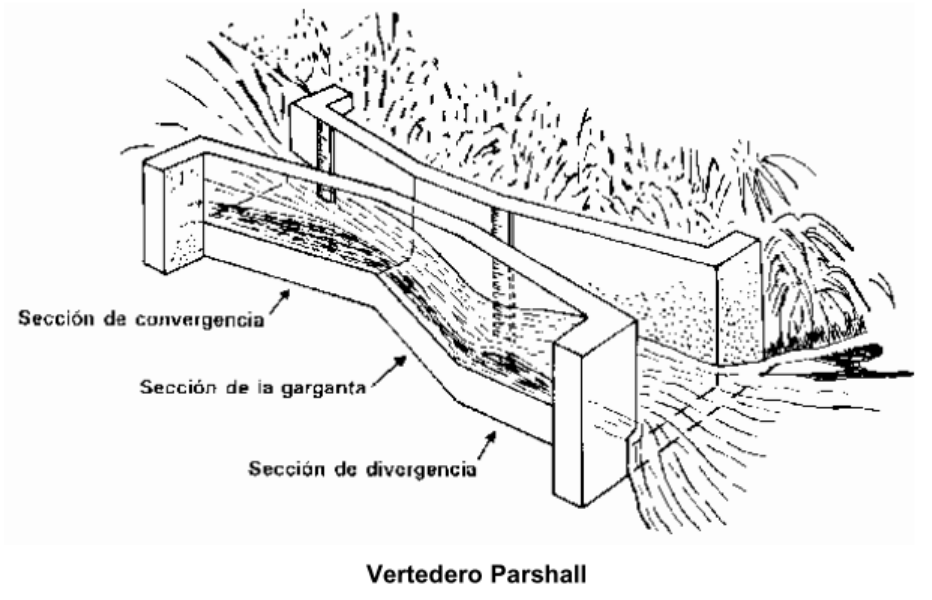
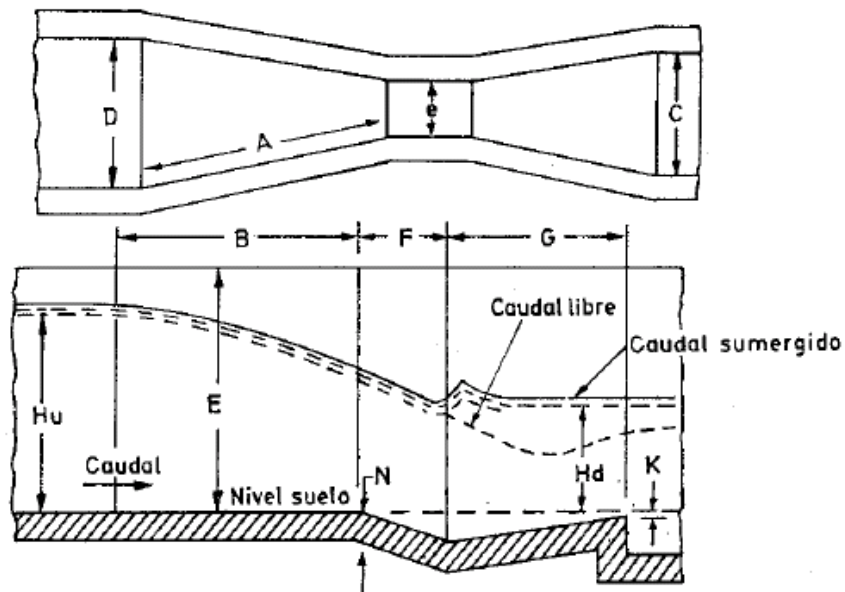
Aptos para medidas de Caudales de 0 a 2500 m<sup>3</sup>/h

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### CANALETA PARSHALL

El vertedero Parshall o Venturi se emplea normalmente en aquellas aplicaciones en las que un vertedero normal no es siempre adecuado tal como ocurre cuando el líquido transporta sólidos o sedimentos en cantidad excesiva, o bien cuando no existe altura de presión suficiente, o bien cuando no es posible construir un tramo recto de longitud suficiente (un mínimo de 10 veces la anchura del canal). Puede utilizarse para caudales superiores a 0 – 30 m<sup>3</sup>/h.





# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

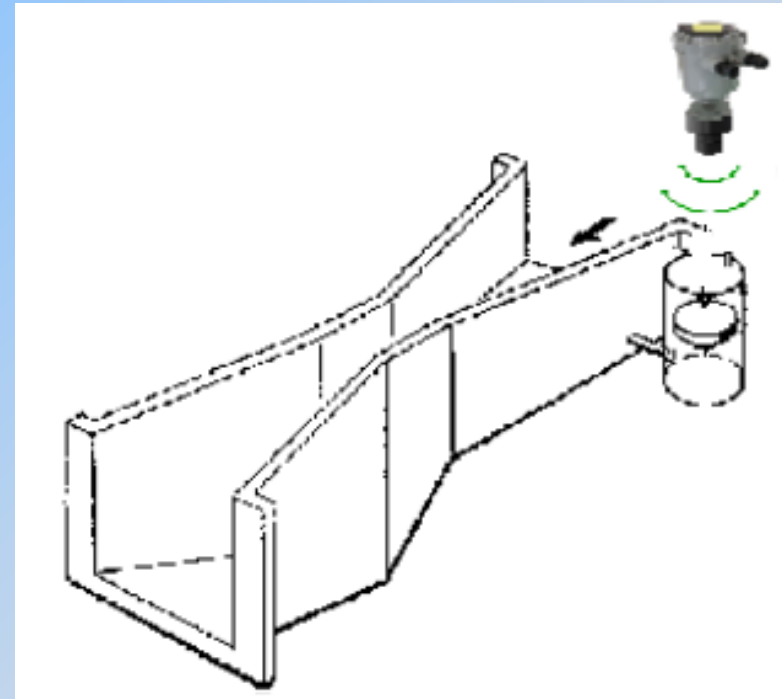
### CANALETA PARSHALL

Aptos para medidas de Caudales de 0 a 400 m<sup>3</sup>/h

Constantes del vertedero Parshall

K	l		n
	(m)	(pies)	
2,32	0,076	¼	1,547
2,5	0,152	½	1,580
2,34	0,228	¾	1,530
2,26	0,305	1	1,522
2,31	0,457	1 ½	1,540
2,34	0,609	2	1,550
2,39	0,914	3	1,566
2,42	1,219	4	1,578

$$Q = K l H^n$$



# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS DE AREA VARIABLE

### CANALETA PARSHALL



# MEDICION DE CAUDAL

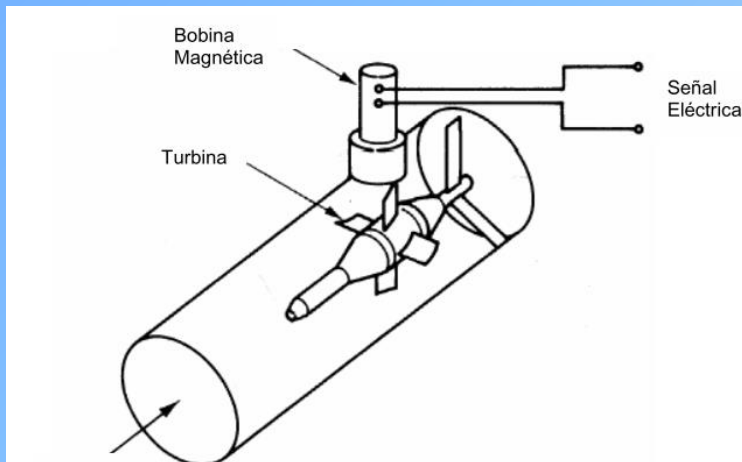
## MEDIDORES DE VELOCIDAD

### CAUDALIMETROS DE TURBINA

**Caudalimetro de Turbina;** consiste en un rotor que gira al paso del fluido con una velocidad directamente proporcional al caudal.

En el tubo inductivo el rotor lleva incorporado un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina induce una corriente alterna en una bobina captadora exterior.

#### a) Turbina axial (De alta Exactitud y Alto Costo)



$$Q = K \cdot f$$

$$Q = \text{caudal (lts/seg)}$$

$$f = \text{frecuencia del giro de los alabes (pulsos/seg)}$$

$$K = \text{coeficiente de la turbina (lts/pulsos)}$$

#### Características Técnicas

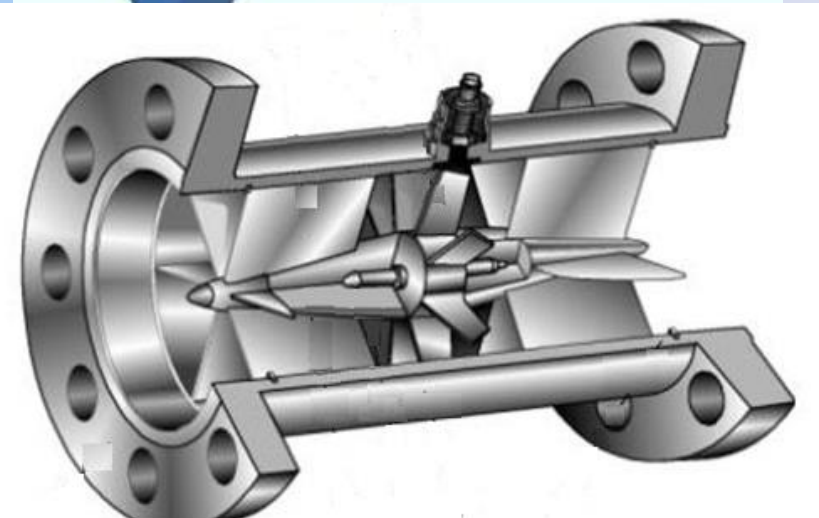
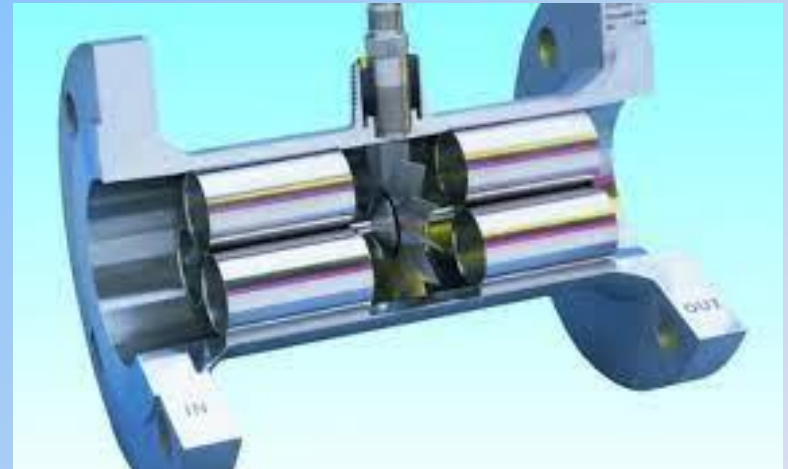
La precisión es muy elevada, del orden del 0,3%. La máxima precisión se consigue con un régimen laminar instalando el instrumento en una tubería recta de longitudes mínimas 15 diámetros aguas arriba y 6 diámetros aguas abajo. El instrumento es adecuado para medida de caudales de líquidos limpios o filtrados.



# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES de TURBINA AXIAL

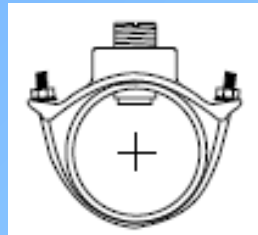
$$Q = K \cdot f$$



# MEDICION DE CAUDAL

## b) Turbina de Inserción (De bajo Costo y menor precisión)

En el tubo inductivo el rotor lleva incorporado un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina induce una corriente alterna en una bobina captadora exterior.



FITTING DE CONEXION



TURBINA



### Características Técnicas

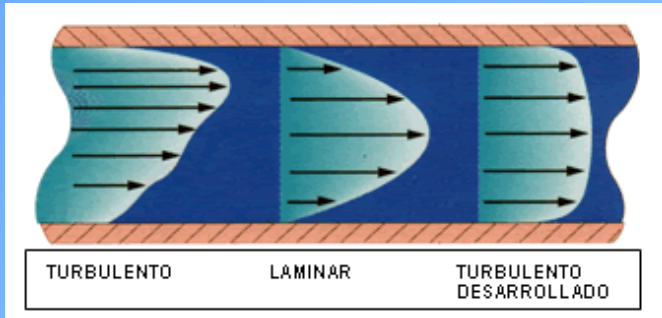
De menor precisión que los anteriores. Se insertan en la cañería en forma transversal a través de una cupla roscada. Normalmente son de indicación local (Existen modelos con salida 4-20 mA ó por pulsos). Las turbinas ó alabes son normalmente plásticas con pequeñas piezas de ferrite insertas en los mismos.

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES DE VELOCIDAD

### CAUDALIMETROS DE TURBINA

Son Caudalímetros muy sensibles a flujos turbulentos ,convirtiéndose en altamente inestables e imprecisos

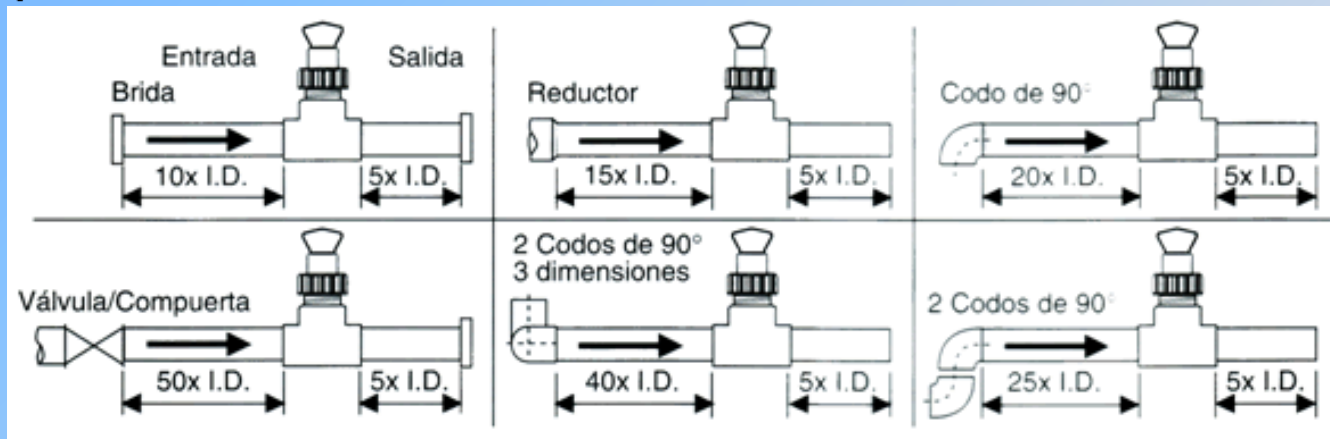


Reynolds < 2000 = Flujo Laminar

2000 a 4000 = Flujo inestable, dependiendo de la rugosidad de la cañería

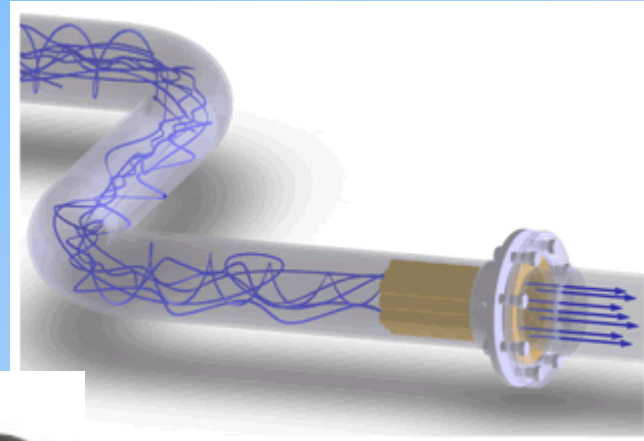
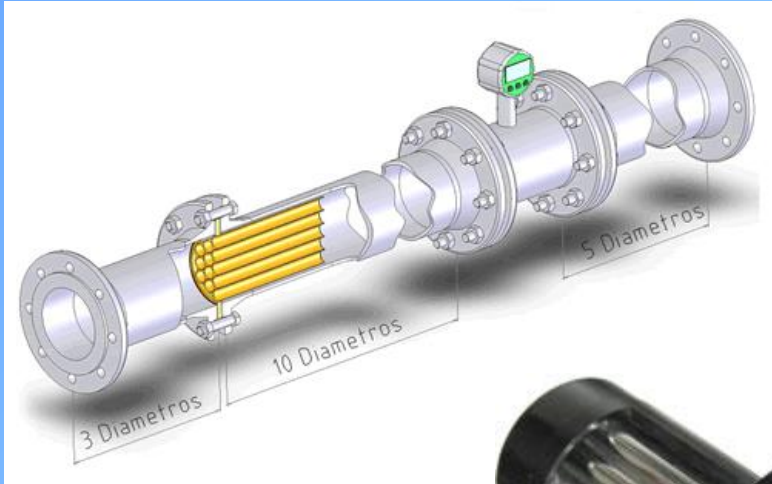
Reynolds > 4500 = Flujo Turbulento Totalmente Desarrollado

Para compensar este tipo de flujo y asegurar que sea laminar se respetan distancias con tramos rectos aguas arriba y abajo del Caudalímetro.



# MEDICION DE CAUDAL

## ENDEREZADORES DE VENA





# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES DE VELOCIDAD

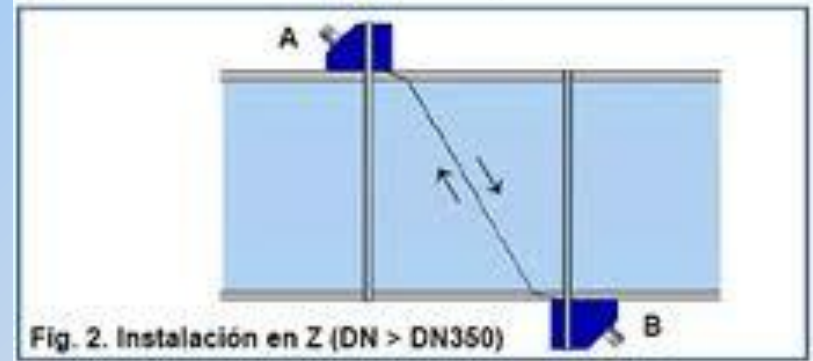
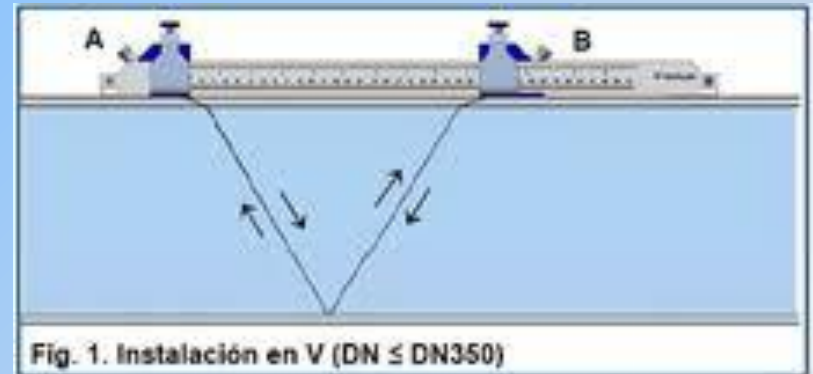
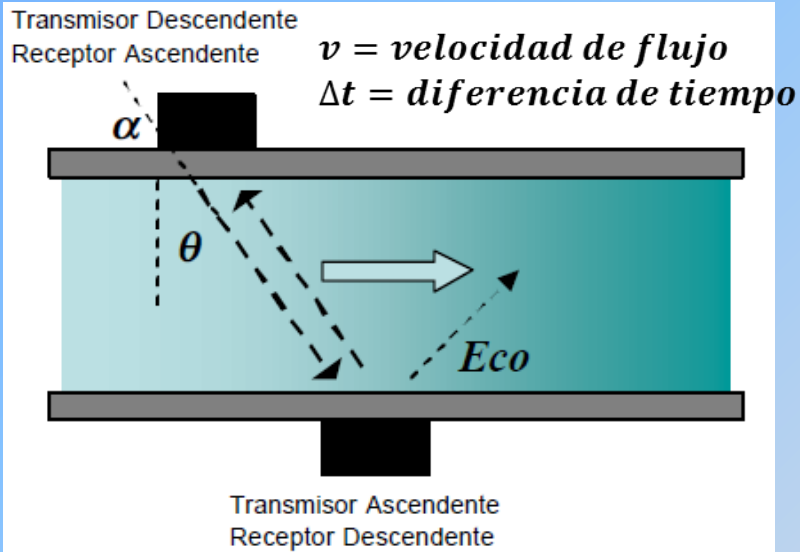
### CAUDALIMETROS ULTRASONICOS

**Caudalimetro ultrasónico por tiempo de tránsito :** Miden el caudal por diferencia de velocidades del sonido al propagarse este en el sentido del flujo y en el sentido contrario. Los sensores están situados en una tubería de la que se conocen el área y el perfil de velocidades.

$$Q = k \cdot \Delta t$$

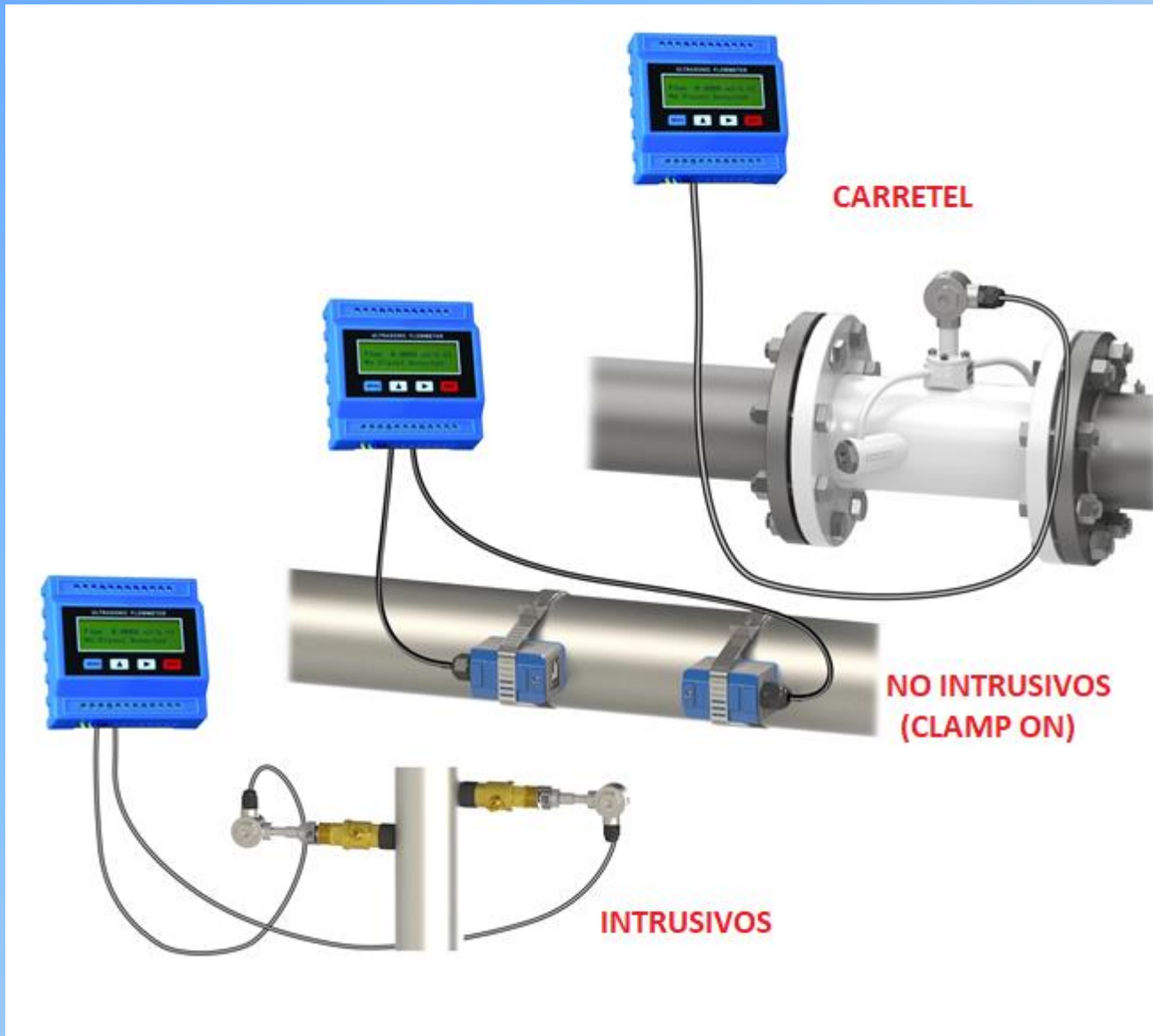
$$v = K \cdot \Delta t$$

$$Q = v \cdot A$$



# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS ULTRASONICOS por TIEMPO DE TRANSITO



# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS ULTRASONICOS por TIEMPO DE TRANSITO



SENSORES EXTERNOS



UNJU - INSTALACIONES Y  
CONTROL 2023

# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS ULTRASONICOS por TIEMPO DE TRANSITO





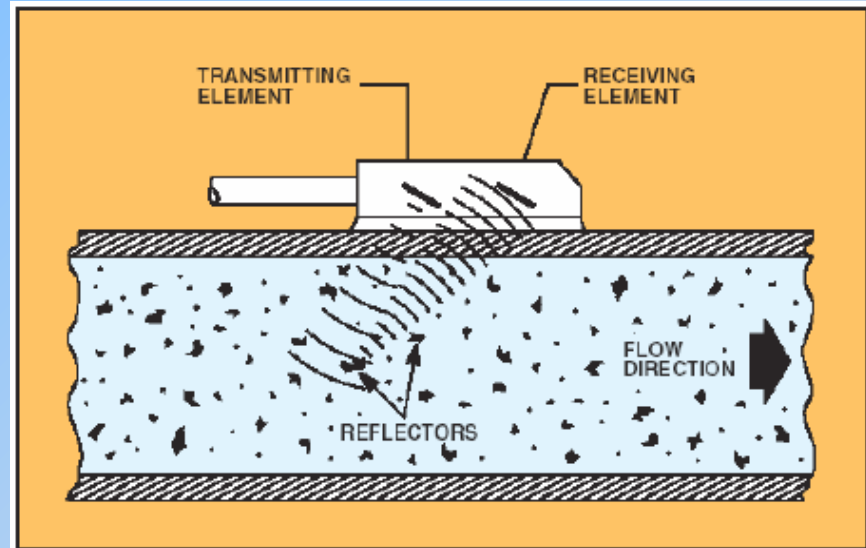
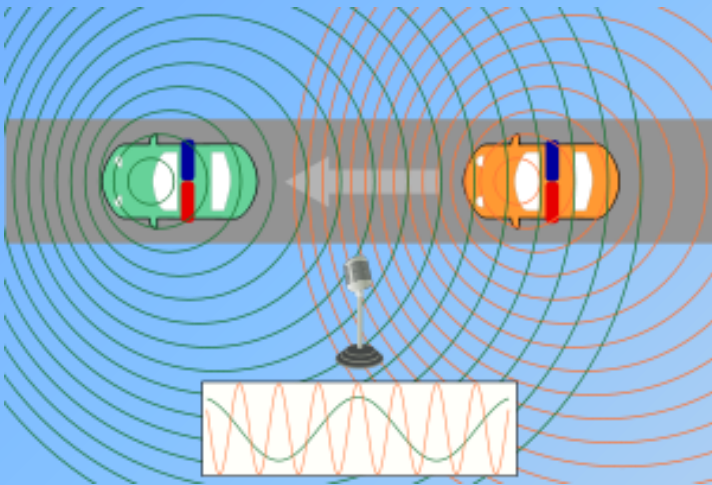
# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES DE VELOCIDAD

### CAUDALIMETROS ULTRASONICOS por EFECTO DOPPLER

Estos Caudalímetros tienen un generador de ultrasonidos que emiten ondas sonoras. Si el fluido tiene partículas en suspensión ó burbujas , este eco es devuelto al sensor . La diferencia de frecuencias de emisión y recepción que se produce al estar en movimiento estas partículas es proporcional al caudal que circula.

$$Q = k \cdot \Delta f$$



CAUDALIMETRO DOPPLER

# MEDICION DE CAUDAL

*MEDIDORES DE VELOCIDAD*

**CAUDALIMETROS ULTRASONICOS por EFECTO DOPPLER**



# MEDICION DE CAUDAL

## *MEDIDORES DE VELOCIDAD*

### **CAUDALIMETROS ULTRASONICOS portátiles**



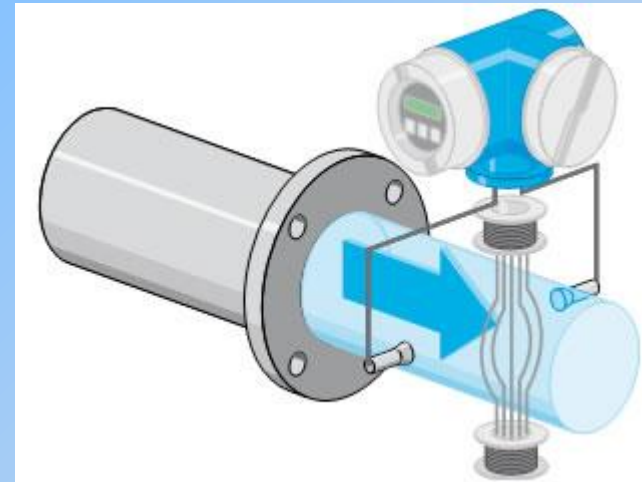
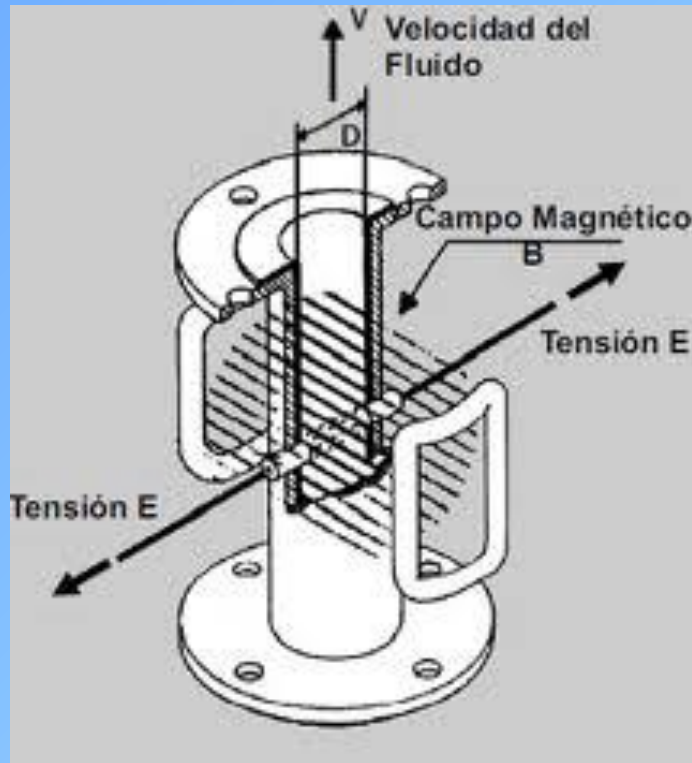
### **ESPECIFICACIONES TECNICAS**

# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS

## CAUDALIMETROS ELECTROMAGNETICOS

Estos Caudalímetros están basados en la Ley de Faraday.



$$Fem = k \cdot B \cdot v \cdot D$$

Fem = Tensión inducida

B : Campo Magnético

v : velocidad del fluido

D : Diámetro del Caudalímetro



# MEDICION DE CAUDAL

## MEDIDORES VOLUMETRICOS

## CAUDALIMETROS ELECTROMAGNETICOS



CAUDALIMETROS ELECTROMAGNETICOS



VIDEO C.ELECTROMAGNETICOS





# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS MASICOS

Miden la masa que circula por unidad de tiempo (kg/h , Ton/h , etc).

## CAUDALIMETROS MASICOS POR CORIOLIS

Los caudalímetros por Coriolis se basan en el efecto del mismo Nombre.

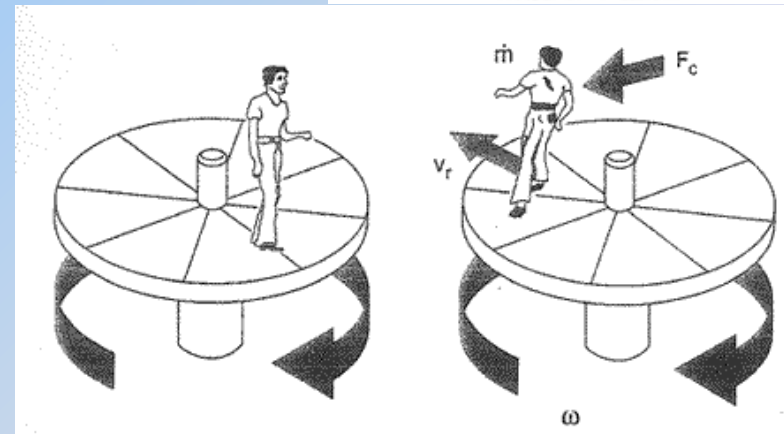
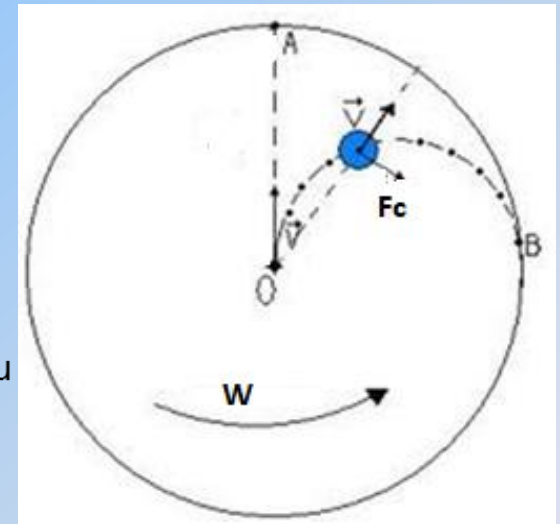
Este fenómeno se produce cuando un objeto se desplaza en forma radial Sobre un disco en rotación.

Al desplazarse en sentido radial desde el centro hacia afuera ,aumenta su Velocidad tangencial , teniendo por consiguiente una aceleración.

O sea

$$V_t = \omega \cdot r \quad A_t = V_t / t \quad F_{cor} = m \cdot A_t$$

Este fenómeno se utiliza en un tubo en "U" que vibra



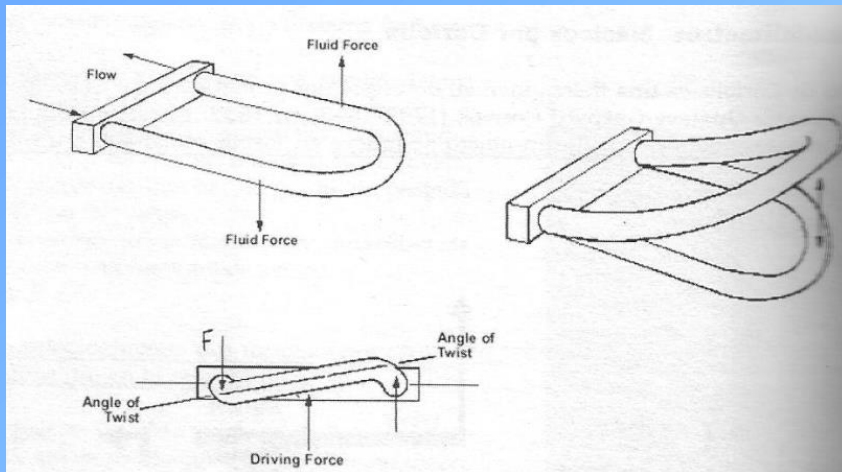
# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS MASICOS

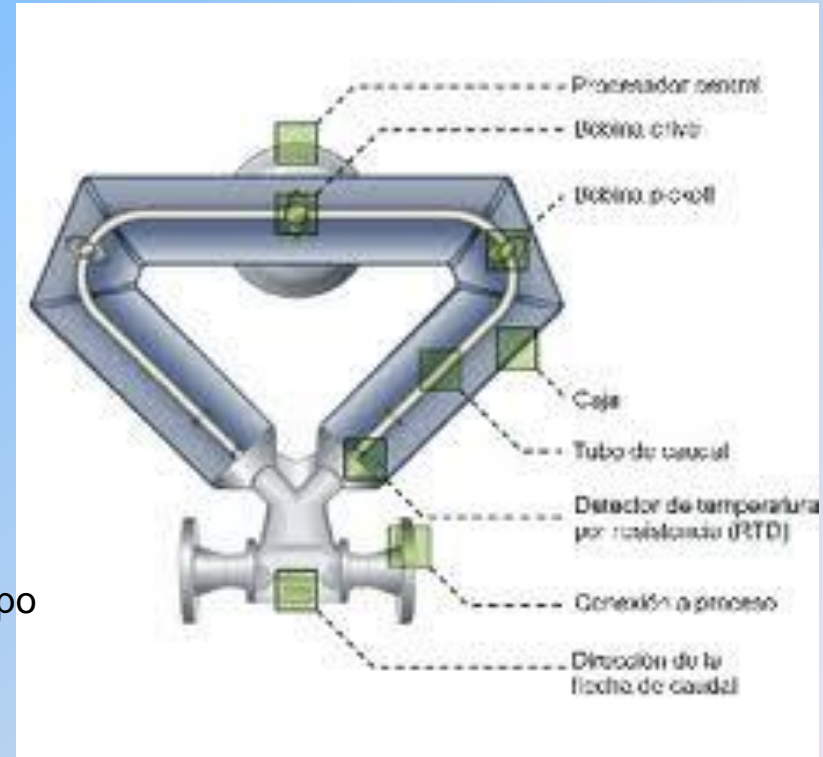
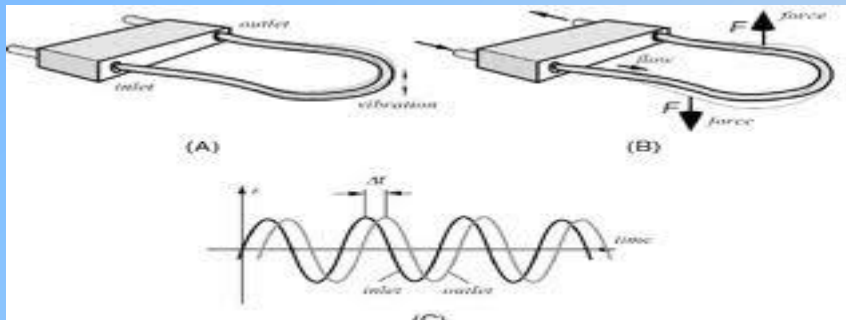
### CAUDALIMETROS MASICOS POR CORIOLIS

Se hace vibrar un tubo en "U" a frecuencia natural.

Esto emula un fragmento del circulo que gira.



Si se representa la deformación del tubo en función del tiempo se observará una senoide cuya amplitud será proporcional a la fuerza y por lo tanto a la masa del fluido que circula.



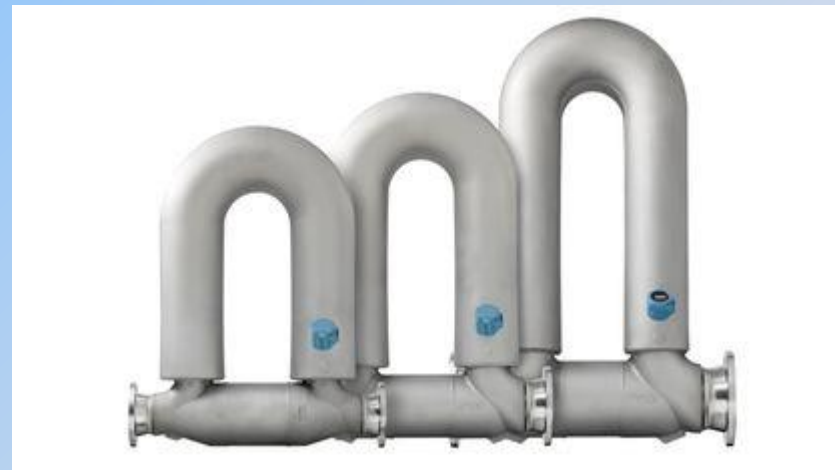
**CAUDALIMETRO CORIOLIS**

**VIDEO CORIOLIS**

# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS MASICOS

## CAUDALIMETROS MASICOS POR CORIOLIS



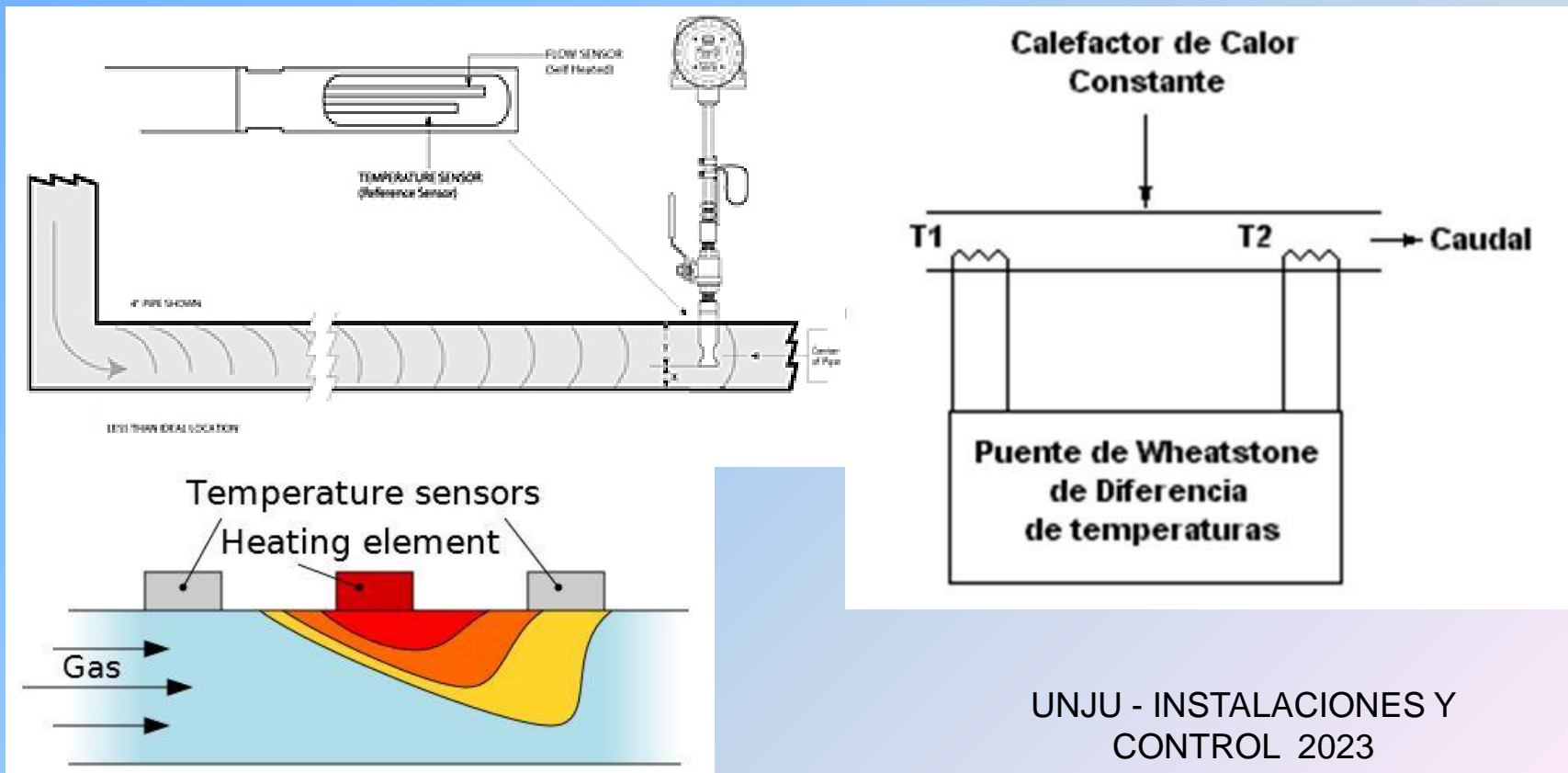
UNJU - INSTALACIONES Y  
CONTROL 2023

CAUDALIMETRO CORIOLIS

# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS TERMICOS

Se colocan dos termistores y en el centro de ellos una pequeña resistencia calefactora. Si ambos termistores leen la misma temperatura el fluido no está circulando. Según aumenta el flujo uno de los termistores lee la temperatura inicial del fluido mientras que el otro lee el fluido calentado. Con este sistema no solo se puede leer el caudal, sino que además se sabe el Sentido de circulación.





# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS TERMICOS





# MEDICION DE CAUDAL

## CAUDALIMETROS TERMICOS



[HOJA DE DATOS](#)

# Detectores de CAUDAL

# MEDICION DE CAUDAL

## VISORES DE CAUDAL



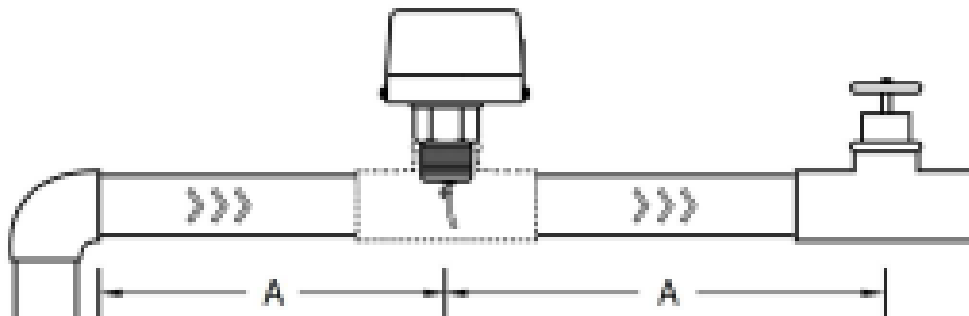
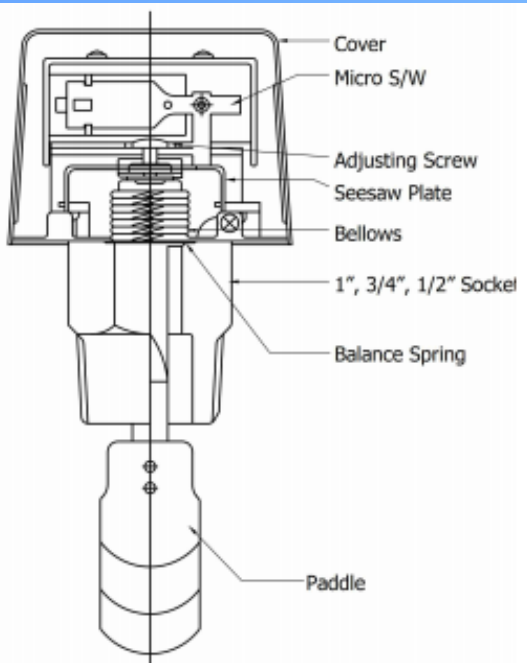
Para visualización de Fluidos en movimiento  
Son muy indicados para monitorear pasaje de fluidos gaseosos.  
Son de pequeños diámetros (1/4" hasta 2").



# MEDICION DE CAUDAL

## LLAVES DE CAUDAL

Para detección de Fluidos en movimiento (agua u otros fluidos no abrasivos).  
Su posición es transversal al paso del fluido.  
Medidas 1" hasta 6".



Dimension "A" must be at least 5 pipe diameters from nearest elbow, valve or other pipe restriction.



# MEDICION DE CAUDAL

## VIDEOS

PLACA ORIFICIO

CORIOLIS

ELECTROMAGNETICOS