

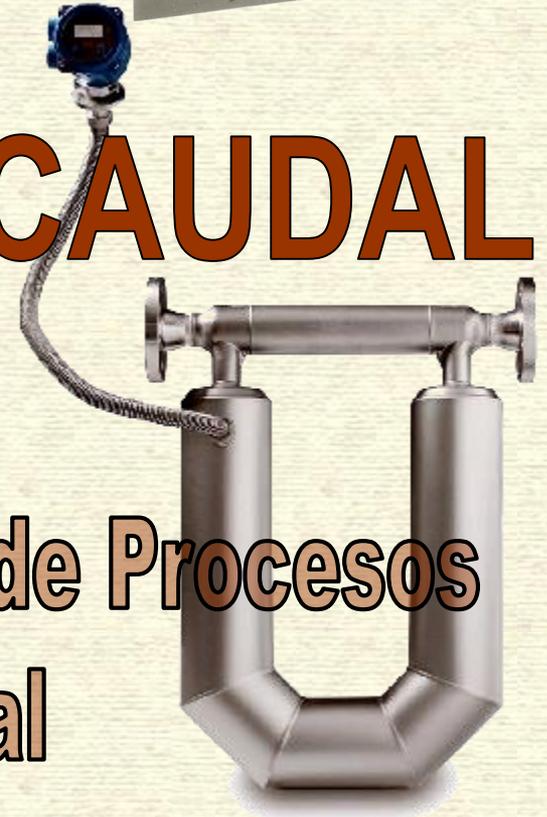
Instrumentación Industrial de Procesos



TEMA 5

ELEMENTOS DE CAUDAL

1ra. Parte



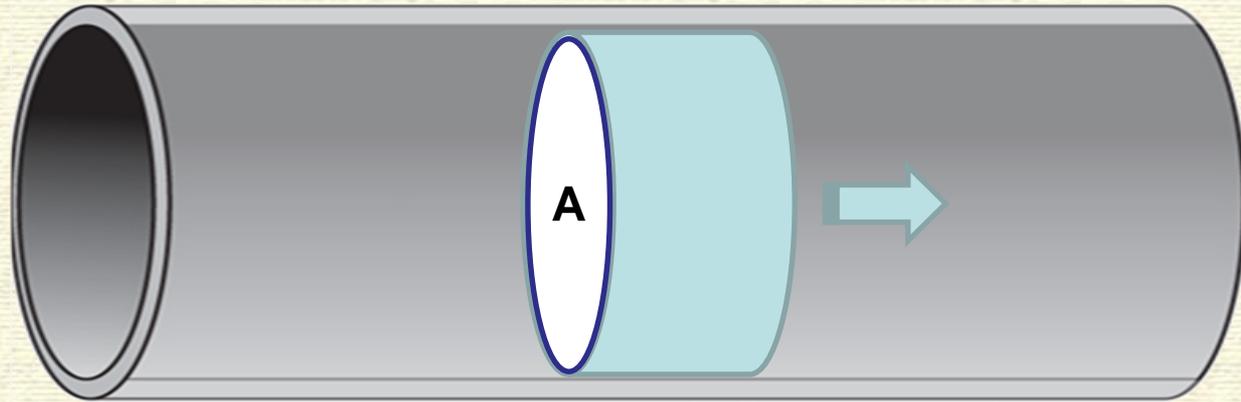
Departamento de Ingeniería de Procesos
y Gestión Industrial

TEMA 5: MEDICIÓN DE CAUDAL DE FLUIDOS



La variable caudal, tipos. Perfil de velocidades, factores que determinan el régimen de flujo, fluido no newtonianos, distorsiones. Características especiales de caudalímetros: amplitud de rangos, totalización. Elementos diferenciales convencionales, de geometría fija y de flujo crítico. Medidores de área variable y de desplazamiento positivo. Caudalímetros a turbina, oscilatorios, electromagnéticos y ultrasónicos. Medición de caudal másico: directos, inferenciales, térmicos y con corrección por densidad. Caudalímetros para canales abiertos. Selección de caudalímetros: especificación y procedimiento.

CAUDAL VOLUMÉTRICO: volumen real de un fluido que pasa a través de una sección por unidad de tiempo .



CAUDAL MÁSICO: masa de un fluido que pasa a través de una sección por unidad de tiempo .

UNIDADES: m^3/s (SI), cuft/h, gpm, etc.

¿ POR QUÉ MEDIR CAUDAL ?



El caudal es la variable más importante para el manejo de inventarios.

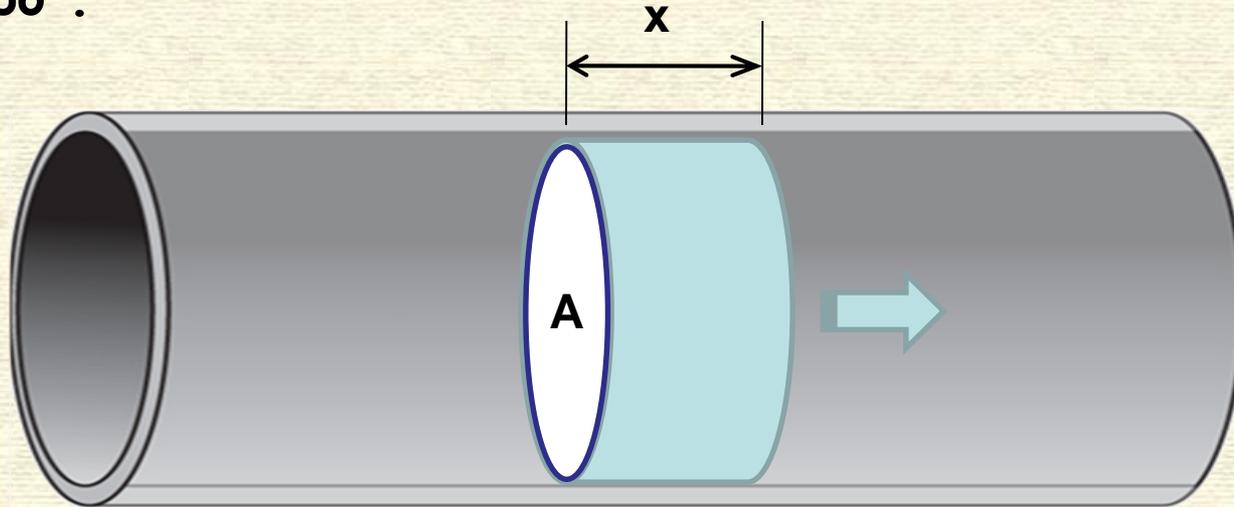


Es imprescindible la medición de al menos un flujo para cerrar balances de materia o energía.



Muchos insumos industriales (combustible, agua, etc.) se facturan por el volumen (o la masa) consumido, de modo que la medición del caudal (su totalización) pasa a ser una variable económica.

CAUDAL VOLUMÉTRICO: volumen real de un fluido que pasa a través de una sección por unidad de tiempo .

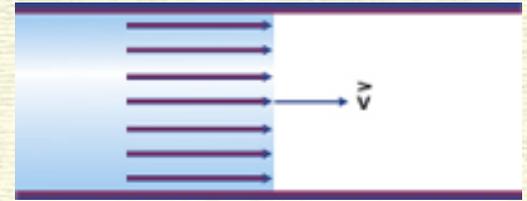


$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{d(Ax)}{dt} = A \frac{dx}{dt} = Av$$

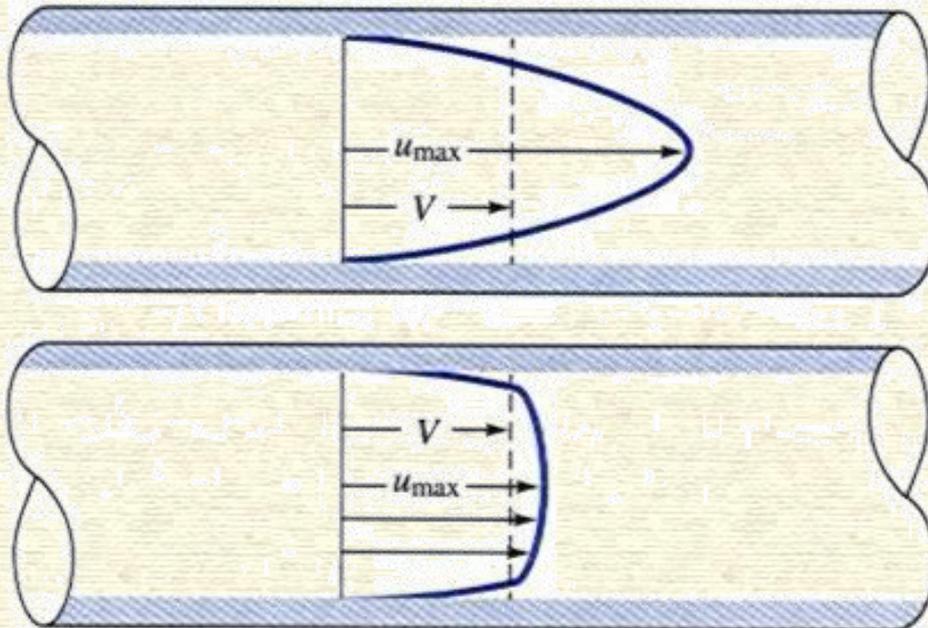
CAUDAL MÁSICO: masa de un fluido que pasa a través de una sección por unidad de tiempo .

$$W = \frac{dm}{dt} = \frac{d(A\rho x)}{dt} = A\rho \frac{dx}{dt} = \rho Av = \rho Q$$

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{d(Ax)}{dt} = A \frac{dx}{dt} = Av$$



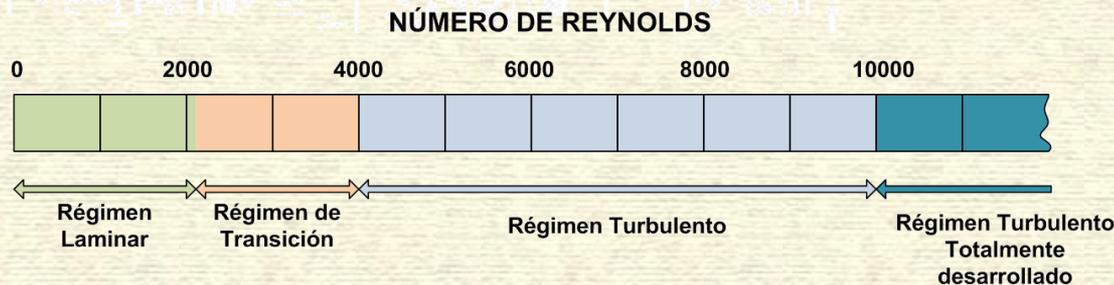
PREGUNTA: ¿Qué velocidad? Existe realmente un perfil de velocidades.



FLUJO LAMINAR
Curva parabólica
 $NRe < 2100$

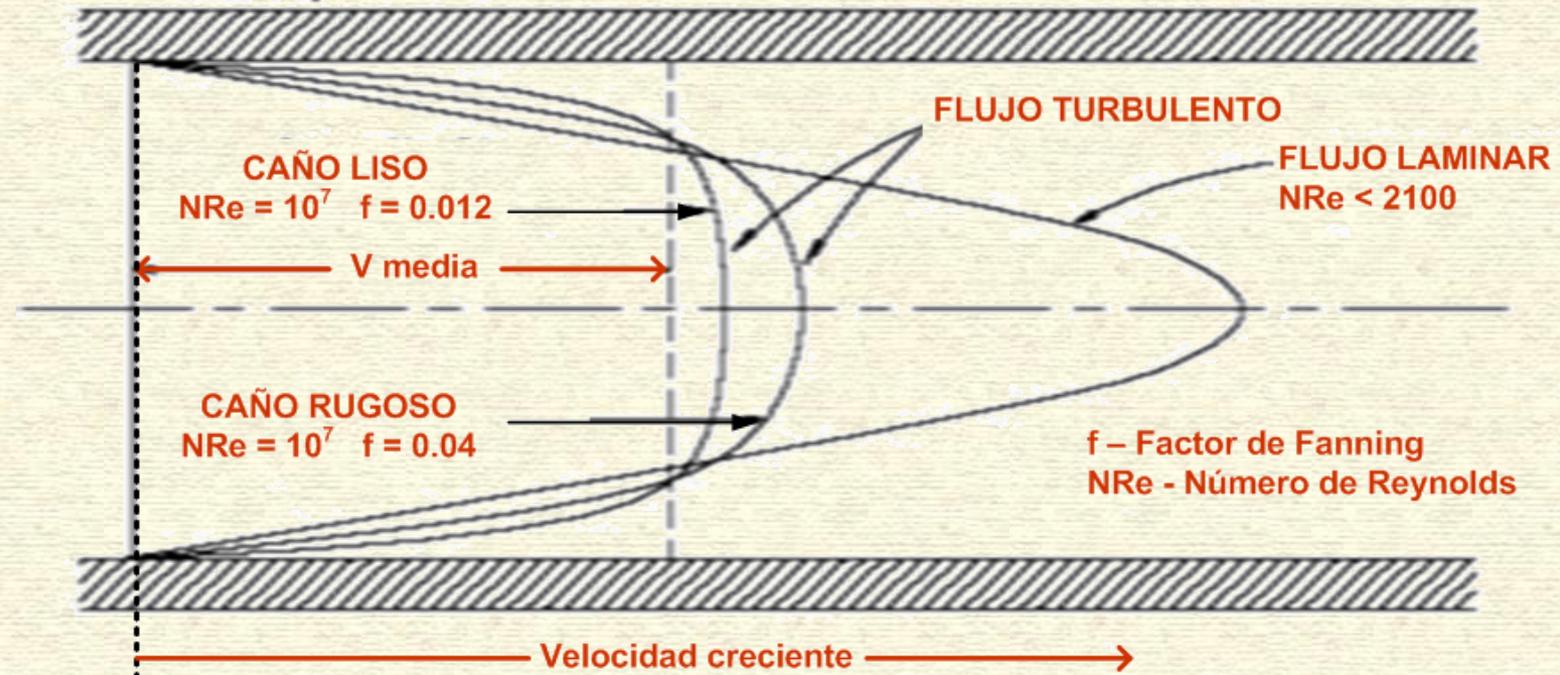
$$Q = A\bar{v}$$

FLUJO TURBULENTO
 $NRe > 4000$



RÉGIMEN DE FLUJO

Determina el perfil de velocidades.



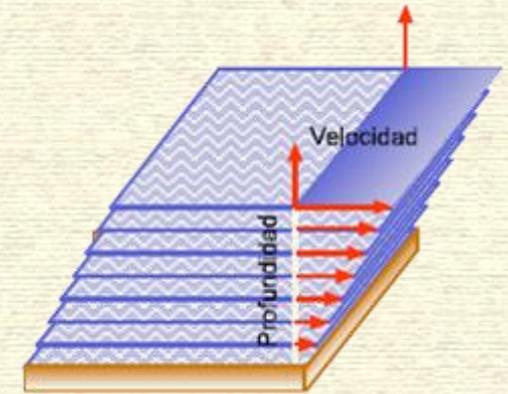
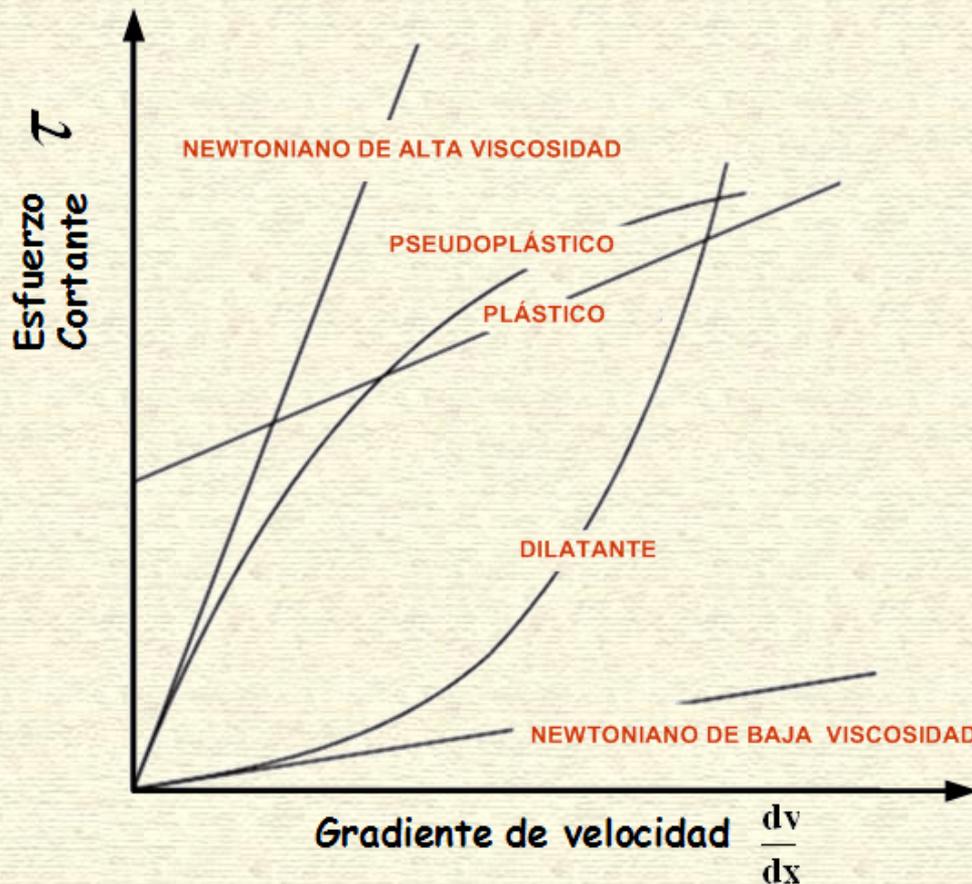
FACTORES QUE INFLUYEN

LÍQUIDOS: La densidad no varía apreciablemente (0.8 a 1.2 g/cc) y velocidades normales entre 1 y 3 m/s. La viscosidad puede variar mucho por efecto de la temperatura.

GASES: La densidad está muy influenciada por presión y temperatura. La viscosidad es muy baja y por lo tanto casi siempre el régimen es turbulento.

RÉGIMEN DE FLUJO - FUIDOS NO NEWTONIANOS

Una complicación adicional es una viscosidad (aparente) que puede variar, no solo con la temperatura, sino con el esfuerzo cortante y con el gradiente de velocidad (**Reología**). Éste es un factor adicional de distorsión del perfil de velocidades.

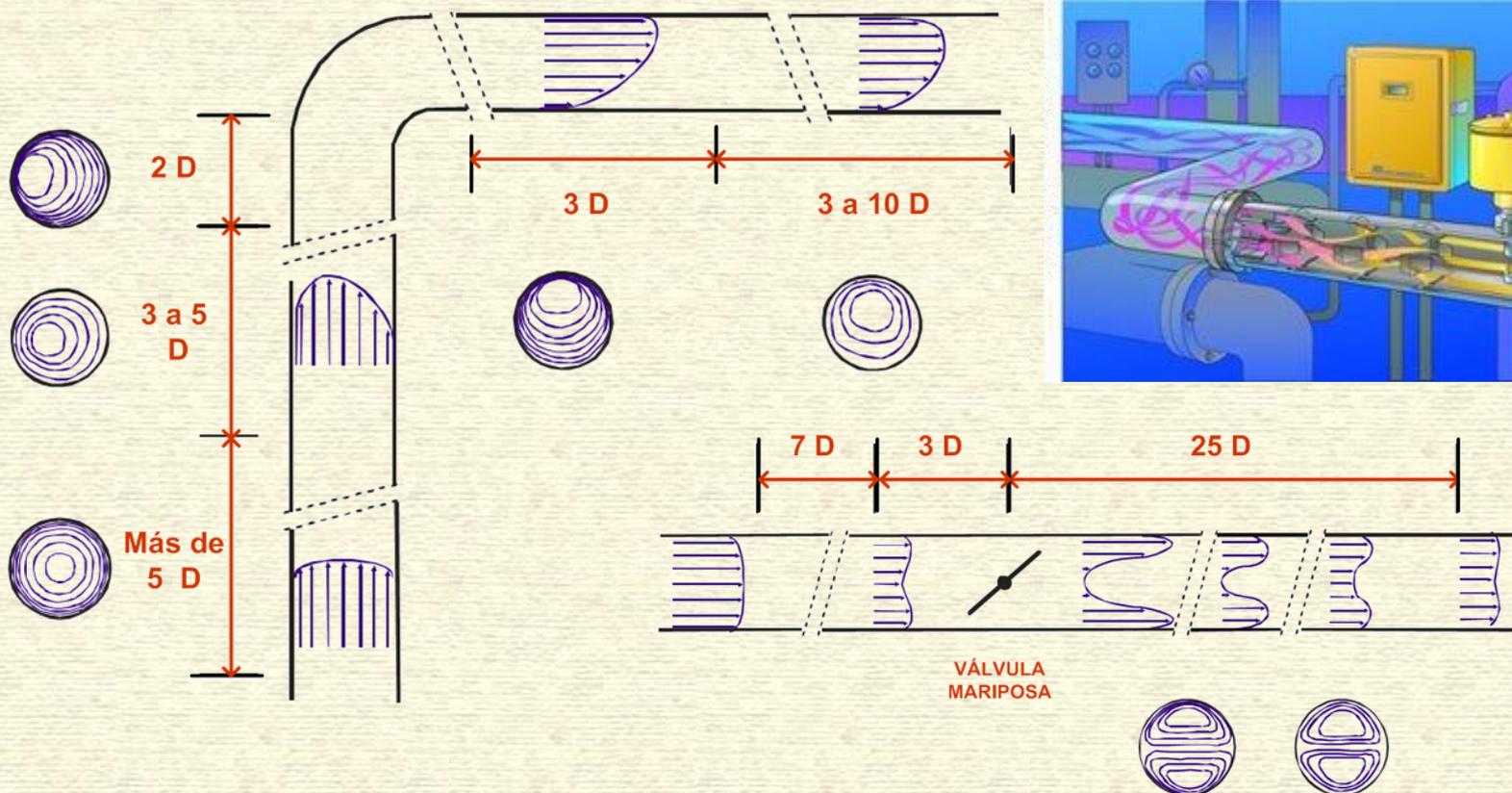


$$\tau = \mu \left(\frac{dv}{dx} \right)$$

En N° de Reynolds en cada caso se evalúa con la viscosidad aparente

DISTORSIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDADES

Los accesorios y el trazado de la cañería puede alterar el perfil de velocidades introduciendo turbulencias y remolinos. Los caudalímetros requieren en general un perfil estacionario, simétrico, bien establecido.



DISTORSIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDADES:

Para lograr un perfil de velocidades adecuado, se deben respetar tramos rectos de cañería antes y después de los accesorios. Cada dispositivo requiere un tramo recto mínimo.

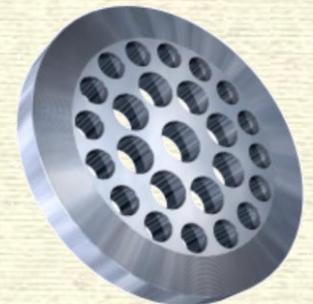
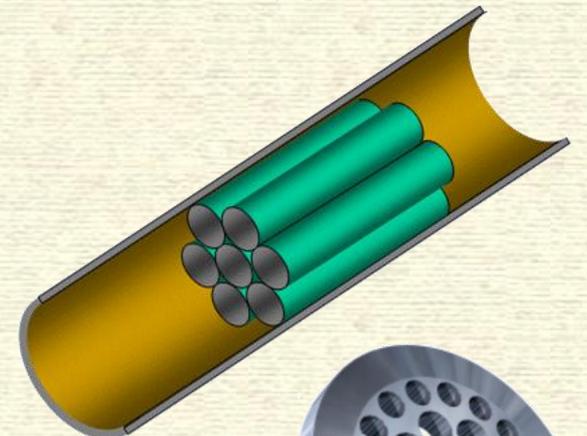
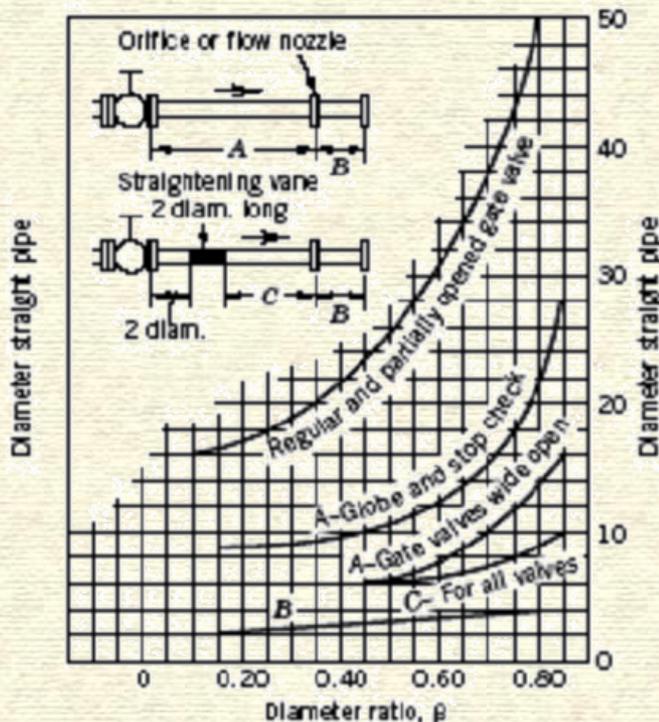
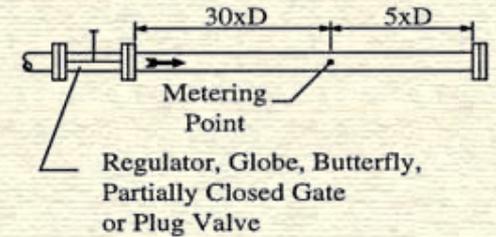
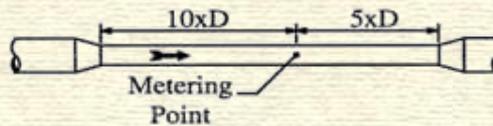
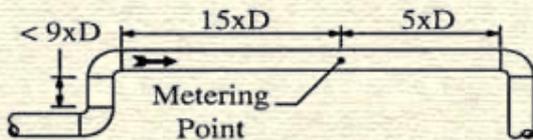
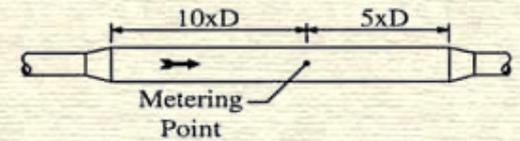
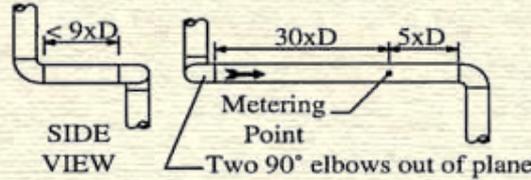
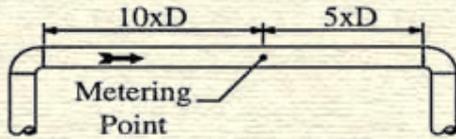


Con enderezadores de vena fluida se puede disminuir el tramo de cañería recta que se requiere antes de el medidor.



DISTORSIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDADES

Tramo recto de cañería antes y después del punto de medición



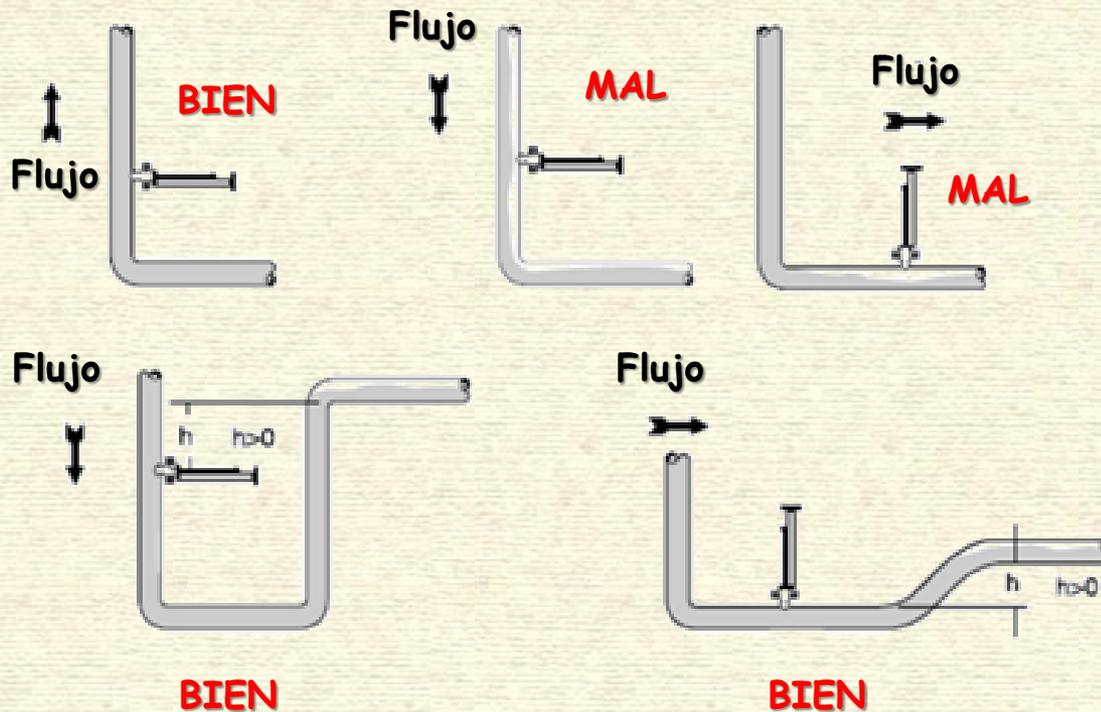
Enderezadores de Vena fluida

DISTORSIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDADES

<https://www.youtube.com/watch?v=S-Jyvycb9Uw>

INSTALACIÓN - UBICACIÓN DEL SENSOR

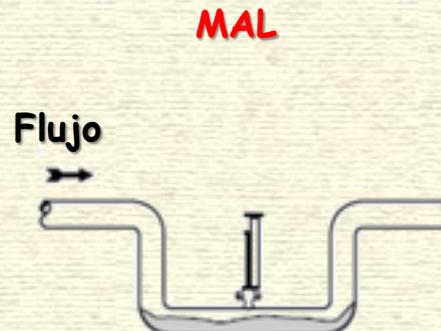
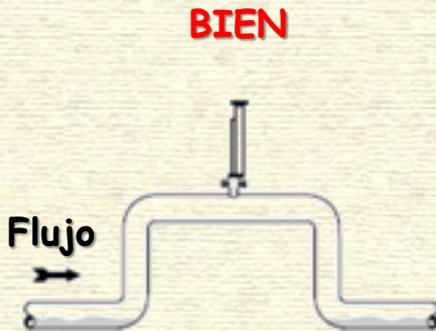
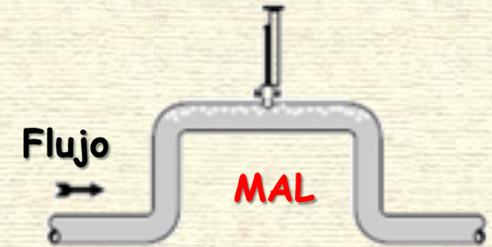
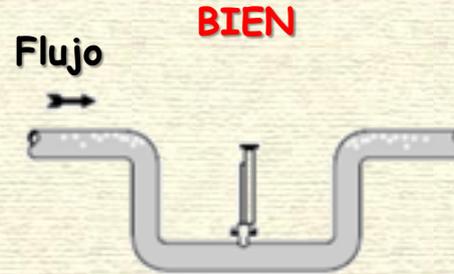
Para **líquidos, gases o vapores**, instalar siempre el medidor aguas arriba de la válvula.



Para **líquidos**, en líneas verticales hay que asegurar cañería llena.

INSTALACIÓN - UBICACIÓN DEL SENSOR

Para **líquidos**, en líneas horizontales, hay que asegurar que la cañerías esté completamente llena.



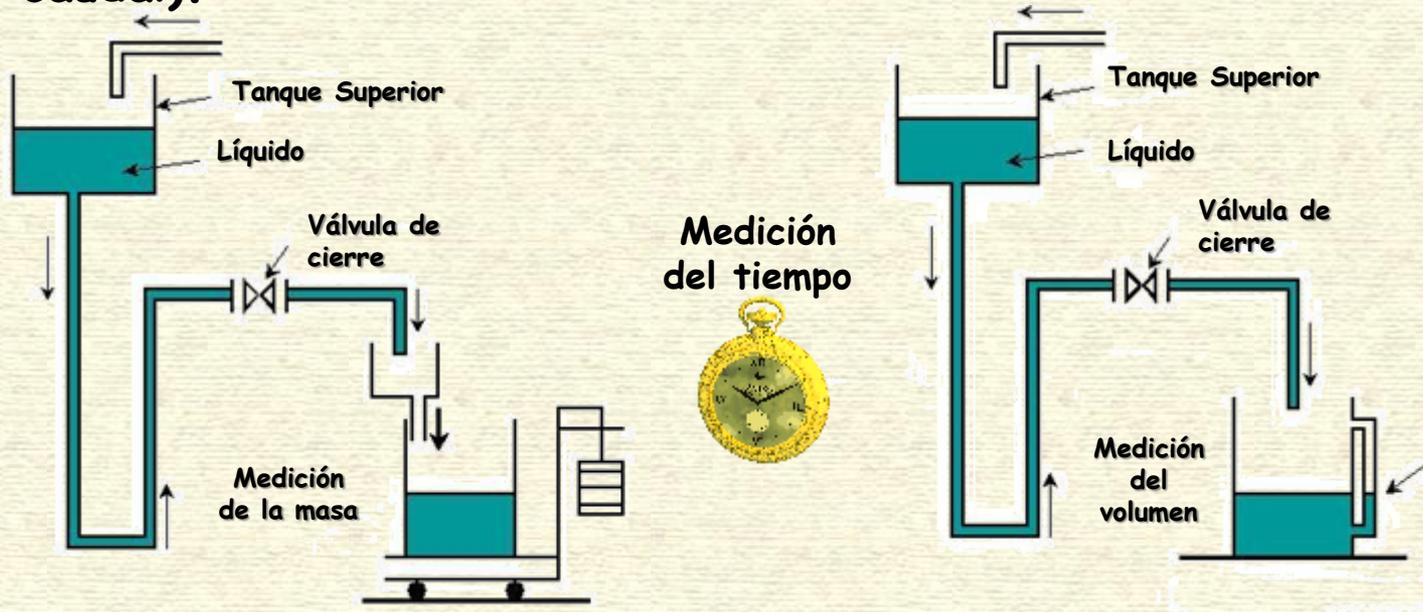
Con **gases y vapores**, hay que tomar la precaución que no se acumule condensado.



TIPOS DE MEDICIONES DE CAUDAL

DIRECTA

Los que miden directamente caudal (aplicando la propia definición de caudal).



Solo se puede medir el caudal medio. Puede ser útil para totalizar. No se aplica si se requiere valores instantáneos.

INDIRECTA

Las limitaciones anteriores hacen que se deba recurrir a procedimientos que permiten **inferir caudal a partir de la medición de otra variable**. Este es el caso de los caudalímetros comerciales

TIPOS DE CAUDALÍMETROS (Norma BS-7405)

📌 Convencionales de presión diferencial

📌 Otros tipos de presión diferencial

📌 De desplazamiento positivo

📌 Rotatorios

📌 De Área variable

📌 Oscilatorios para fluidos

📌 Electromagnéticos

📌 Ultrasonicos

📌 Másicos directos e indirectos

📌 Térmicos

📌 Otros para fluidos en ductos cerrados

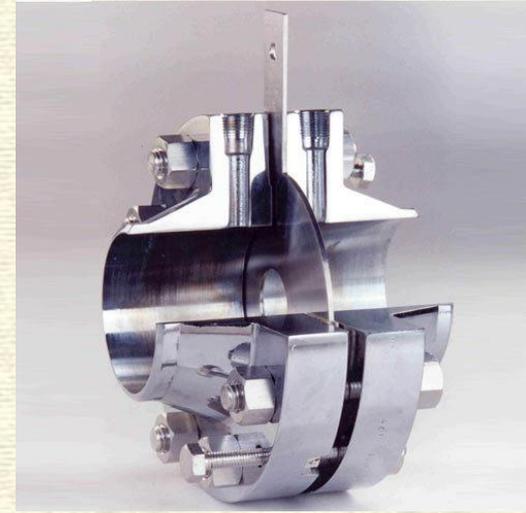
📌 De canal abierto

📌 Para sólidos



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

A este grupo pertenecen la **Placa de Orificio**, el **Tubo de Venturi** y las **Toberas**. Es uno de los tipos más utilizados, por lo que su comportamiento es en general bien conocido. Existen una gran cantidad de normas disponibles que describen su comportamiento y permiten el diseño de elementos primarios.



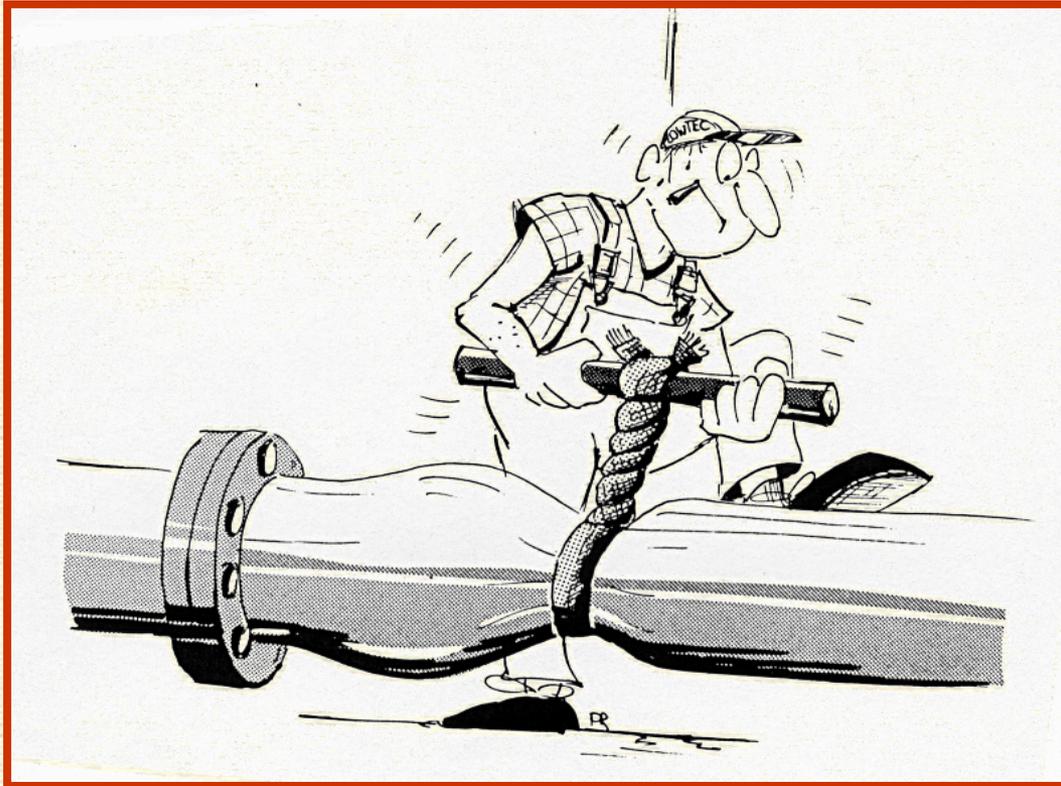
Más recientemente surgieron el **Medidor de Cuña** y la **Placa con auto-acondicionamiento**.



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Principio de Funcionamiento

Consiste fundamentalmente en producir un **estrechamiento** en la **cañería** por la que circula el fluido. Si se mide la presión estática en dos puntos.



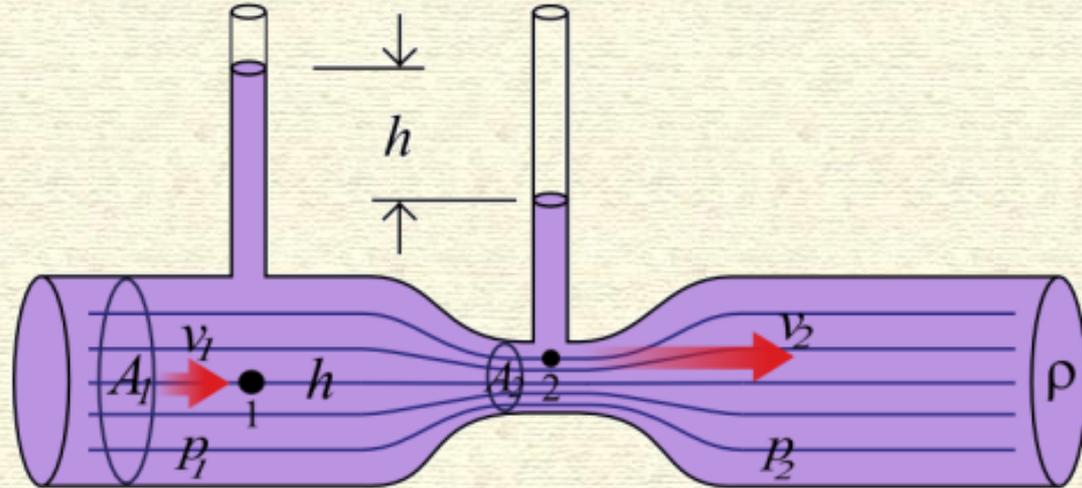
La **diferencia de presión** resulta **proporcional a la velocidad media del fluido al cuadrado** (proporcional al cuadrado del caudal volumétrico).

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Principio de Funcionamiento

Aplicando el Teorema de Bernoulli entre los puntos 1 y 2:

$$\frac{1}{2} v_1^2 + \frac{P_1}{\rho_1} = \frac{1}{2} v_2^2 + \frac{P_2}{\rho_2}$$



Y considerando la ecuación de continuidad:

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

Con lo que el caudal volumétrico (ideal) sería:

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

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Principio de Funcionamiento

Para considerar el caudal real, se introducen dos coeficientes:

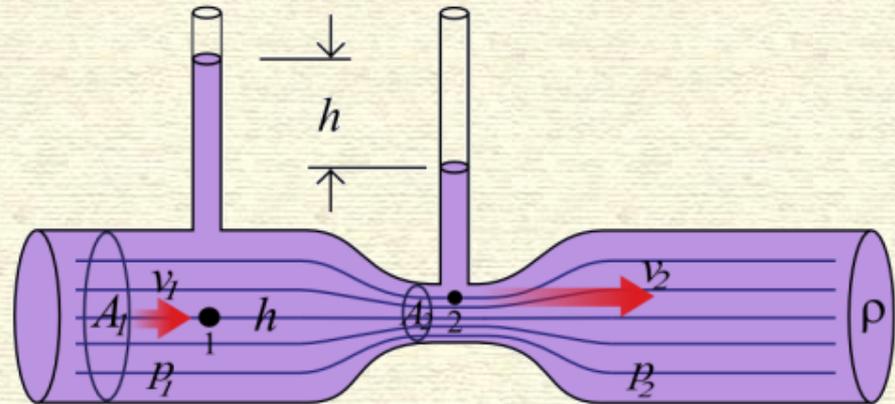
$$Q = CYA_2 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}}$$

Coeficiente de Descarga $C = \frac{Q(\text{real})}{Q(\text{ideal})}$

Que es función de la geometría del dispositivo, localización de las tomas y del Número de Reynolds

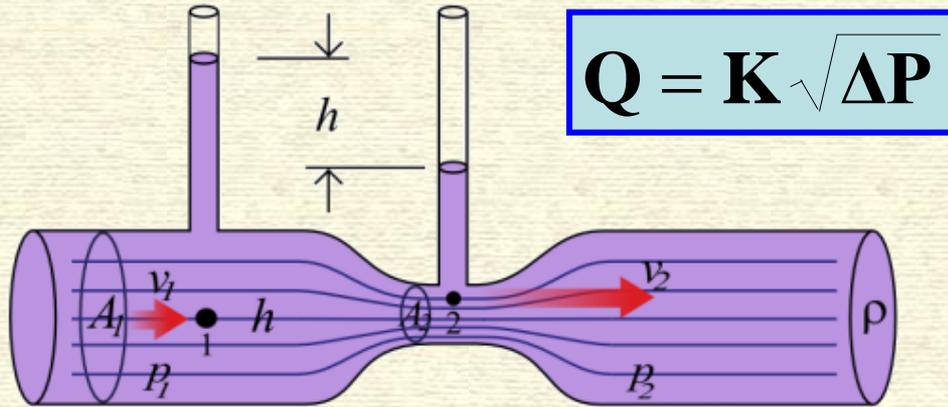
Coeficiente de Expansión $Y = \frac{Q(\text{gas})}{Q(\text{líquido})}$

Y se evalúa con una función de $\Delta P/P_1$, el factor de compresibilidad y el tipo de dispositivo.



En definitiva: $Q = K \sqrt{\Delta P} = K \sqrt{h}$

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL



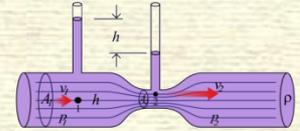
Estos dispositivos son **elementos primarios**. Requieren de un elemento secundario que es un **transmisor de diferencia de presión** que puede generar una señal estándar.



Elemento secundario
(Transmisor)

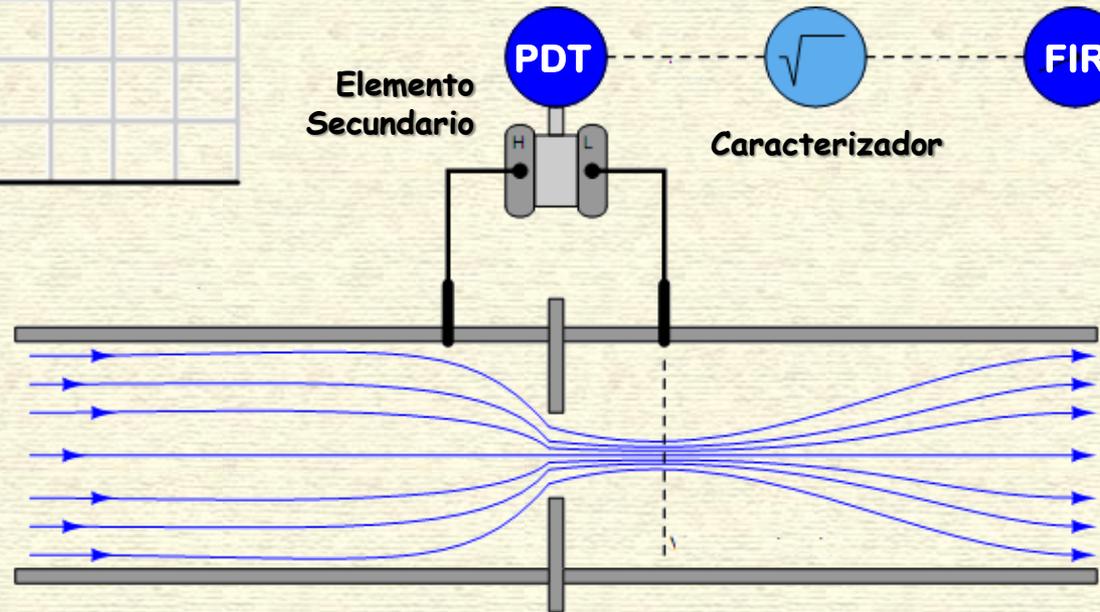
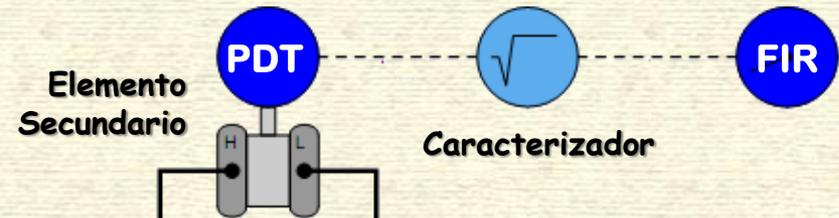
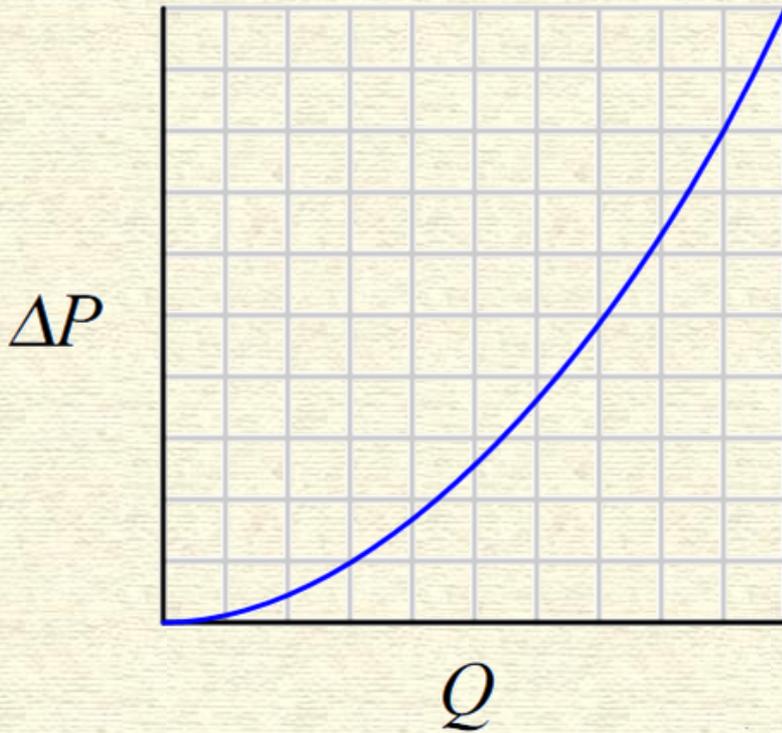
Elemento primario
(diferencial)

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL



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

La **señal primaria no es lineal** con respecto al caudal, por lo que se necesitará hacer una caracterización apropiada.



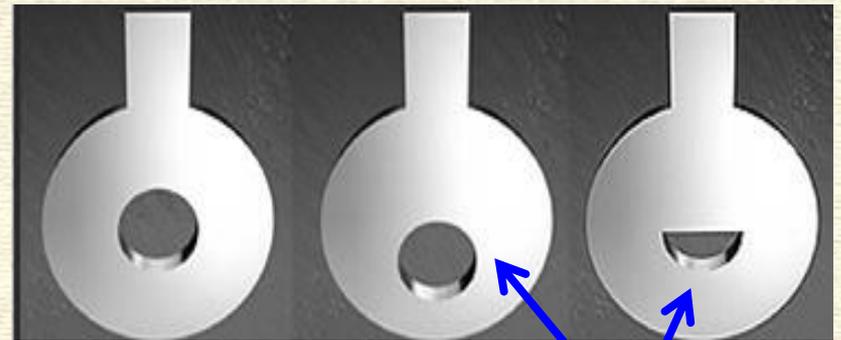
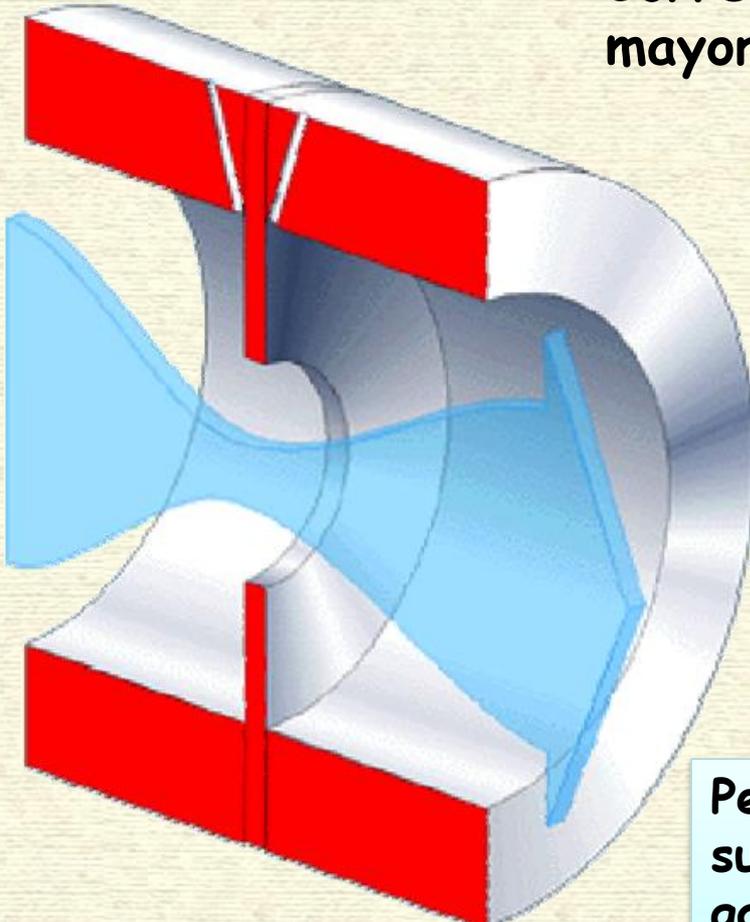
FLUJO



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Placa de Orificio

Corresponde a uno de los dispositivos de mayor difusión en la industria.

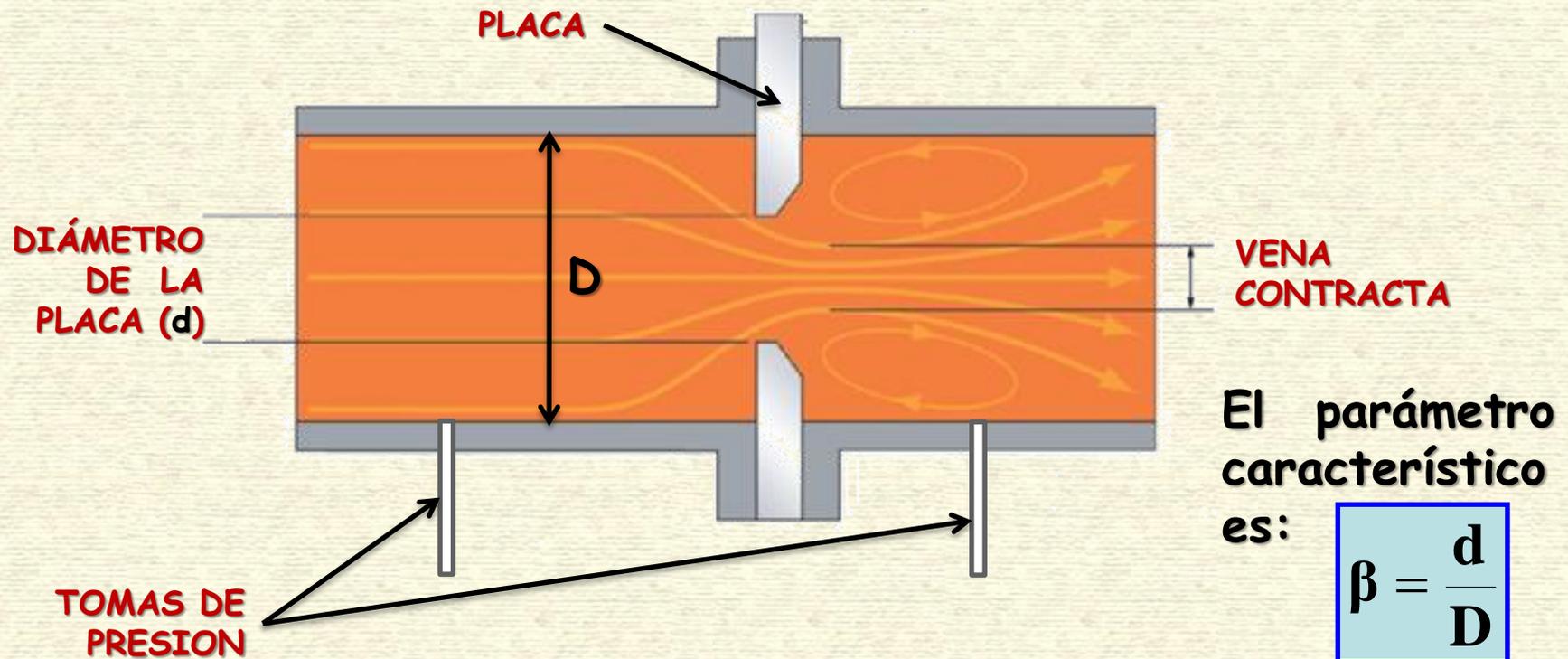
Se trata de una placa con una perforación circular (concéntrica o excéntrica) o segmentada.



Pensadas para líquidos con sólidos suspendidos o con burbujas de gases o gases con líquido suspendido

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Placa de Orificio

Existen varios diseños estandarizados que permiten el dimensionamiento, que consiste fundamentalmente en determinar el diámetro (flecha en las segmentadas) de la placa y la ubicación de las tomas de presión.

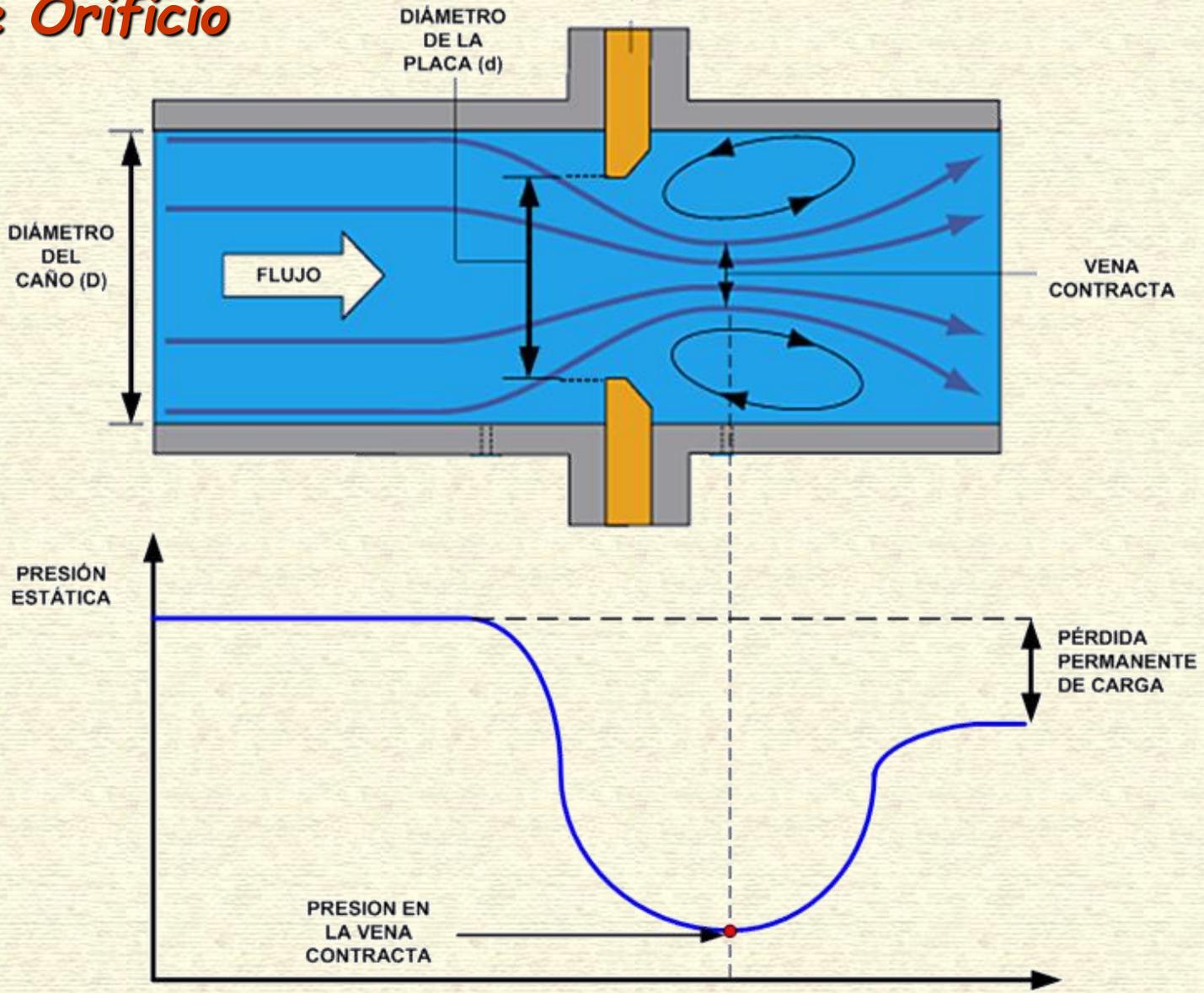


MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Placa de Orificio

Curso: Instrumentación Industrial de Procesos y gestión Industrial
Departamento de Ingeniería de Procesos y gestión Industrial

Posición de las tomas y presión

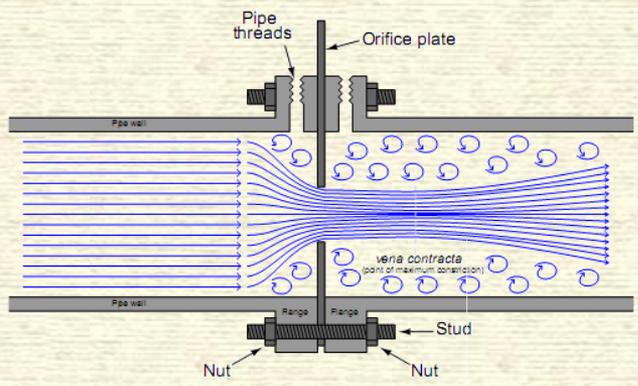


MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

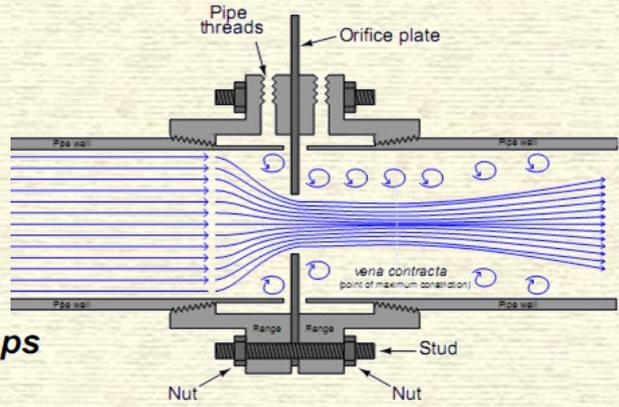
Placa de Orificio Estandarizadas

Curso: Instrumentación Industrial de Procesos y gestión Industrial
 Departamento de Ingeniería de Procesos y gestión Industrial

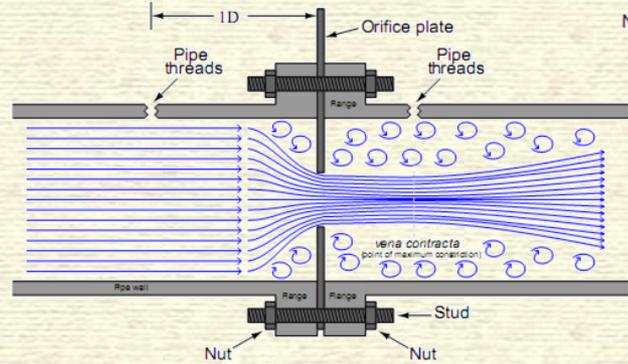
Flange taps



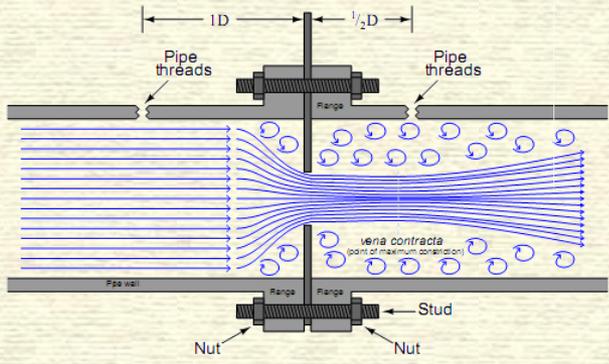
Corner taps



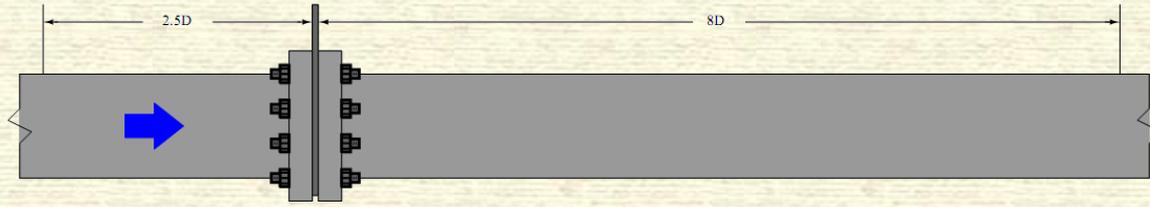
Vena contracta taps



Radius taps



Pipe taps or Full-flow taps

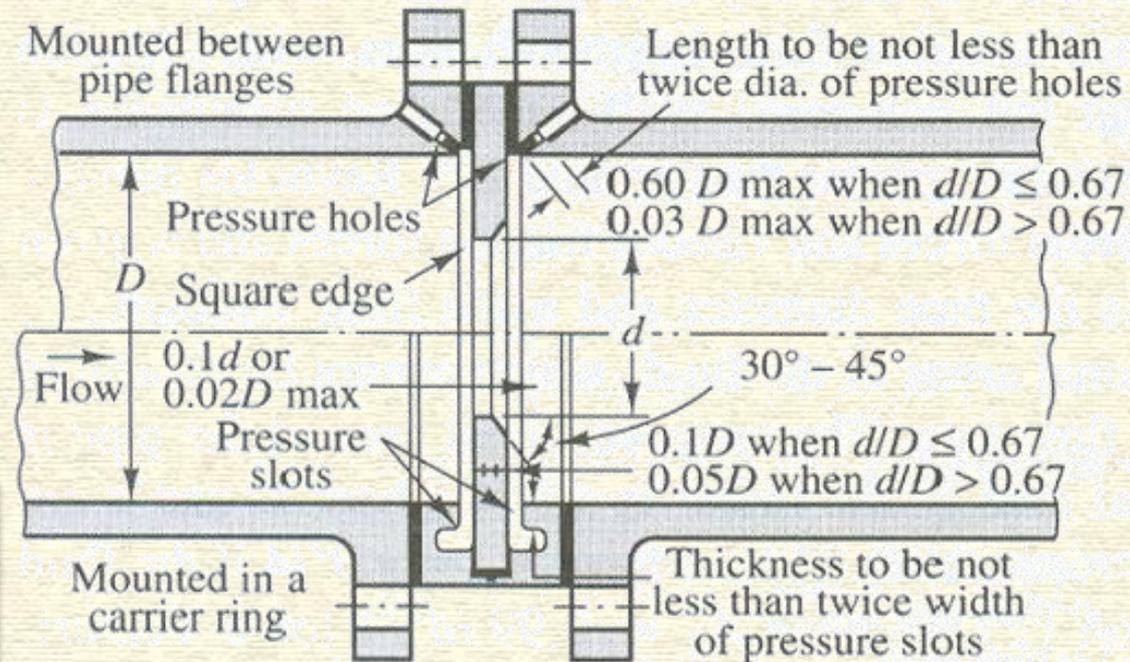


MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Placa de Orificio Estandarizadas

Hay disponible diversos estándares, los más difundidos son los de ASME (homologados por la ISO) y los DIN, que están disponibles en:

Perry's Chemical Engineers' Handbook, Don Green y Robert Perry (Eds.), McGraw-Hill Professional; 8° Ed. (2007)

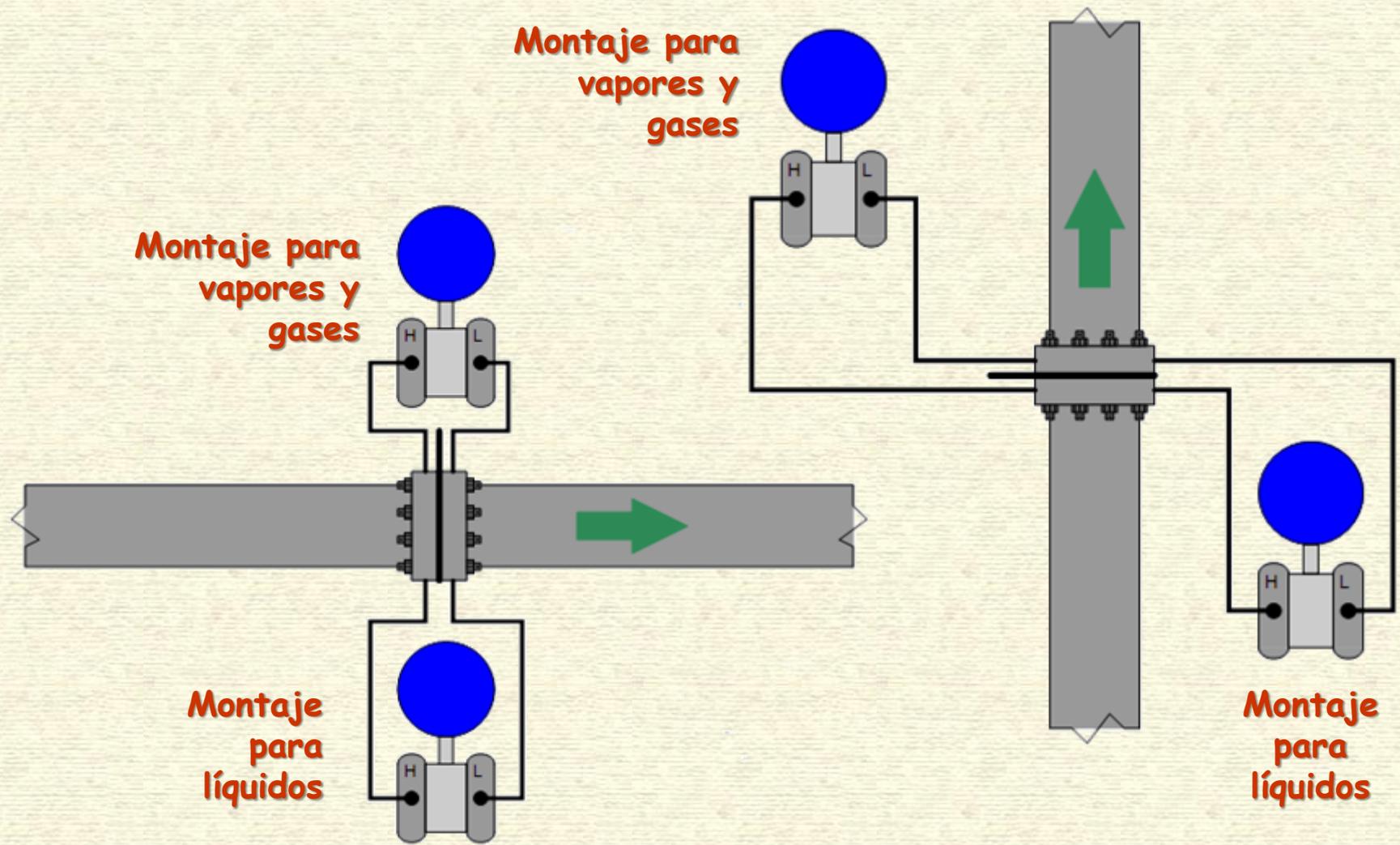
Flow Measurement Engineering Handbook, Richard Miller, McGraw-Hill Professional; 3° Ed. (1996)



Flow Measurement Handbook: Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications, Roger C. Baker, Cambridge University Press (2005)

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Placa de Orificio - Instalación



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Placa de Orificio

VENTAJAS

- Bajo costo
- No requiere re-calibraciones
- Estándar conocido y ampliamente aceptados

DESVENTAJAS

- Pobre turndown (3.5:1 típico)
- Requieren grandes tramos de cañería recta (20D a 30D) o el uso de enderezadores de vena
- Exactitud dependiente de la geometría. Por estándar ± 0.6 % span (puede llegar a estar entre ± 1 y ± 3 % span)
- No apto para suspensiones y líquidos viscosos
- Alta pérdida permanente de presión



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL *Placa de Orificio*



<https://www.youtube.com/watch?v=6LR00d6HRPg>

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Placa de Orificio

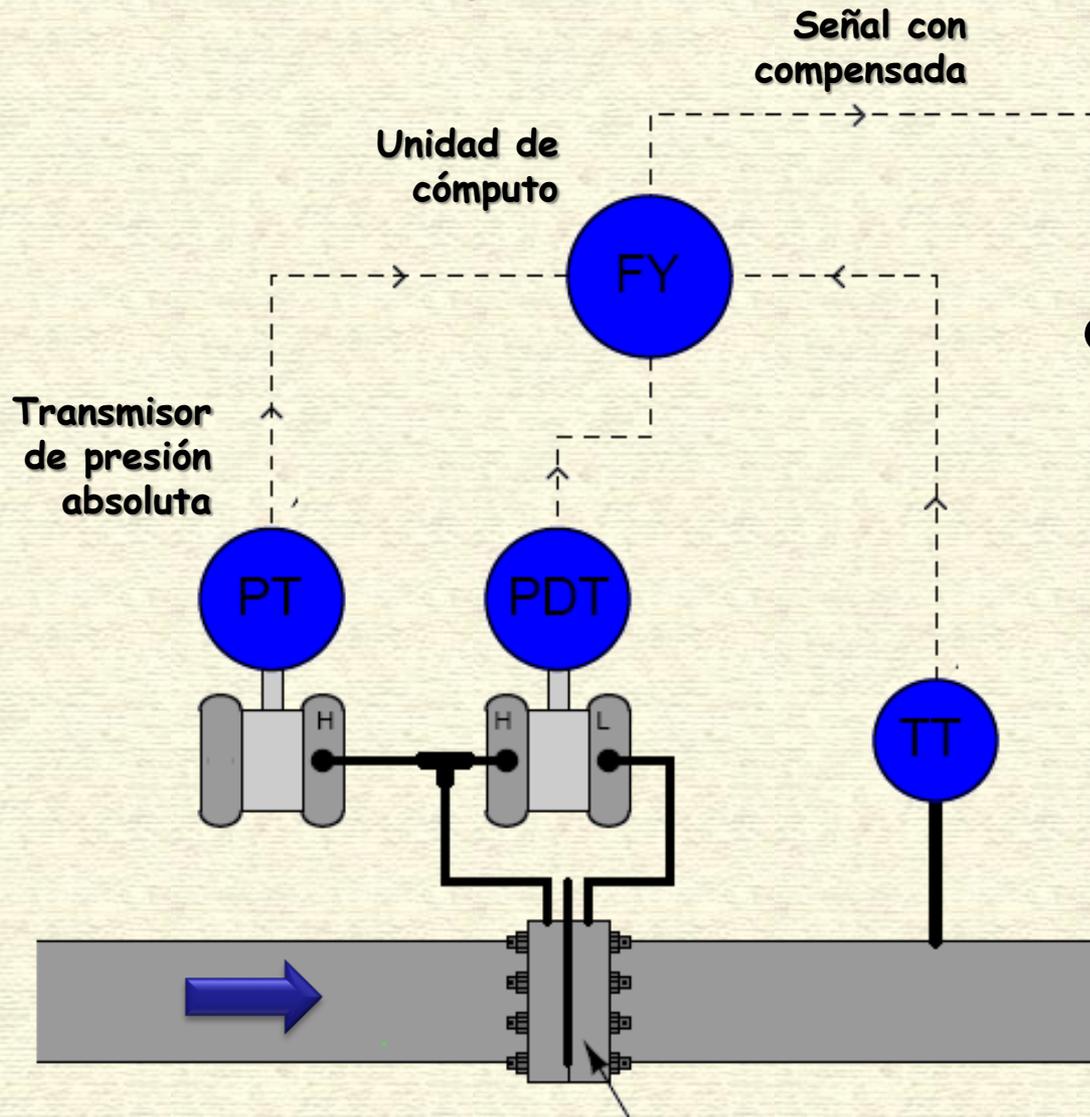
Cuando el fluido es un gas (o vapor), la presión puede tener influencia notable en la densidad:

$$Q = CYA_2 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}}$$

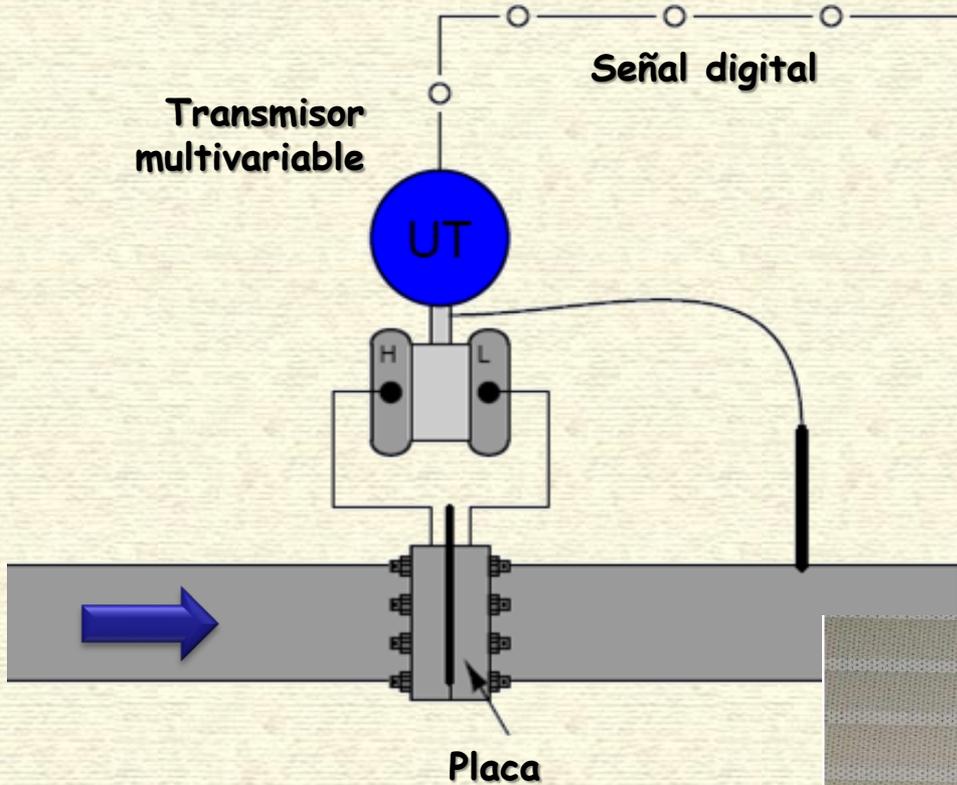
$$Q = k \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho_0} \frac{T_0}{T} \frac{P}{P_0}}$$

$$= k' \sqrt{\Delta P \frac{P}{T}}$$

Esta operación se hace en la unidad de cálculo FY



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Placa de Orificio



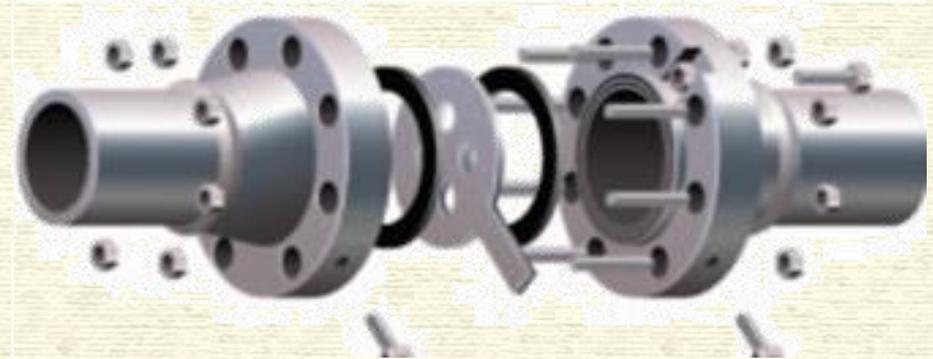
Se pueden emplear también unidades inteligentes que permiten sensor las tres variables y hacer los cálculos respectivos, transmitiendo la información por un bus de campo.

Hay normas específicas (AGA) para la ubicación de los sensores



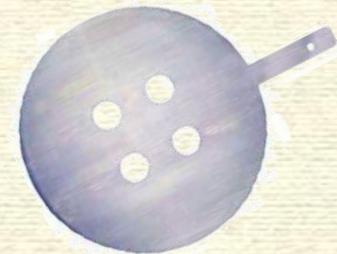
MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Placa de Orificio con autoacondicionamiento

Se trata de una placa que en vez de tener un orificio, posee cuatro. De esta forma, el flujo al pasar a través de ella no requiere un perfil de velocidades tan establecido como en el caso de las placas convencionales.



Se puede instalar en una línea más intrincada, requiere menores tramos rectos.

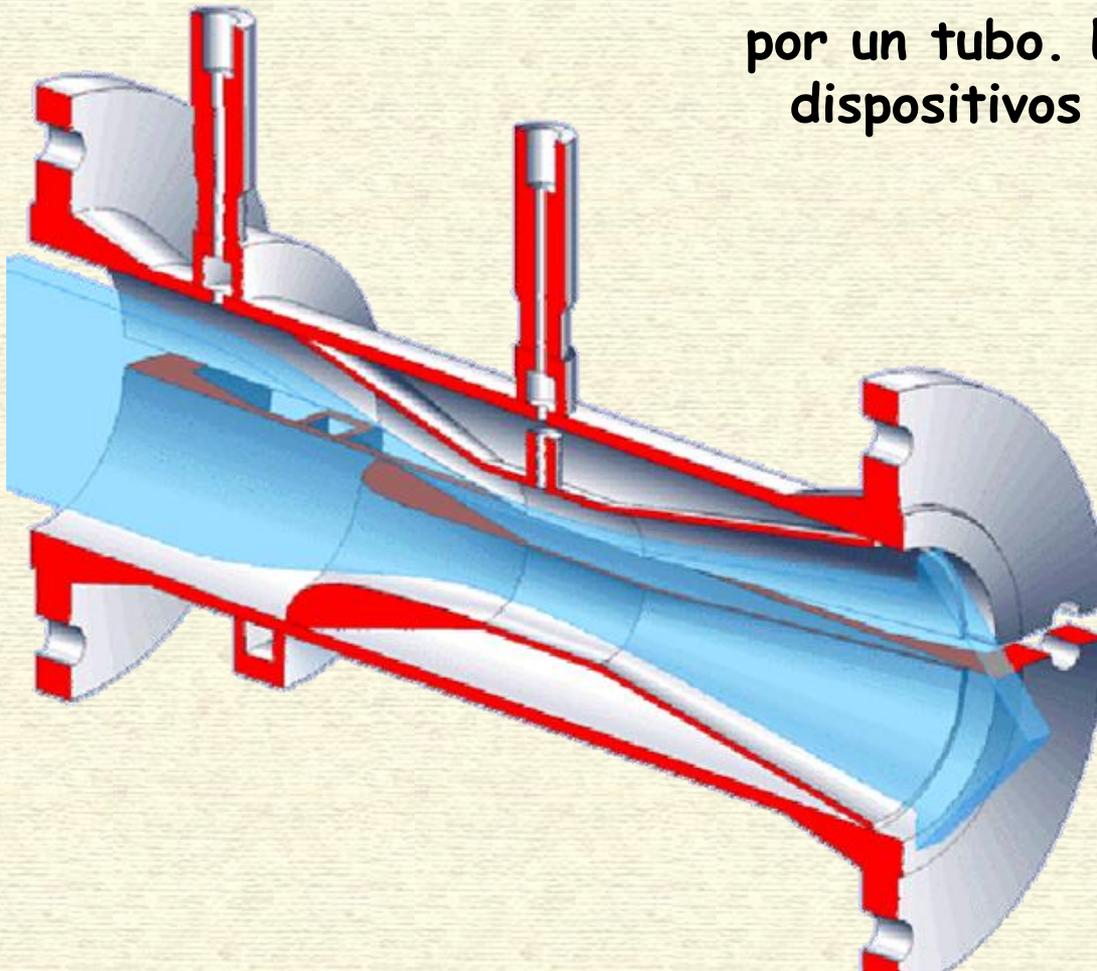
La limitación es que se trata de una tecnología propietaria (Rosemount).



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Tubo de Venturi

Consiste en dos troncos de cono unidos por un tubo. Es uno de los primeros dispositivos inventados para medir caudal (s. XIX).

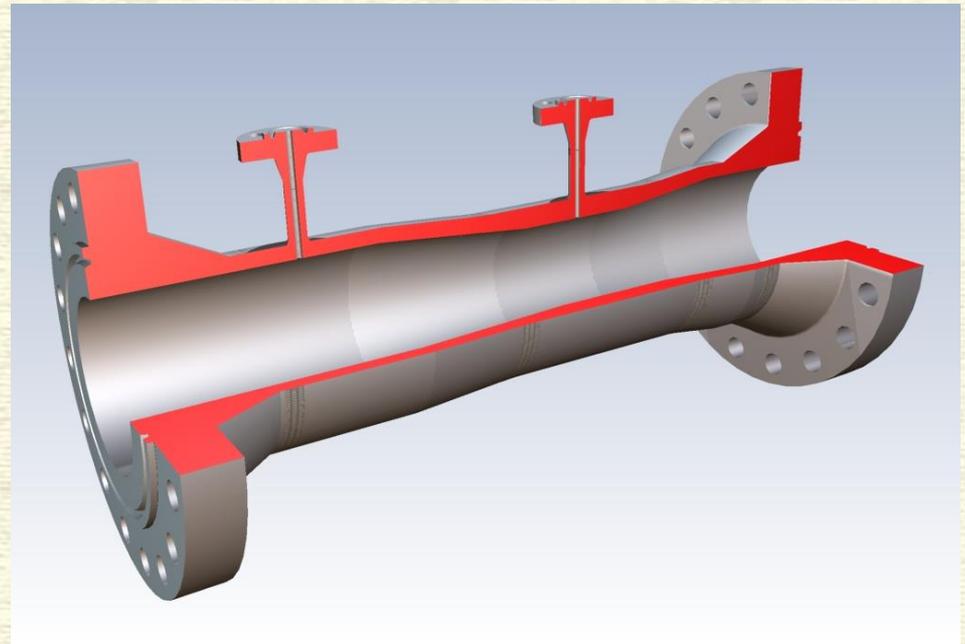
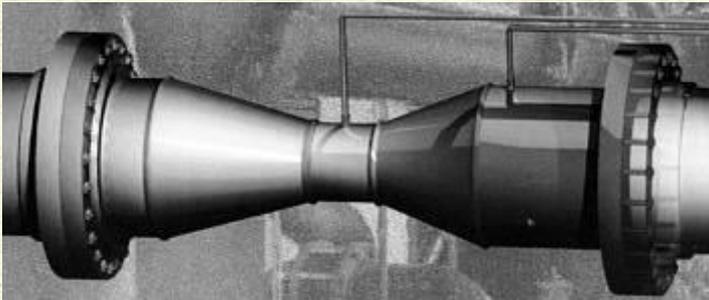
Por su forma, permite se empleado con líquidos con partículas en suspensión o con burbujas de gases



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Tubo de Venturi

La pérdida de carga permanente es relativamente baja.

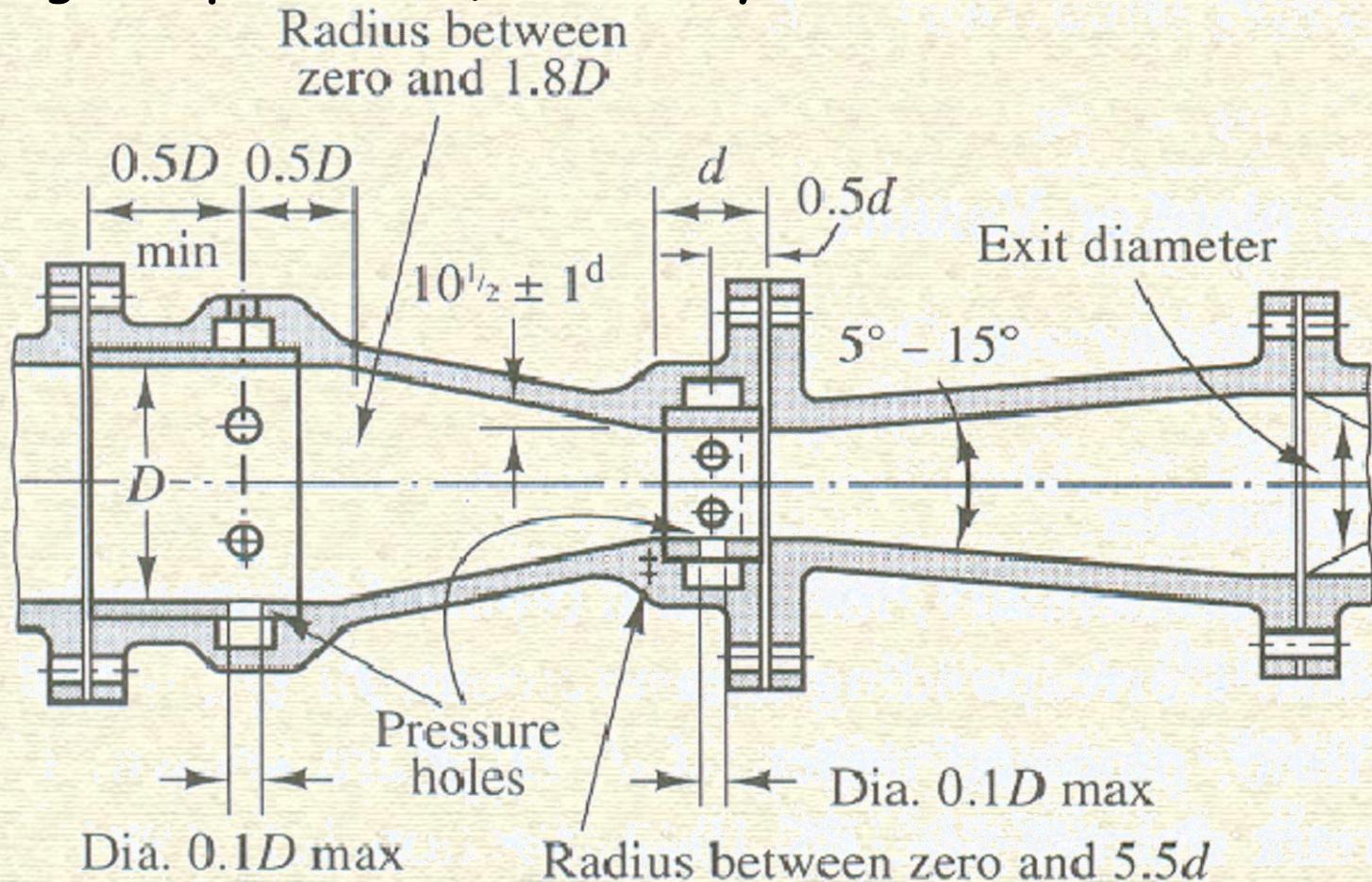
Turndown similar al de las placas. Hay formas constructivas que permiten mayores valores.



Se comenzaron a difundir en los últimos años para medir efluentes industriales líquidos.

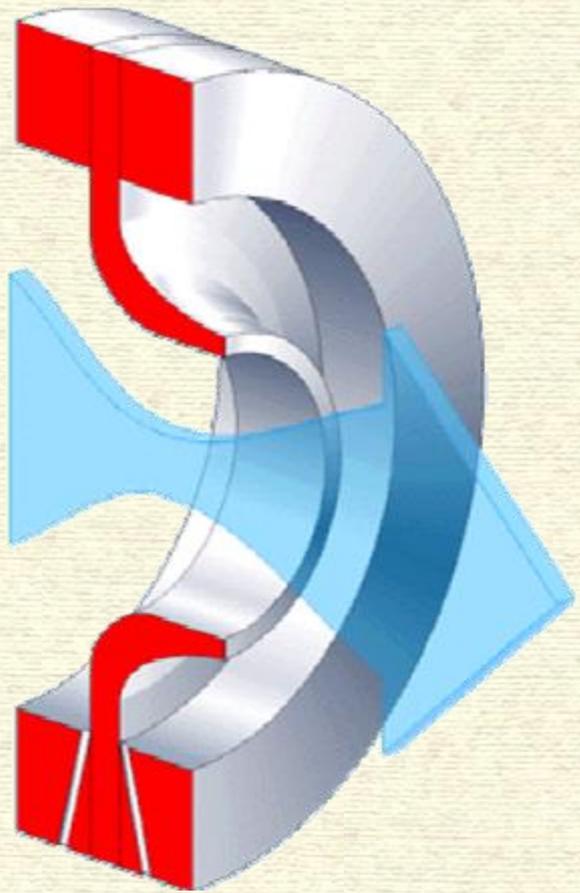
MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Tubo de Venturi Estandarizados

Existen diversos estándares, los más difundidos son ASME (homologados por la ISA), Lo Loss y DIN.



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Boquilla (Nozzle)

Curso: Instrumentación Industrial de Procesos
Departamento de Ingeniería de Procesos y gestión Industrial



Tomas Individuales

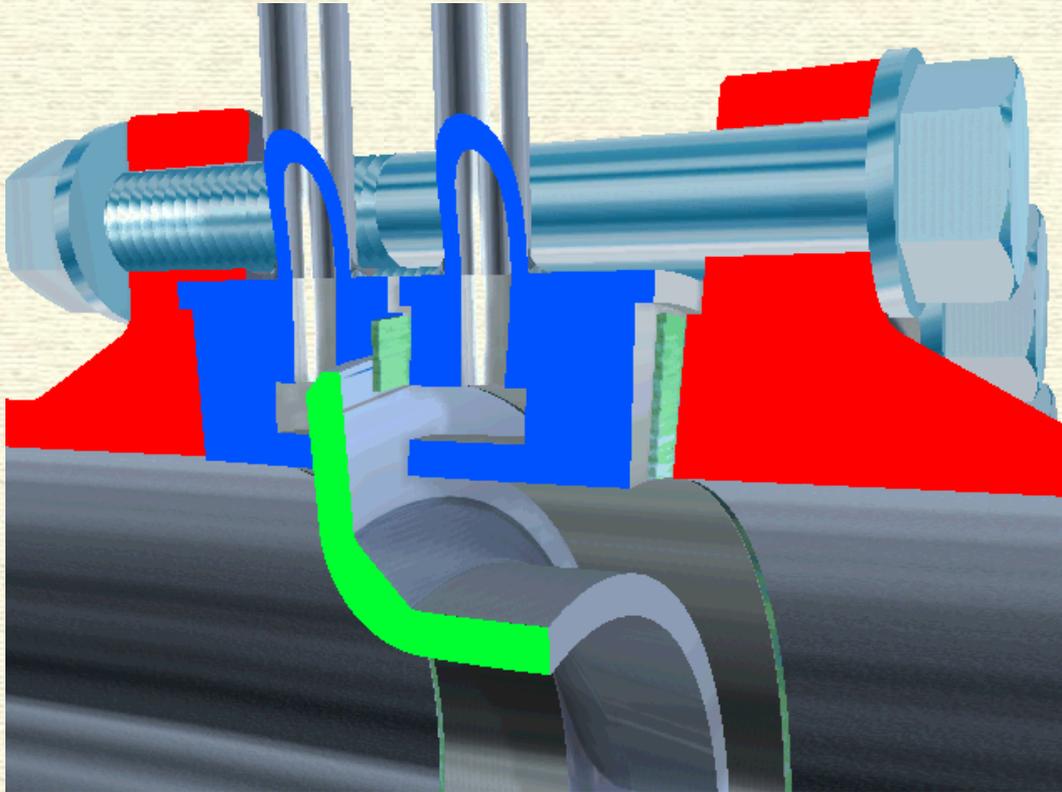


Tomas Anulares

Consiste en una tobera convergente insertada en el interior de la cañería.



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Boquilla



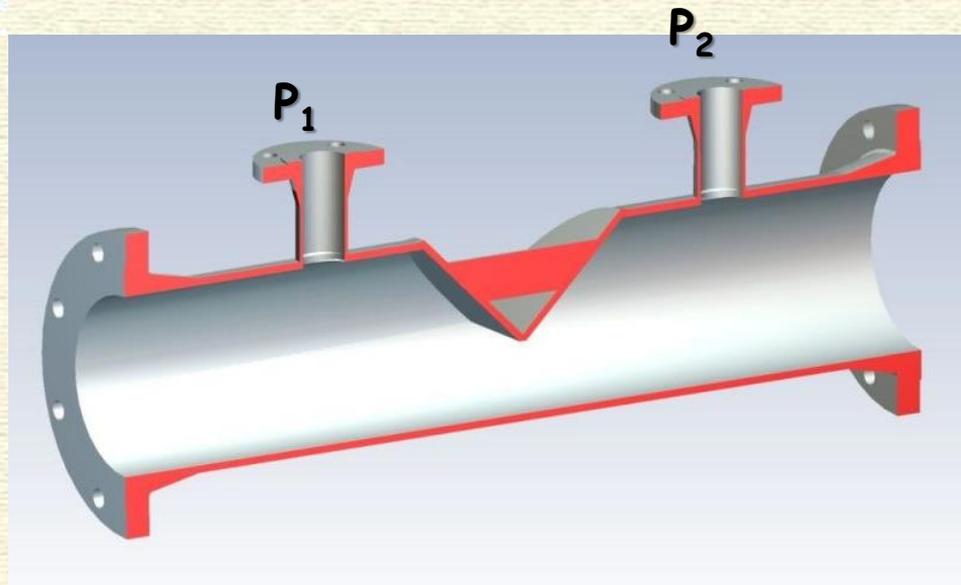
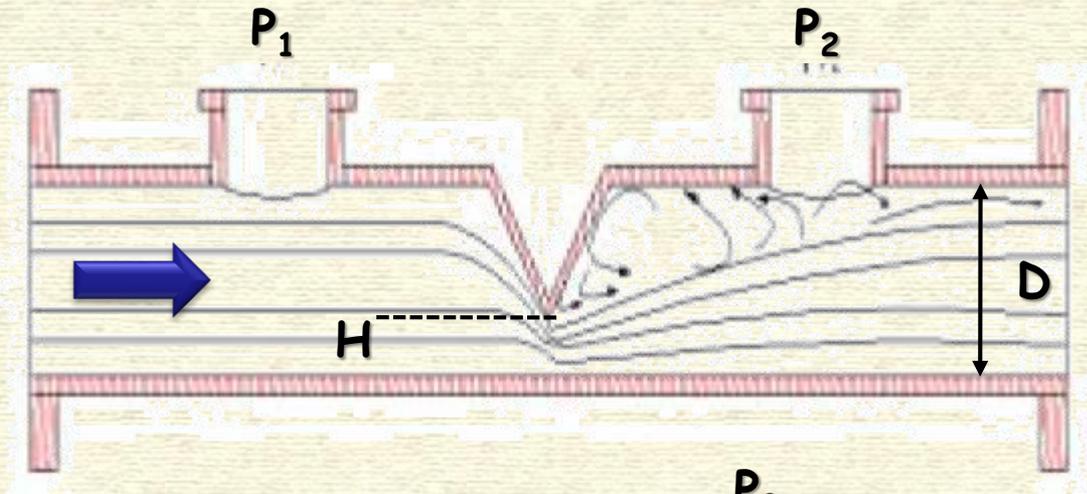
Producen bajas pérdidas de carga y son compactos.

En general se aplica a fluidos limpios.

Ha diversos estándares para su dimensionamiento (ISA, ASME, etc.)

Ha toberas en las que se establece flujo crítico, que por su alta precisión se utiliza como estándar de calibración.

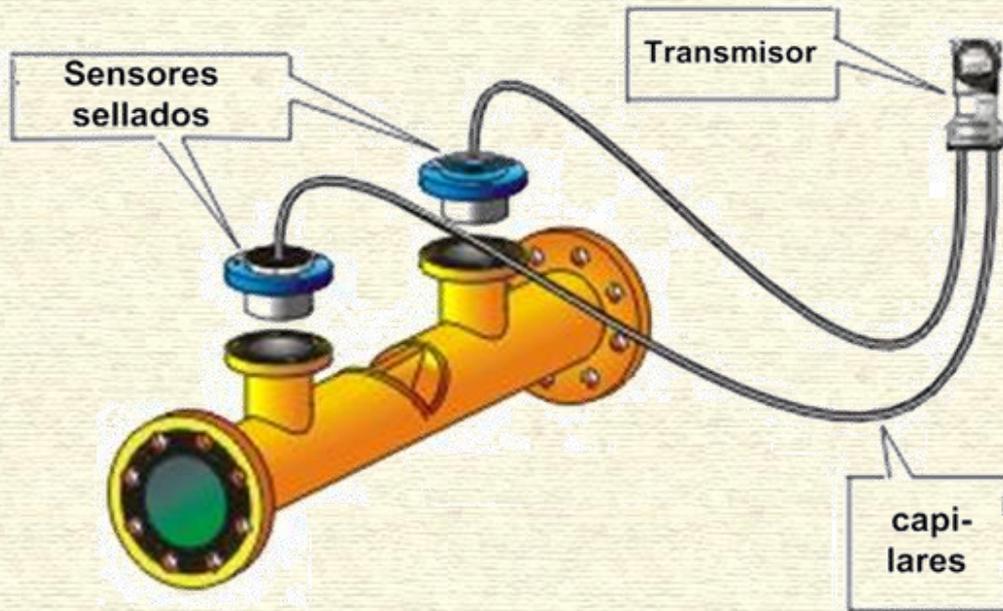
MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Medidor de cuña (Segmental wedge)



En este caudalímetro, la restricción al paso del fluido se hace mediante una cuña, que permite el paso del material en suspensión.

Por esto el dispositivo es especialmente apto para medir **caudales de pastas y suspensiones**, inclusive con **alta viscosidad**.

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Medidor de cuña (Segmental wedge)



El factor beta se puede relacionar con H con:

$$\beta_{\text{wedge}} = \left\{ \frac{1}{\pi} \left[\arccos \left(1 - \frac{2H}{D} \right) - 2 \left(1 - \frac{2H}{D} \right) \left[\frac{H}{D} - \left(\frac{H}{D} \right)^2 \right]^{0.5} \right] \right\}^{0.5}$$

Estos caudalímetros pueden ser diseñados. En la actualidad hay diversas contribuciones publicadas, pero ninguna hasta el momento está establecida como estándar.

La exactitud máxima está en torno $\pm 0.5 \%R$. Pueden ser **bi-direccionales**. Hay gran versatilidad respecto de los diámetros (entre 2 y 24 plg).

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

Diseñar un caudalímetro diferencial consiste en establecer la **dimensión característica** que es el diámetro (real o equivalente) del orificio. El resto de las dimensiones del dispositivo salen a partir de esta determinación.

El parámetro característico es:

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

La ecuación de diseño es:

$$Q = CYA_2 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}} = \sqrt{2} CYA_1 \frac{\beta^2}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

MEDIDORES

CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

DATOS DE ENTRADA

Caudal de Trabajo Q

Diferencial de presión máximo $\Delta P = h$

Diámetro de la cañería D

Características de trabajo (P y T)

Propiedades del fluido y de la cañería



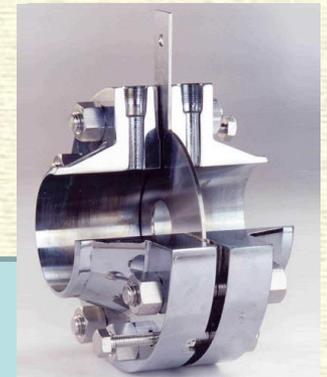
RESULTADOS

Parámetro β (diámetro d)

Diferencial de presión en función del caudal

Dimensiones características del dispositivo

Pérdida de carga permanente

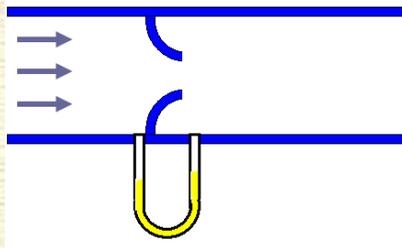


MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

Separando en la ecuación de diseño datos de incógnitas:

$$S_M = \frac{CY_1\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{4}{\pi\sqrt{2}} \frac{Q\sqrt{F_P}\sqrt{\rho}}{D^2\sqrt{\Delta P}\sqrt{F_a}} = N \frac{Q\sqrt{F_P}\sqrt{\rho}}{D^2\sqrt{\Delta P}\sqrt{F_a}}$$

N es un número que depende de las dimensiones de los datos de origen. Existen diversas expresiones que se pueden encontrar en Handbooks para esta ecuación.



Para el dimensionamiento se siguen los siguientes pasos, establecidos en "Flowmeter Engineering Handbook" de Miller

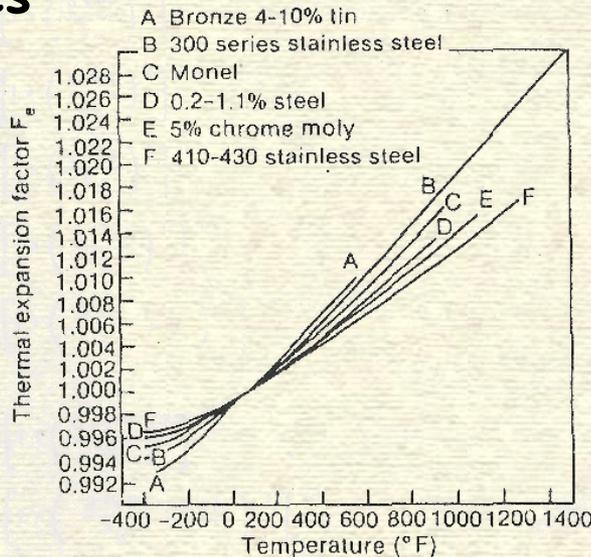
MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

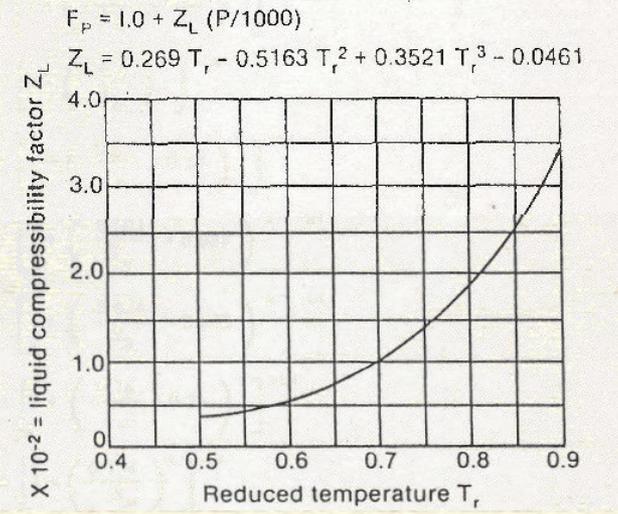
PASO 1

Determinar el tipo de dispositivo y tipo tomas. Se calculan los parámetros F_p y F_a . Con el 80% caudal máximo y caída de presión a ese caudal se calcula S_M .

F_a factor de expansión térmica (gráficos o fórmulas) según materiales



F_p considera el factor de compresibilidad (gráfico o fórmulas) según el fluido.



MEDIDORES

CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

PASO 2

Calcular el Número de Reynolds (N_{re}) en las condiciones operativas (caudal en un 80 % de máximo). Se deben verificar que se esté dentro de los límites admitidos (Tablas de "Flowmeter Engineering Handbook" de Miller).



PASO 3

Calcular la primera aproximación de β (β_0) (de Tablas de "Flowmeter Engineering Handbook" de Miller).

MEDIDORES

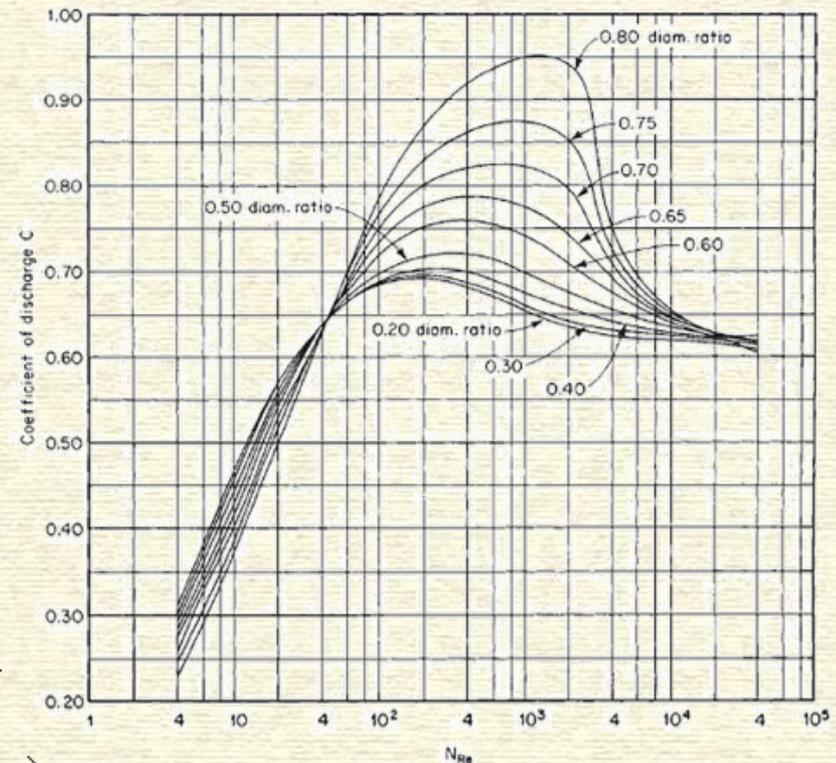
CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

PASO 4

Calcular el coeficiente de descarga C usando el valor de β y el N_{re} con fórmulas ("Flowmeter Engineering Handbook" de Miller) o de gráficos.

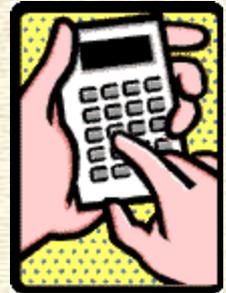
$$C_d = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521 \left(\frac{10^6 \beta}{Re_D} \right)^{0.7} +$$
$$+ \left(0.0188 + 0.0063 \left(\frac{19000\beta}{Re_D} \right)^{0.8} \right) \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.3} \beta^{3.5} +$$
$$+ \left(0.043 + 0.08e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1} \right) \left(1 - 0.11 \left(\frac{19000\beta}{Re_D} \right)^{0.8} \right) \frac{\beta^4}{1 - \beta^4} -$$
$$- 0.031 \left(\frac{2L_2}{1 - \beta} - 0.8 \left(\frac{2L_2}{1 - \beta} \right)^{1.1} \right) \beta^{1.3} + 0.011(0.75 - \beta) \left(2.8 - \frac{d_1}{0.0254} \right)$$



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

PASO 6

Calcular el coeficiente de Expansión Y usando el valor de ΔP , la presión aguas arriba y el factor de Poisson con fórmulas ("Flowmeter Engineering Handbook" de Miller) (si se trata de líquido, hace $Y = 1$).



$$Y = \left[\frac{\chi \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\chi}}}{\chi - 1} \right] \left[\frac{1 - \beta^4}{1 - \beta^4 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\chi}}} \right] \left[\frac{1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}}}{1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)} \right]$$

MEDIDORES

CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

PASO 7

Calcular (re-calcular) el nuevo valor de β con la expresión:

$$\beta = \left[1 + \left(\frac{C Y_1}{S_M} \right)^2 \right]^{-0.25}$$



PASO 8

Comparar el valor de β calculado en la etapa anterior con el supuesto anteriormente β_0 . Si coinciden en ± 0.0001 seguir con el Paso 9. De lo contrario hacer $\beta = \beta_0$ y volver al Paso 4.

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

PASO 9

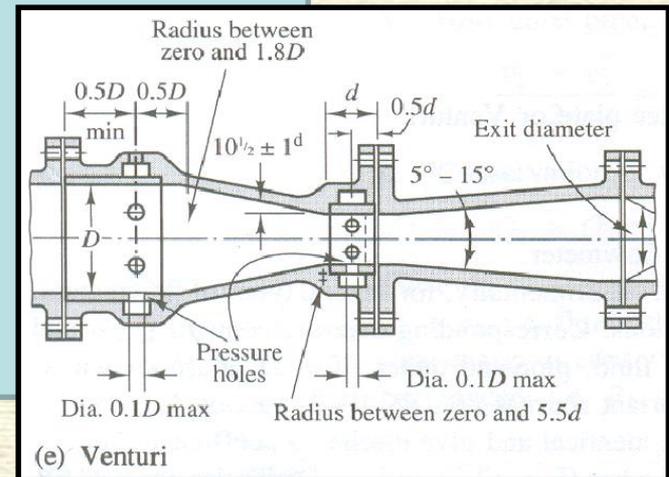
Calcular el diámetro del dispositivo d (magnitud característica de diseño) como:

$$d = \beta D$$

PASO 10

Con β y d calcular establecer todas las dimensiones de diseño, según el estándar que se emplee.

También se puede establecer la relación entre caudal y diferencial de presión.

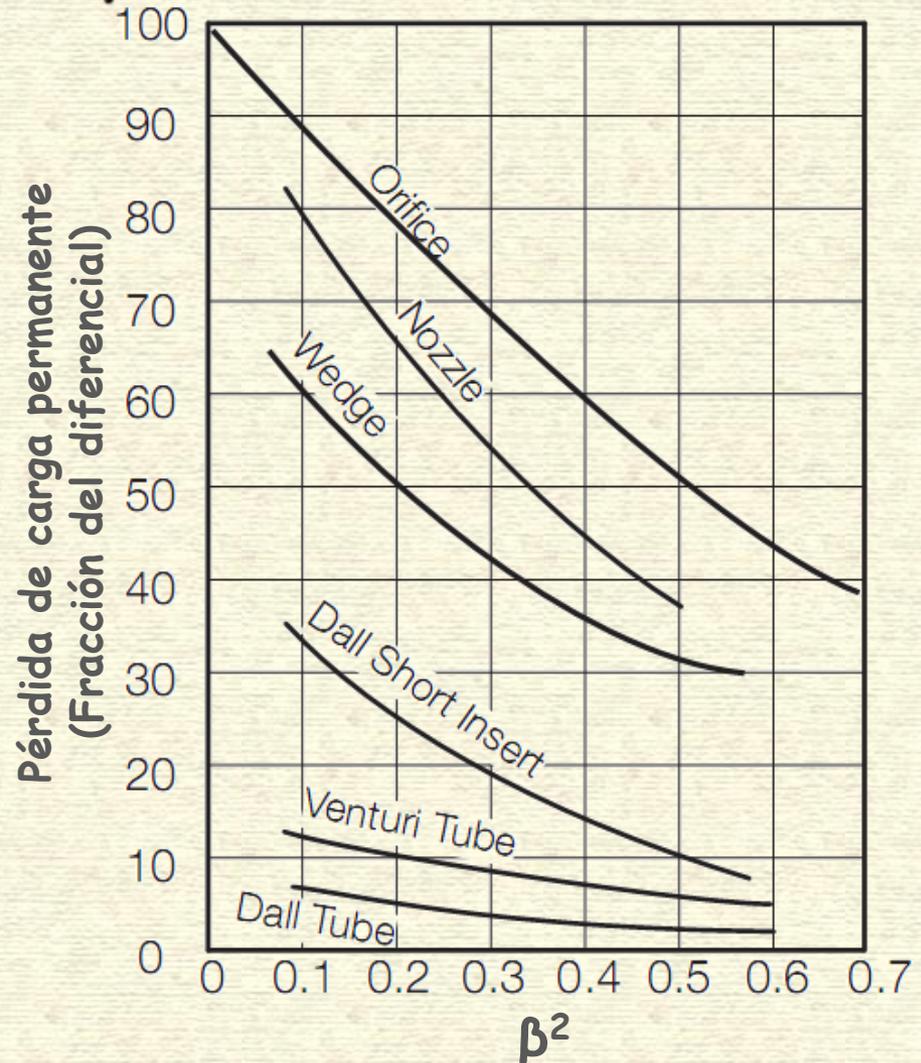


MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

Una vez dimensionado el dispositivo, también se puede calcular la **pérdida de carga permanente** (importante por su influencia en la instalación).

Un aspecto importante vinculado con este parámetro son las pérdidas de energía (vapor saturado que baja su temperatura de condensación, costo adicional de bombeo, etc.).



MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales

Existe **software comercial** que permite hacer el cálculo de dispositivos diferenciales ya que los estándares y procedimientos de cálculo están bien establecidos. Existen generosas versiones de demostración.



FlowCalc32



Daniel Orifice
Flow Calculator
(Free)



EMERSON
Process Management



Fluid flow software

ACCUTECH



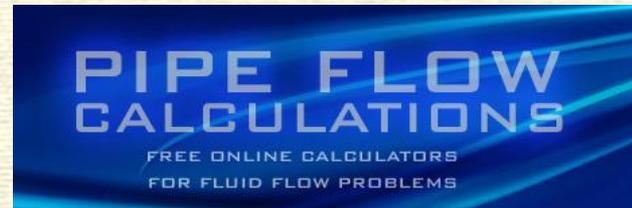
FLWSOLV
Orifice Plate Calculation.

SOLV™

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL Dimensionamiento de los dispositivos diferenciales



Muchos sitios de Internet disponen de rutinas de cálculo de dispositivos diferenciales que permiten el cómputo on line



<http://www.pipeflowcalculations.com>



http://www.flowmeterdirectory.com/flowmeter_flow_calc.html

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Comparación de desempeño

DISPOSITIVO	DIÁMETROS DE CAÑERÍA	CAMPO DE APLICACIÓN	PÉRDIDA DE CARGA PERMANENTE
Placa de Orificio (centrada)	Sin límites	Propósito general	50 a 70 %
Placa de Orificio (excéntrica y segmentada)	100 a 1000 mm	Fluido sucio o multifase	50 a 70 %
Tubo de Venturi	50 a 1200 mm	Medición precisa con baja pérdida de carga	12 a 30 %
Boquilla de flujo	50 a 500 mm	Mediciones con alta velocidad (i.e. vapores)	40 a 95 %
Medidor de Cuña	15 a 600 mm	Fluidos viscosos o sucios	30 a 60 %

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Comparación de desempeño

DISPOSITIVO	EXACTITUD (% Span)	MÍNIMO NÚMERO DE REYNOLDS	RANGO DE BETA
Placa de Orificio (centrada)	± 0.5 a ± 1.5	10000	0.2 a 0.75
Placa de Orificio (excéntrica y segmentada)	± 0.5 a ± 1.5	10000	0.2 a 0.75
Tubo de Venturi	± 0.5 a ± 2.0	75000	0.2 a 0.8
Boquilla de flujo	± 0.25 a ± 2.0	10000	0.2 a 0.8
Medidor de Cuña	± 0.5 a ± 4.0	500	0.2 A 0.5 (h/D)

MEDIDORES CONVENCIONALES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Comparación de desempeño

DISPOSITIVO	TRAMOS RECTOS DE CAÑERÍA	VIDA ÚTIL	COSTO INICIAL
Placa de Orificio (centrada)	Aguas arriba y aguas abajo	Exactitud afectada por cambios en el orificio	Bajo a Medio
Placa de Orificio (excéntrica y segmentada)	Aguas arriba y aguas abajo	Exactitud afectada por cambios en el orificio	Bajo a Medio
Tubo de Venturi	Sólo Aguas arriba	Media. Mantenimiento de tomas periódico.	Alto
Boquilla de flujo	Aguas arriba y aguas abajo	Media a larga	Medio a alto
Medidor de Cuña	Aguas arriba y aguas abajo	Larga	Medio

TEMA 5: MEDICIÓN DE CAUDAL DE FLUIDOS



La variable caudal, tipos. Perfil de velocidades, factores que determinan el régimen de flujo, fluido no newtonianos, distorsiones. Características especiales de caudalímetros: amplitud de rangos, totalización. Elementos diferenciales convencionales, de geometría fija y de flujo crítico. Medidores de área variable y de desplazamiento positivo. Caudalímetros a turbina, oscilatorios, electromagnéticos y ultrasónicos. Medición de caudal másico: directos, inferenciales, térmicos y con corrección por densidad. Caudalímetros para canales abiertos. Selección de caudalímetros: especificación y procedimiento.

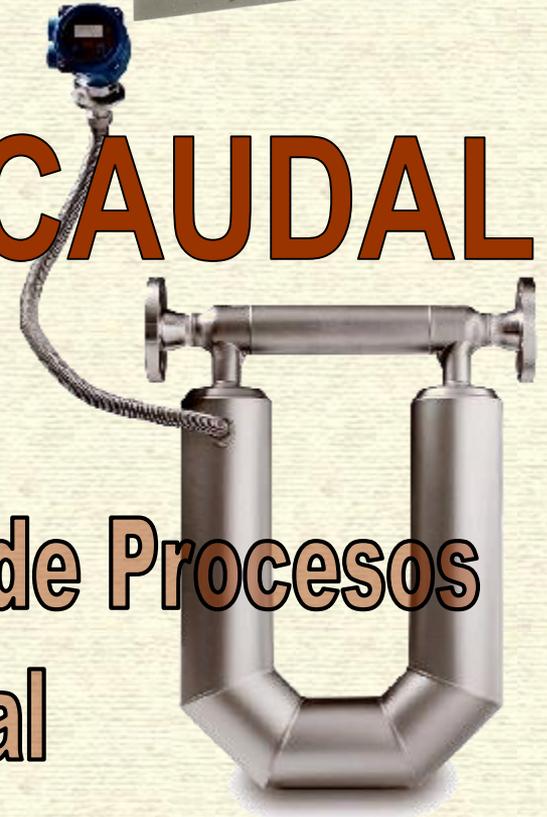
Instrumentación Industrial de Procesos



TEMA 5

ELEMENTOS DE CAUDAL

1ra. Parte



Departamento de Ingeniería de Procesos
y Gestión Industrial