

# EFFECTOS DE INSTALACIÓN

## **Una Guía Introductoria a los Efectos de la Instalación de Medidores**

**El objetivo de esta Guía de Buenas Prácticas es introducir el tema de los efectos de instalación.**

**Cada medidor de flujo está sujeto a algún tipo de efecto de instalación. Un medidor de flujo sólo tiene una oportunidad de estar a la altura de la precisión y la incertidumbre que afirma el fabricante , si se ha instalado correctamente. Los efectos de instalación pueden ser grandes o pequeños, pero se pueden reducir drásticamente si se les da una pequeña consideración.**

- 1. ¿Qué es un efecto de instalación?**
- 2. Propiedades del fluido**
  - 3. Cómo la densidad y la viscosidad interactúan con el flujo**
  - 4. Regímenes de flujo.**
  - 5. Perfiles de velocidad**
  - 6. Desarrollo del flujo**
  - 7. Más distorsiones**

## **8.Efecto sobre Medidores de Flujo Específicos**



**8,1 Medidores de presión diferencial**

**8.2 Medidores electromagnéticos**

**8.3 Medidores ultrasónicos**

**8,4 Medidores de flujo a turbina**

**8.5 Medidores Vortex**

**8.6 Medidores de área variable**

**8.7 Medidores de desplazamiento positivo**

**8.8 Medidores por efecto Coriolis**

**8,9 Medidores máxicos térmicos**

**9.¿Qué se puede hacer acerca de los efectos de la instalación?**

**10. ¿Hay una alternativa ?**

**11. Para Redondear**

**12. Otras lecturas.**



Esta guía introductoria aborda los efectos críticos de la instalación de medidores de flujo, dirigida a aquellos que tienen conocimiento limitado sobre el tema pero necesitan adquirir comprensión. Desde ingenieros y gerentes hasta personal de ventas y clientes, este documento busca educar a una amplia audiencia.

A menudo, se invierte significativo tiempo y dinero en la adquisición de medidores de flujo, pero la atención a su instalación es pasada por alto. Este descuido puede resultar en lecturas imprecisas que podían haber evitado fácilmente. En algunos casos, las instalaciones deficientes equivalen a adivinar el caudal, incluso en situaciones críticas, como la transferencia de custodia, con pérdidas financieras sustanciales.

Las secciones iniciales exploran las propiedades del fluido y su interacción en el flujo, fundamentales para entender los efectos de instalación. Se examinan perfiles de velocidad y cómo codos y válvulas afectan estos perfiles. Además, se analiza cómo la instalación puede influir en diversos tipos de medidores, ofreciendo soluciones y señalando direcciones donde encontrar respuestas adicionales.

Aunque no pretende ser una guía definitiva, este documento proporciona una visión esencial de los efectos de instalación y sirve como punto de partida para aquellos que buscan comprender la complejidad de la medición de flujo.

## 1. ¿Qué es un Efecto de Instalación?

**Podemos haber oído el término efectos de la instalación con respecto a la medición de flujo, pero quizás no estamos seguros de lo que esto significa exactamente, o porque ello podría ser importante o cuándo se debería tomar ello en consideración.**

**Sin embargo, antes de tratar de entender lo que es en realidad un efecto de la instalación, es importante entender un poco sobre el fluido y las propiedades del flujo.**

## 2. Propiedades del Fluido

Los conceptos de masa y volumen son bastante familiares y se encuentran en la vida cotidiana por ejemplo llenando el tanque de nafta de un auto , o la compra de un kilo de manzanas. Algo menos conocido de las propiedades del fluido son la densidad y viscosidad que son importantes en la comprensión de los efectos de la instalación.

La densidad es la masa de una sustancia por unidad de volumen tal como litros, decalitros, metros cúbicos, galones, y así sucesivamente. El gas helio es menos denso que el aire, por lo tanto, cuando se compra un globo lleno de helio se necesita mantenerlo apretado o se alejará flotando. Por el contrario, el kriptón es más denso que el aire, por lo que si el globo se llena con kriptón descendería al suelo.

$$\rho = \frac{m}{V} [Kg / m^3]$$



## Viscosidad

La viscosidad es una medida de la capacidad de un líquido para resistir las fuerzas externas que están tratando de cambiar su forma.

La podemos definir también como la propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad. La fuerza con la que una capa de fluido en movimiento arrastra consigo a las capas adyacentes de fluido determina su viscosidad, que se mide con un recipiente (viscosímetro) que tiene un orificio calibrado de tamaño conocido en el fondo. La velocidad con la que el fluido sale por el orificio es una medida de su viscosidad.

Sin embargo, cuando se trata de gases no ocurre lo mismo al aplicar temperatura. El aumento de la temperatura de un gas en realidad aumenta la viscosidad.



### **3. Como la Densidad y la Viscosidad Interactúan en el Flujo**

**Densidad se refiere a la masa de un fluido que a su vez se relaciona con el impulso y es lo que mantiene al líquido viajando a lo largo de la tubería. La viscosidad por otra parte se refiere a la fricción interna que frenará e incluso podrá detener el viaje del fluido.**

**La interacción entre la densidad y la viscosidad de los fluidos fue estudiada en el siglo 19 por Osborne Reynolds, un científico prominente en la comprensión de la mecánica de fluidos.**

**Reynolds describe la relación entre el impulso y las fuerzas retardantes dentro de un fluido y esto conduce al Número de Reynolds que es el impulso del fluido dividido por la viscosidad del fluido. El número de Reynolds,  $Re$ , no tiene unidades y es conocido como un número adimensional.**

## 4. Regímenes de Flujo



$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \quad \text{o} \quad Re = \frac{VD}{\vartheta}$$

$V =$  *Velocidad*       $D =$  *Diámetro de la Tubería*

$\rho =$  *Densidad*       $\vartheta =$  *Viscosidad Cinemática*

$\mu =$  *Viscosidad Absoluta*

El flujo se propagará en sí en una de dos maneras y estos tipos de propagación se refieren como regímenes de flujo. El número de Reynolds puede ser utilizado para clasificar el régimen de flujo.

Si el número de Reynolds es menor que 2000, entonces las fuerzas de viscosidad son dominantes y esto significa que el flujo es laminar.

El flujo laminar puede ser pensado como un fluido que se mueve a lo largo de una tubería en capas delgadas sin ninguna mezcla entre las mismas. Se refiere a veces como flujo de Poiseuille en los libros de texto

## **4. Regímenes de Flujo**

**Si el número de Reynolds es mayor que 5000, entonces las fuerzas inerciales dominan y esto significa que el flujo es turbulento.**

**Con flujo turbulento el movimiento volumétrico es paralelo al eje de la tubería, pero con mezcla entre las capas. Esta es la razón por la que el flujo turbulento es bueno para la transferencia de calor.**

**Pero ¿qué pasa si el número de Reynolds cae entre 2.000 y 5000. Esta región es conocida como flujo de transición donde el flujo cambia de adelante hacia atrás entre el régimen laminar y el turbulento. El flujo transitorio es menos predecible y debido a esto es más difícil de medir.**

## 5. Perfiles de Velocidad

Un perfil de velocidad describe cuan rápido está fluyendo un fluido en diferentes puntos a través de la tubería. Si no habría ninguna fricción en el fluido este se movería a la misma velocidad en todos sus puntos. Sin embargo, la pared de la tubería provoca fricción y una delgada capa de fluido próxima a la pared de la tubería no se mueve.

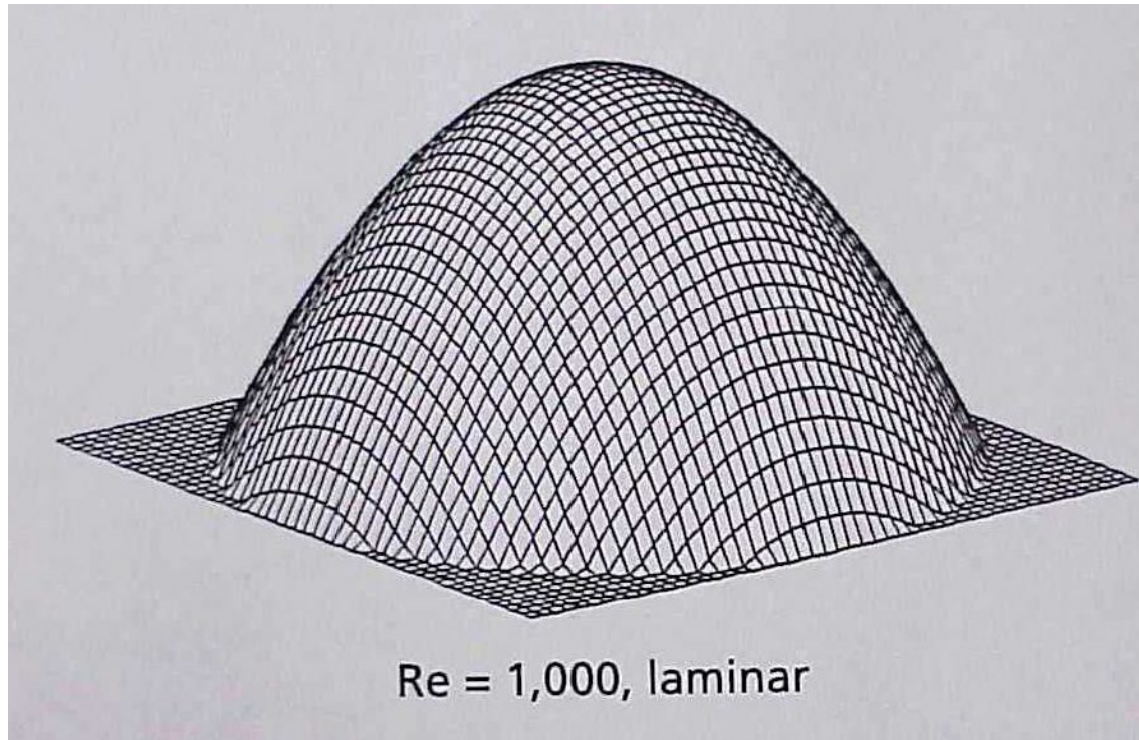
Cuanto más lejos de la pared de la tubería está el fluido , menor es la fricción y así el fluido se mueve cada vez a mayor velocidad. Esto significa que la velocidad más alta se produce en el centro de la tubería es decir, en el punto más alejado de las paredes del tubo.

Los cambios del perfil de velocidad a través de la tubería dependen de la naturaleza del régimen de flujo; ya sea laminar o turbulento.

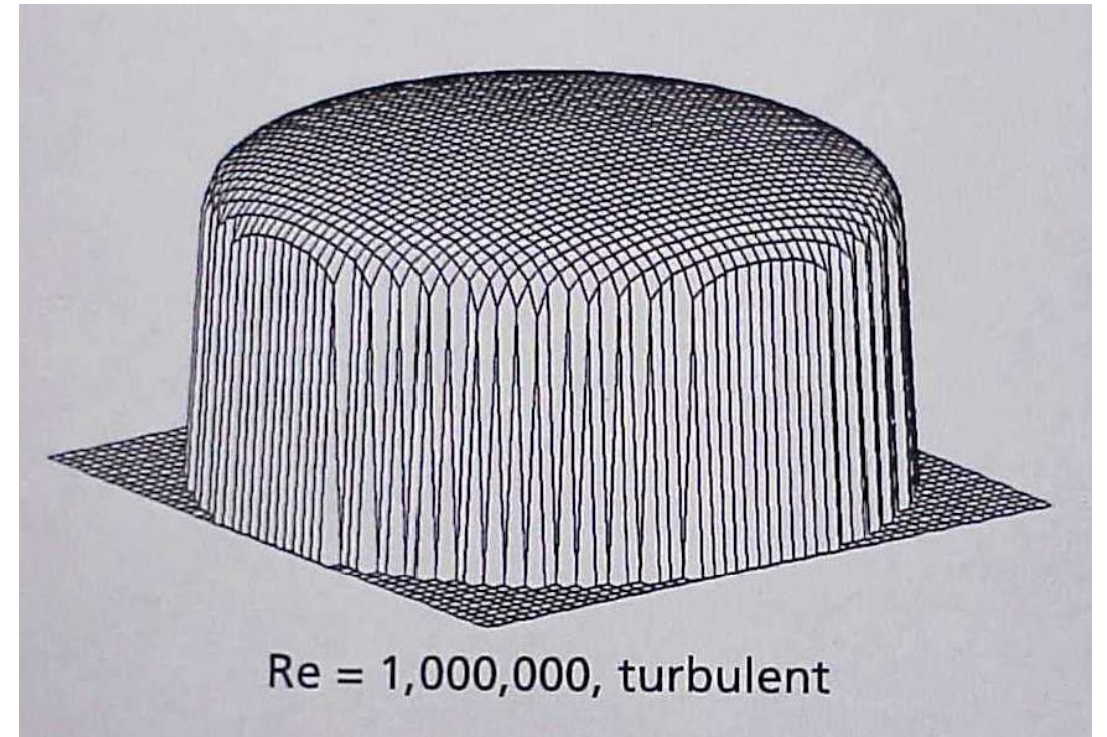
**Como se expuso anteriormente, el flujo laminar se produce cuando las fuerzas de viscosidad (o "fricción interna") dominan así la velocidad cambia gradualmente desde la pared del tubo a la línea central. Si se traza el perfil de velocidad de un flujo laminar completamente desarrollado se ve que es de forma parabólica. Sin embargo, con el flujo turbulento las fuerzas de inercia son dominantes por lo que el perfil de velocidad es más plano en el centro y varía abruptamente cerca de la pared del tubo**

## Perfil de Velocidades

Representación tridimensional del perfil de velocidades de un fluido en una sección transversal de tubería.



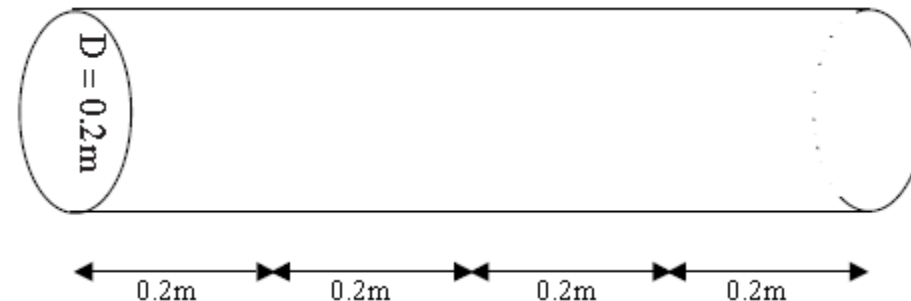
**La velocidad máxima en el centro  
De la tubería es el doble de la media**



**La velocidad máxima en el centro de la tubería  
está entre 1.1 y 1.3 veces el promedio de velocidad.**

## 6.Desarrollo del Flujo

Un perfil de velocidad necesita tiempo para desarrollarse pero cuando se estabiliza se considera que está plenamente desarrollado, lo que comúnmente se conoce como perfil "ideal". Un perfil ideal se desarrolla dentro de una longitud de tubo que, teóricamente, es de longitud infinita. En realidad, aunque, un ingeniero o diseñador busca una longitud de tubería que le permitirá al flujo desarrollar un perfil que esté muy cerca del ideal. Como esta longitud está relacionada con el diámetro, por lo general se expresa como diámetro de tubería equivalente en lugar de distancia



Decimos que este caño tiene una longitud de 4 Diámetros es decir  $4 \times 0.2\text{m} = 0.8\text{m}$



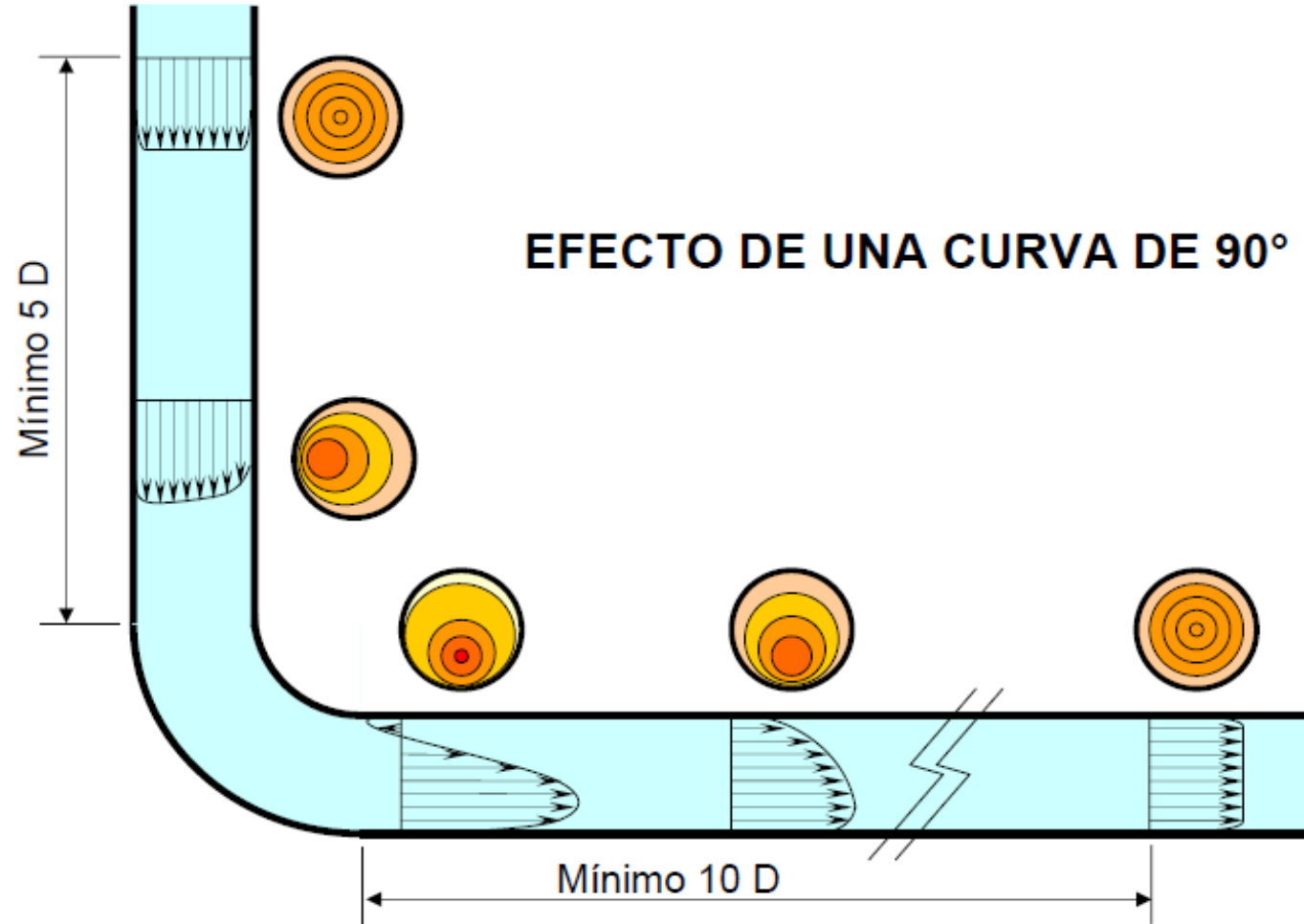
**Los componentes de un conducto tales como válvulas parcialmente cerradas, reducciones y curvas, distorsionan el perfil de velocidad. Tomemos un ejemplo de un fluido que viaja alrededor de una curva. El fluido en el exterior de la curva tiende a moverse más rápidamente y esto le da un perfil sesgado o asimétrico.**

**La mayoría de los medidores de flujo se han desarrollado para trabajar mejor en condiciones "ideales". La Organización Internacional de Normalización (ISO) o el fabricante del medidor aconsejará la mejor instalación y suele especificar una longitud de tubería recta aguas arriba del medidor y otra longitud de tubería recta aguas abajo. La Norma ISO también especifica normas relativas a la instalación.**



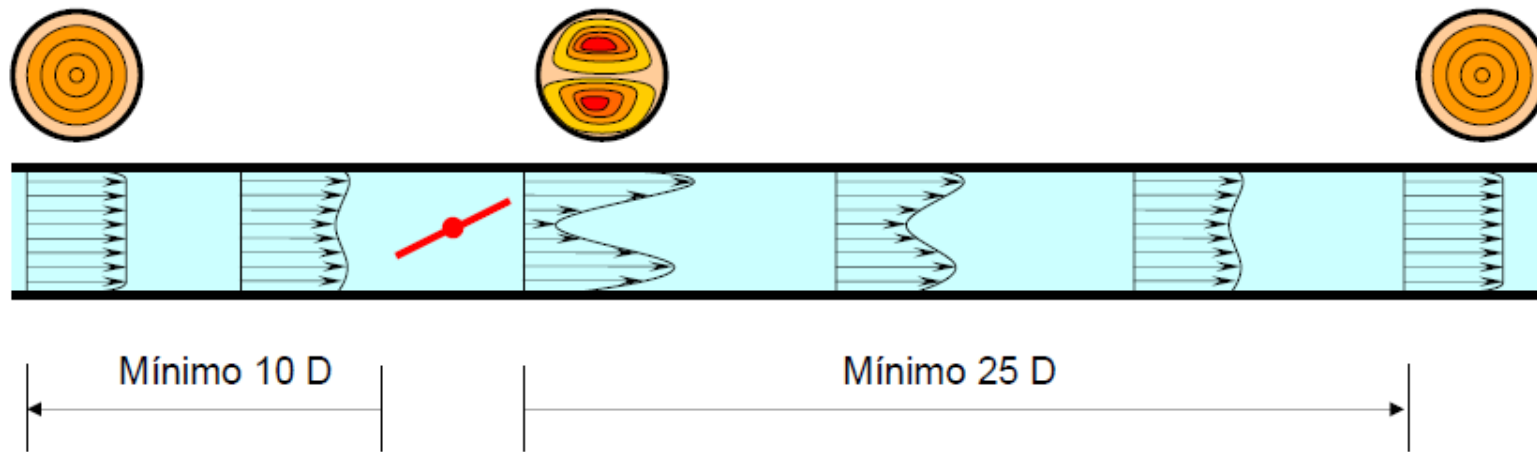
**OILSTONE**

# ASIMETRÍA DEL PERFIL DE VELOCIDADES



## ASIMETRÍA DEL PERFIL DE VELOCIDADES

### EFFECTO DE UNA VÁLVULA MARIPOSA



## 7. Más Distorsiones

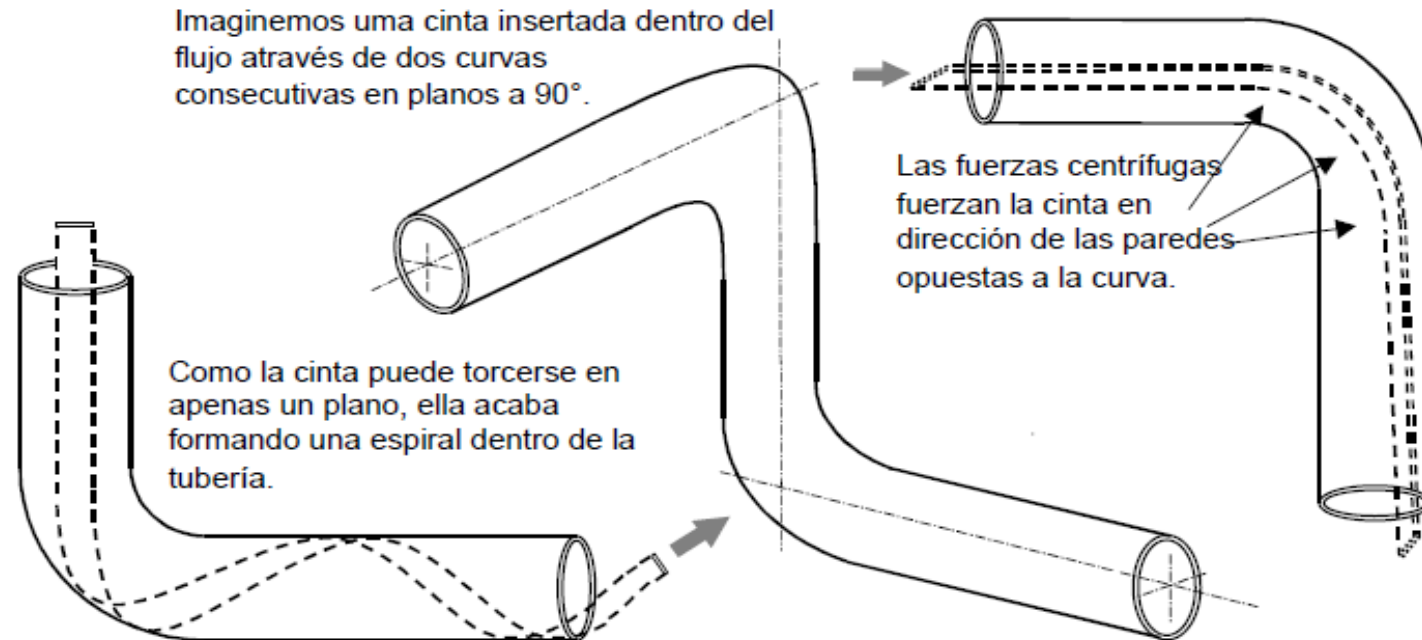
Además de la creación de un perfil de velocidad asimétrico, el flujo alrededor de un codo puede crear un flujo secundario. El flujo que viene alrededor de la curva es forzado contra la pared exterior de la tubería de la curva y rebota hacia el lado opuesto de la misma formando vórtices. Estas desviaciones de un perfil ideal pueden interactuar con el medidor de flujo dando errores significativos de medición.

## 7. Más Distorsiones

Dos curvas en diferentes planos provocan un perfil distorsionado y un único vórtice también conocido como remolino. El remolino puede tomar más de 100 diámetros de tubería antes de decaer, de hecho ha habido casos donde el remolino se ha mantenido durante más de 500 diámetros de tubería antes de que el perfil vuelva a ser aceptablemente cercano al ideal. El remolino tiende a afectar significativamente a los medidores más que la asimetría, que provocará una medición por encima o por debajo de la lectura. La viscosidad del fluido suele tener una incidencia en la disminución del remolino. Los líquidos ligeros o de muy baja viscosidad, tienden a propagar remolinos por distancias muy largas.

## SWIRL DEL FLUJO

Flujo helicoidal producido por dos curvas  
subsecuentes posicionadas en planos diferentes

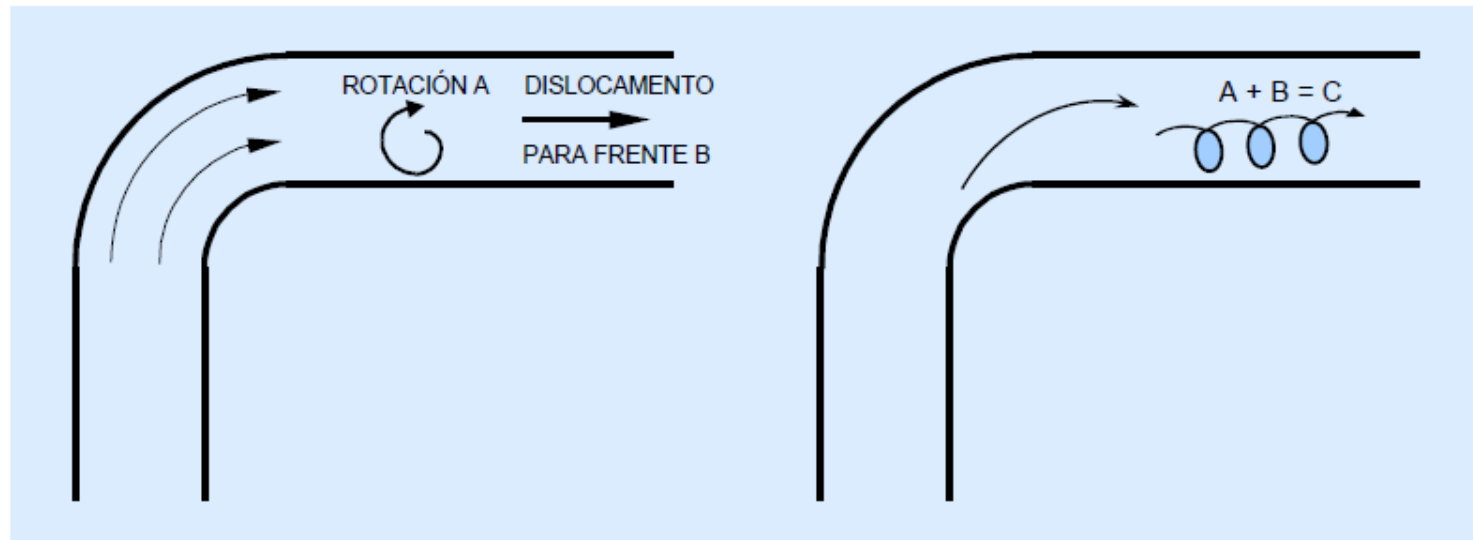




**OILSTONE**

## ROTACIÓN DEL FLUJO

Curvas, válvulas, medidores de caudal, pueden producir un efecto conocido como rotación del flujo.

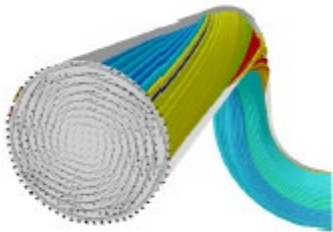


Rotación inducida por una curvatura de la tubería.

Combinación de los efectos de rotación y dislocamiento.

## Perfiles Deformados y Remolinos

Perfiles deformados y remolinos pueden llevar a obtener registros por debajo o por sobre la lectura del medidor. Los efectos pueden ser grandes o pequeños y variar según el tipo de medidor. Esto se conoce como efectos de la instalación puesto que dependen de la distribución del sistema de tubería en la que está instalado el medidor.



Los medidores de flujo están diseñados para ser utilizados en condiciones “ideales”, pero en realidad necesitan hacer frente a válvulas y codos que distorsionan el flujo, además de ruido electromagnético, ruido acústico, partículas y burbujas, por nombrar solo algunos y todos ellos son fuentes potenciales de error. .



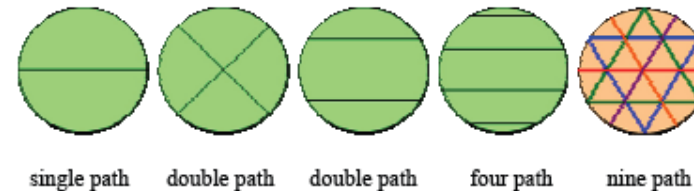
## 8.Efectos sobre Medidores Específicos

Hay muchos tipos diferentes de caudalímetros y los efectos de la instalación influirán en ellos de diferentes maneras. Por ejemplo, algunos pueden tener grandes errores causados por el remolino, mientras que otros no se verán afectados relativamente por él.

Las normas y los fabricantes indican la longitud mínima de tubería recta requerida.

## 8.3 Medidores Ultrasónicos

El efecto que tiene una perturbación del flujo, como un remolino, en un medidor de flujo ultrasónico depende del diseño de las cuerdas. Como regla general, cuantas más cuerdas haya, menos error habrá, ya que se obtendrá un mejor promedio del perfil de velocidad. Sin embargo, cuantos más caminos(cuerdas) tenga, mayor será el costo del medidor. Un medidor con 4 cuerdas se verá menos afectado que un medidor de 2 cuerdas y un medidor de 8 cuerdas se verá menos afectado que un medidor de 4 cuerdas. Cuando llegue a un medidor ultrasónico de 16 cuerdas, necesitará saltar a uno de 32 para obtener más información útil, etc ( Ver Norma ISO 6416)

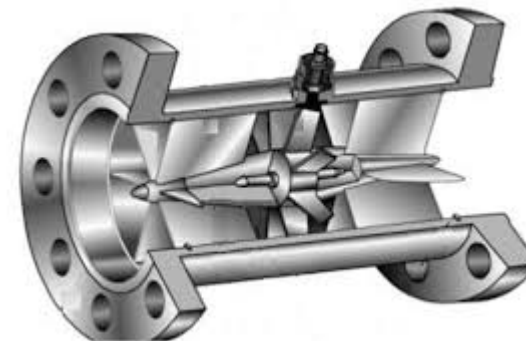
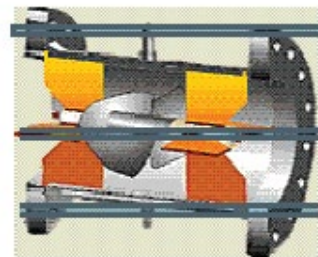




**OILSTONE**

## 8.4 Medidores a Turbina

El grado en que un medidor a turbina se ve afectado por la asimetría y la turbulencia depende en gran medida del diseño de los álabes de la turbina. Si hay un remolino que gira en la misma dirección que el álabe de la turbina, entonces impulsará la turbina más rápido, dando la impresión de un caudal de fluido mayor. Por otra parte, si el remolino gira en la dirección opuesta a la de la turbina, puede ralentizar el giro, o, en un escenario extremo, hacer que los álabes giren en dirección contraria, lo que genera un caudal reducido o negativo. En algunos casos, los remolinos generados aguas abajo del medidor pueden afectar a la turbina. Así que, una vez más, se debe tener cuidado con esas dobles curvas. (Ver Norma ISO 2715)



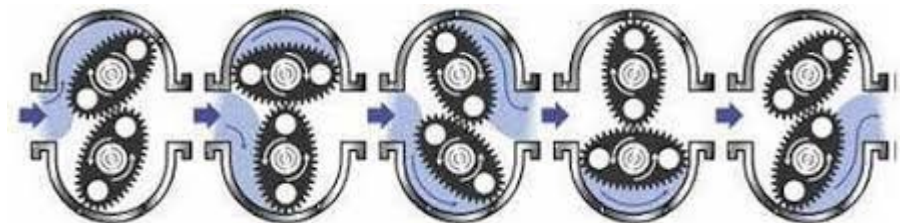
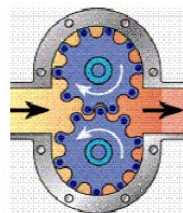


**OILSTONE**

## 8.7 Medidores de Desplazamiento Positivo

Los medidores de desplazamiento positivo son uno de los pocos tipos de medidores que no se ven particularmente afectados por la asimetría y los remolinos.

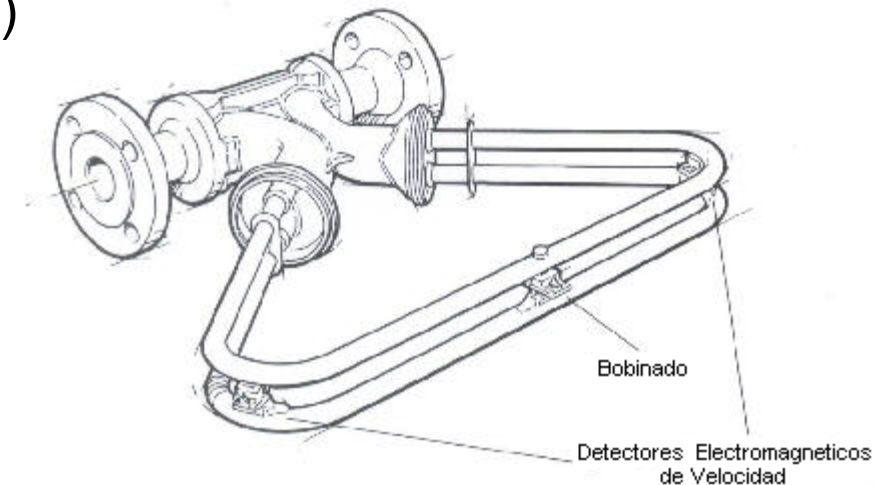
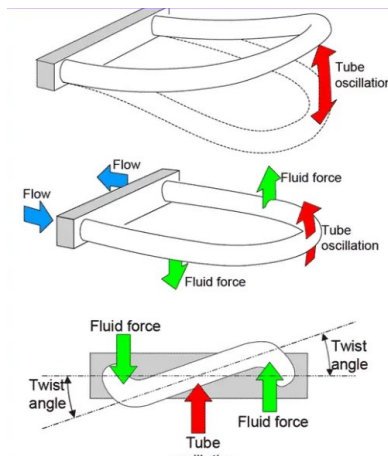
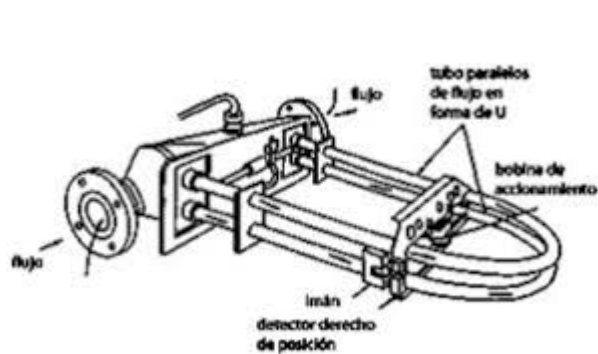
Sin embargo, se pueden ver afectados por un cambio de viscosidad. Si el líquido disminuye en viscosidad y se vuelve "más delgado", entonces es posible que parte del líquido se deslice entre los engranajes en lugar de impulsarlos, lo que lleva al medidor a una menor lectura. Además, como los medidores de desplazamiento positivo tienen partes móviles en contacto con el fluido, cualquier partícula o gota presente puede desgastar los engranajes. Incluso si no hay partículas en el fluido, se puede producir con el tiempo un desgaste general, por lo que se recomienda un mantenimiento e inspección a intervalos regulares. (Ver Norma ISO 2714)



## 8.8 Medidores por Efecto Coriolis

Con un medidor por efecto Coriolis, el fluido se dirige a través de un tubo de flujo vibratorio, las fuerzas de Coriolis ejercidas por el fluido en movimiento provocan una torsión del tubo. La amplitud de la torsión está directamente relacionada con el caudal másico.

Los medidores Coriolis no son muy sensibles a las turbulencias y a la asimetría, pero se ven afectados por una instalación incorrecta. Al colocar un medidor Coriolis en un sistema de tuberías, se debe asegurar que los tubos vibratorios estén alineados y no bajo tensión para que la torsión resulte eficaz, de lo contrario se producirán errores. (Ver Norma ISO 10790)





**OILSTONE**

## Qué podemos hacer Acerca de los Efectos de Instalación?

No todo está perdido, ya que existen formas de reducir los efectos de la instalación. Lo ideal sería trasladar el medidor a una ubicación más adecuada, con la cantidad requerida de tubería recta aguas arriba y aguas abajo. Alternativamente, se podría cambiar el tipo de medidor de flujo que se usa actualmente o se podría usar un diseño diferente del mismo tipo de medidor, es decir, seguir usando un medidor ultrasónico pero eligiendo uno con más trayectorias. Quizás incluso una combinación de ambos sería lo más adecuado.

## ¿ Existe alguna Alternativa?



**OILSTONE**

Existe otra solución y es utilizar un acondicionador de flujo o un enderezador de vena. Los acondicionadores de flujo son, en general, placas con orificios y vienen en varios diseños.

Pueden eliminar los remolinos y la asimetría del flujo. Por otro lado, los enderezadores de vena suelen ser haces de tubos y son capaces de eliminar los remolinos pero no la asimetría.

Si bien los acondicionadores y enderezadores de flujo reducirán la cantidad de tubería recta necesaria, no eliminarán por completo el uso de tubería recta.

Puede parecer que los acondicionadores y enderezadores de vena son la respuesta para reducir el efecto de las alteraciones del flujo, pero no es tan simple. Un enderezador reducirá la cantidad de tubería recta necesaria al eliminar los remolinos, pero a su vez aumentará las pérdidas de presión. Un acondicionador de flujo producirá pérdidas de presión aún mayores pero eliminará tanto la turbulencia como la asimetría.

Las pérdidas de presión son algo que conviene evitar siempre que sea posible. Esto se debe a que se necesita una cierta cantidad de energía para mover el fluido y las pérdidas de presión eliminan parte de esa energía, lo que significa que se debe compensar agregando más energía, lo que en última instancia aumenta los costos.

Éstas son cosas que se deben considerar para ver si vale la pena la compensación.

La instalación incorrecta de un acondicionador puede empeorar las cosas.

## 11. Para Redondear



Entonces, ¿qué podemos aprender de esta guía introductoria a los efectos de instalación? Bueno, con suerte, al leer esto, ahora seremos conscientes de que el error del medidor de flujo se puede ver incrementado por válvulas y curvas que perturban el flujo, así como por ruido electromagnético, ruido acústico y pulsaciones, partículas, y burbujas.

Los diferentes medidores responden de diferentes maneras, por lo que el tipo y diseño del medidor que se seleccione es importante. En el futuro cuando se tenga que adquirir un medidor, se deben considerar dónde donde se deberá instalar y qué tipo de dificultades se deberán afrontar.

Es importante observar dónde está instalado un medidor. ¿Es después de una curva o, peor aún, de una doble curva? ¿Se puede mover? ¿Debería sustituirse por un diseño diferente o por un tipo de medidor completamente diferente? ¿Es una combinación de ambas la mejor solución?

A pesar de toda la experimentación e investigación llevadas a cabo en relación con los efectos de las instalaciones, todavía no se comprenden bien. Esto significa que los estándares se actualizan y los fabricantes pueden cambiar las recomendaciones de instalación.





**MUCHAS GRACIAS**