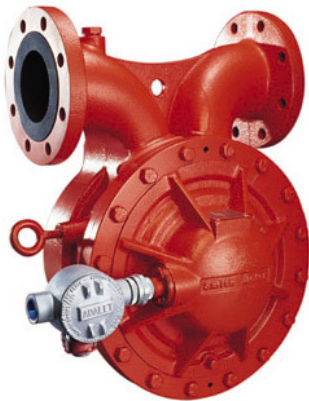


Tecnologia de Medição de Petróleo

Medição – Qual sua finalidade?

- Controle de processo
- Equilíbrio de linhas (linhas principais e derivações)
- Controle e verificação
- Transferência de custódia

Tecnologia de Medição



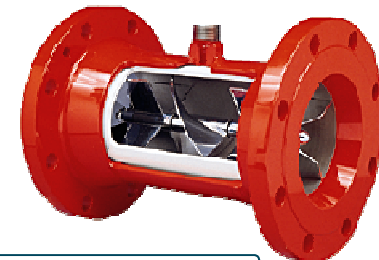
Medidores PD



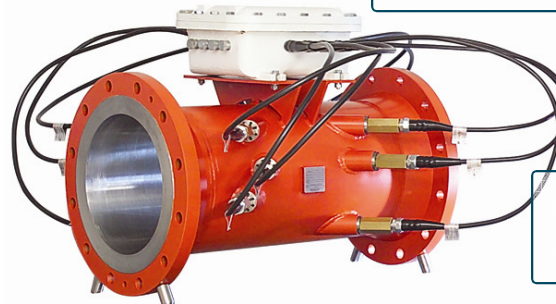
**Medidor Coriolis de
Vazão de massa e de
densidade**



**Medidor tipo turbina
convencional**



**Medidor tipo
turbina helicoidal**



**Medidor
Ultrassônico**

Critério de Seleção do Medidor

- Características do Sistema

 - Range de vazão

 - Pressão

 - Temperatura

- Características do Produto

 - Range de viscosidade

 - Gravidade API

 - Água e sedimentos

Critério dos principais produtos

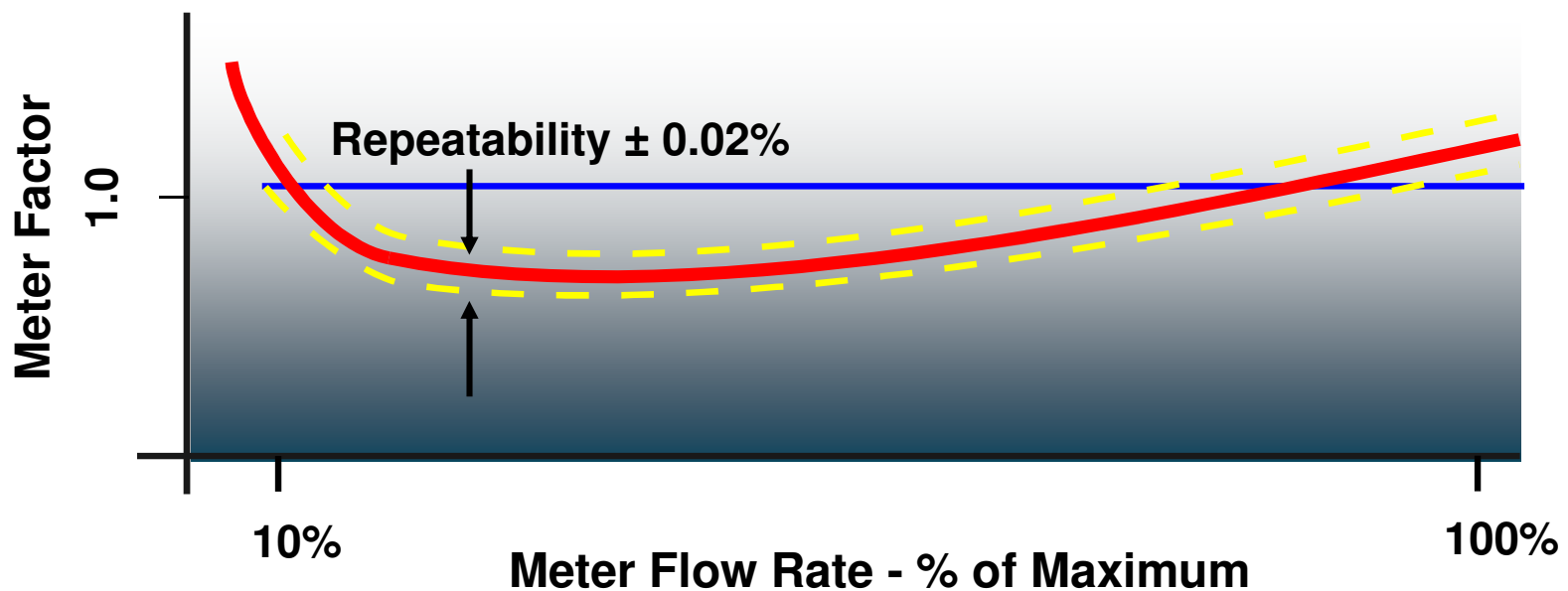
- Range de vazão
Mínimo ao máximo no range de operação
- Range de viscosidade
Mínimo ao máximo no range de operação

Critério de Precisão

- Repetibilidade em uma determinada vazão
- Linearidade em um range de vazão
- Estabilidade (reprodutibilidade)
- Performance verificada por teste de medidor no campo

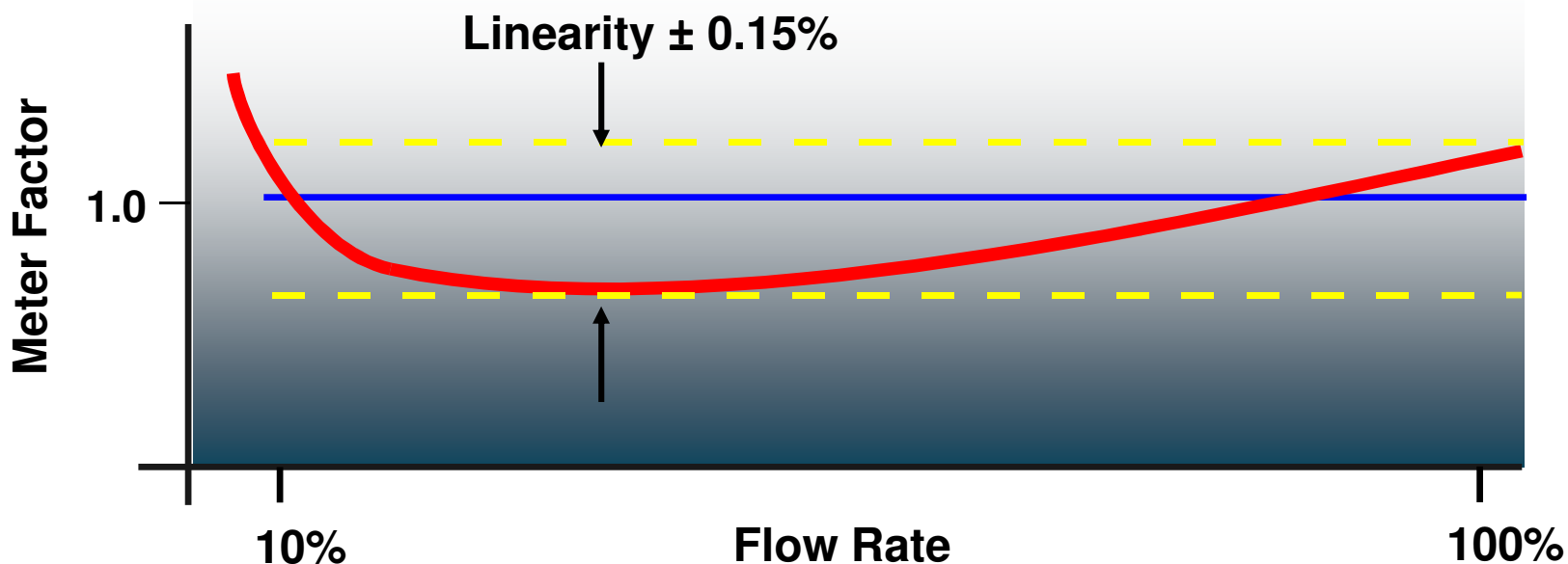
Mais Importante!

Repetitividade em uma dada taxa de vazão



$$\text{Repetitividade (\%)} = \frac{\text{Leitura superior}}{\text{Leitura inferior}} - 1 \times 100$$

Linearidade em um range de Vazão



Range de Vazão – Min a Max Vazão (e.g., 10% a 100%)

Rangeabilidade de Fluxo – Razão de Vazão Max. e Min.
(10:1)

Medidores de Deslocamento Positivo

Medidores DP

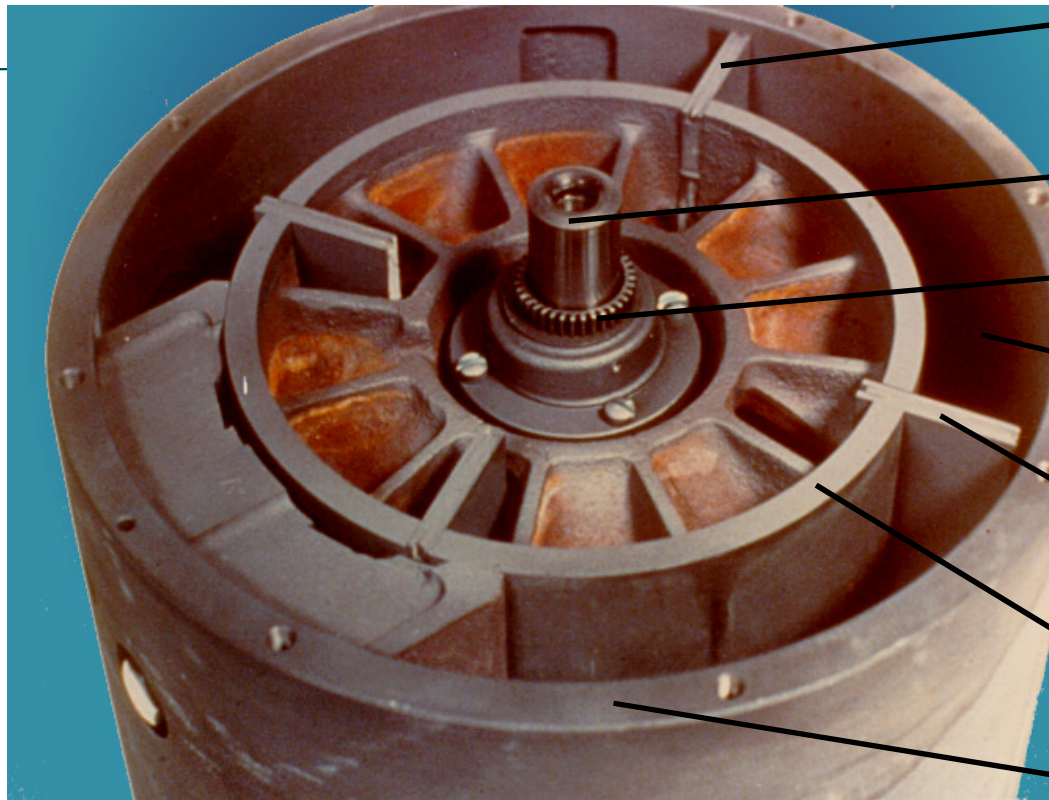


Teoria:

Mede volume diretamente
ao contar as rotações do
rotor

O volume calibrado é
determinado testando o
medidor no campo ou em
condições de operação

Vista Superior da Parte Mecânica Interna Sem a Tampa



Extended
Blade

Shaft

Rotor Gear

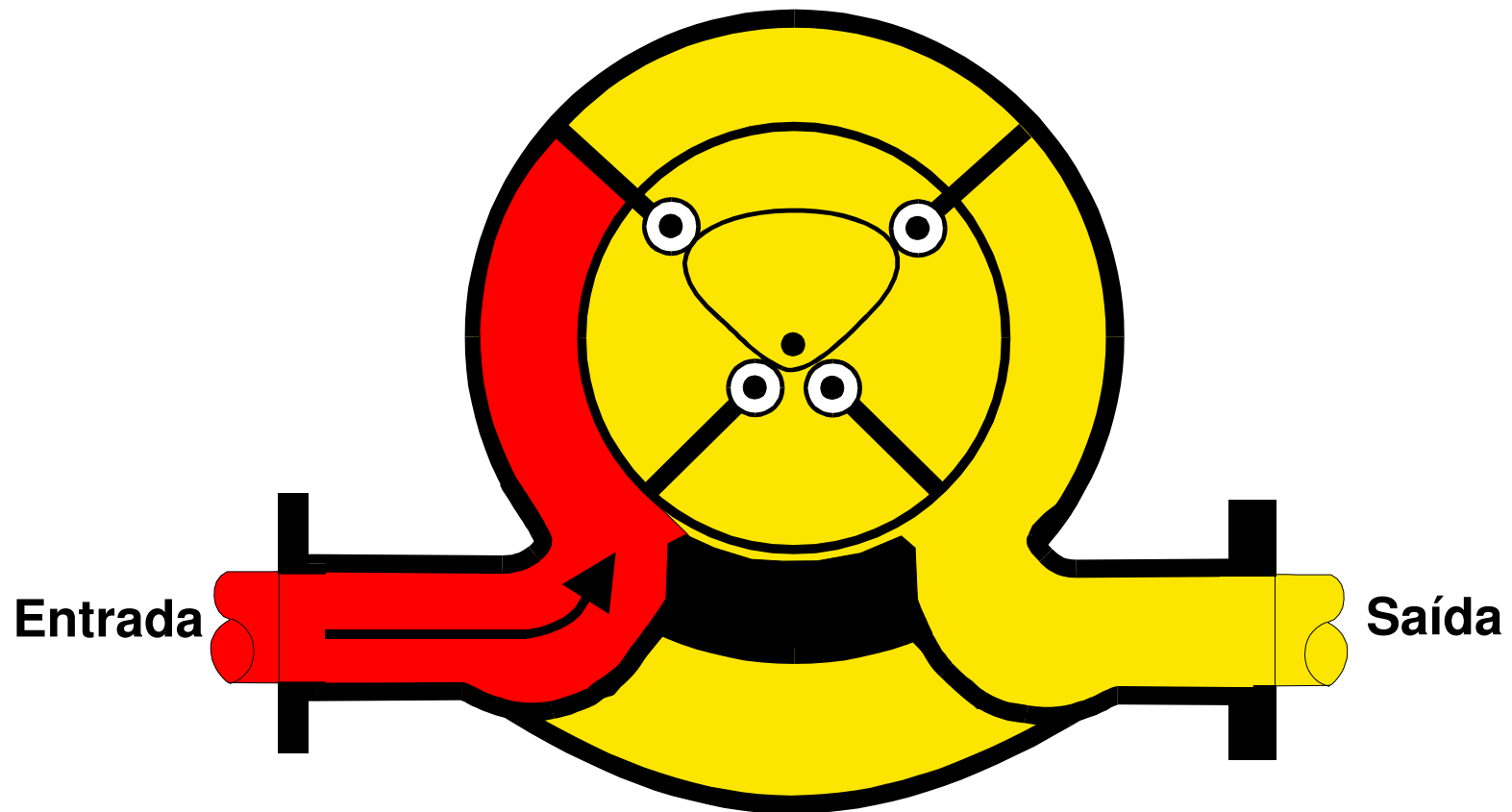
Measuring
Chamber

Retracting
Blade

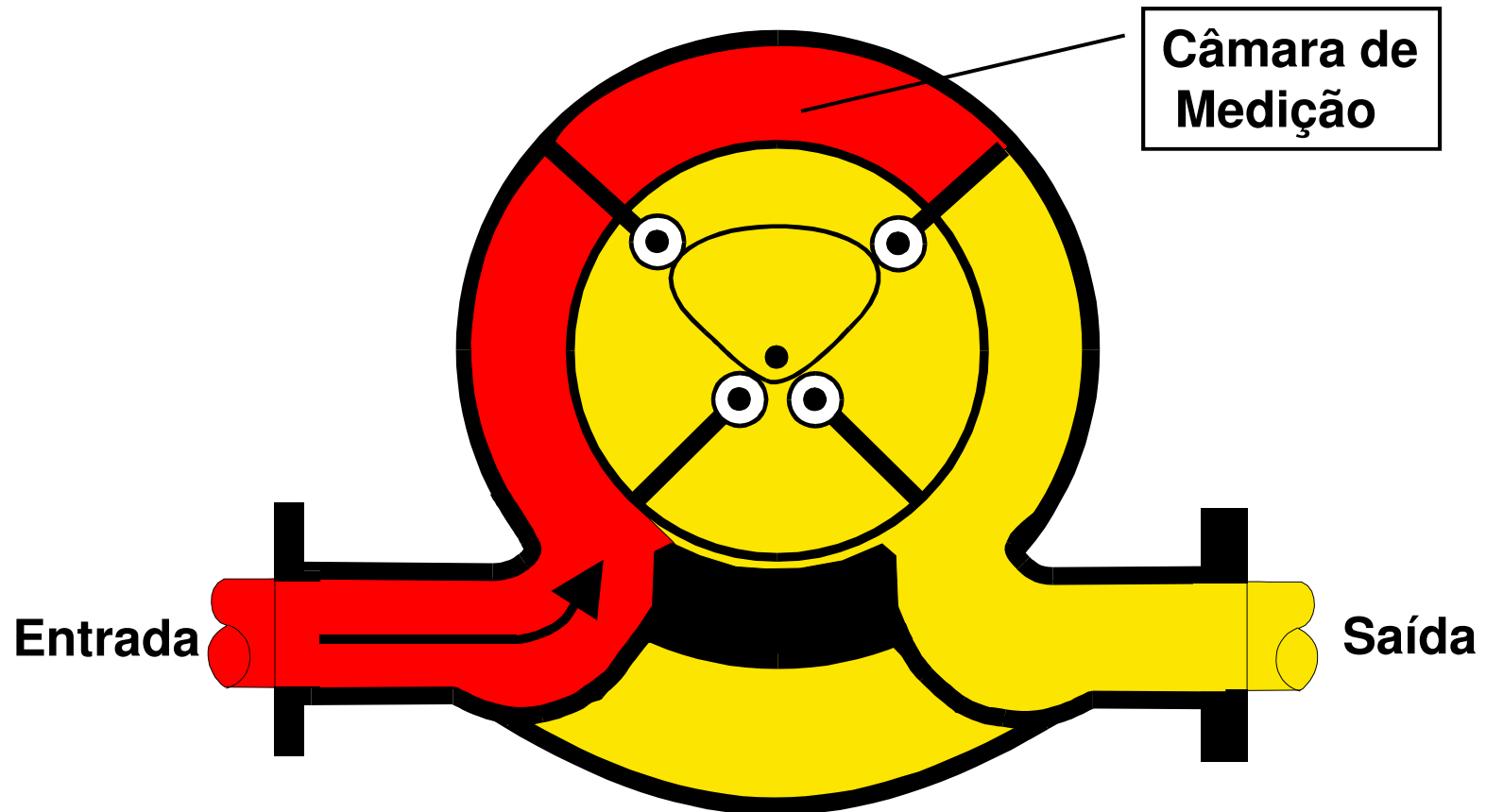
Rotor

Innermech
Housing

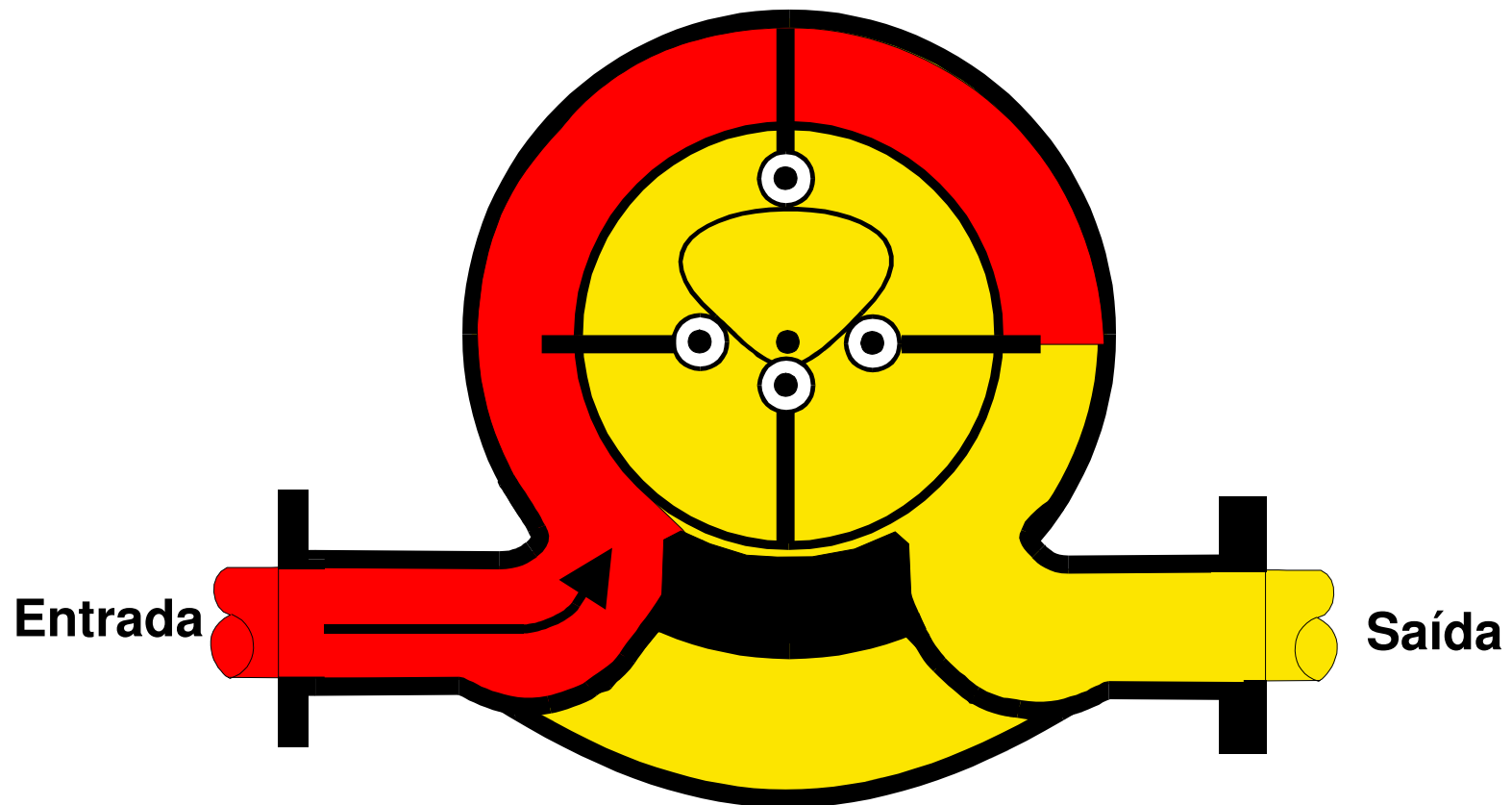
Perfil de Vazão



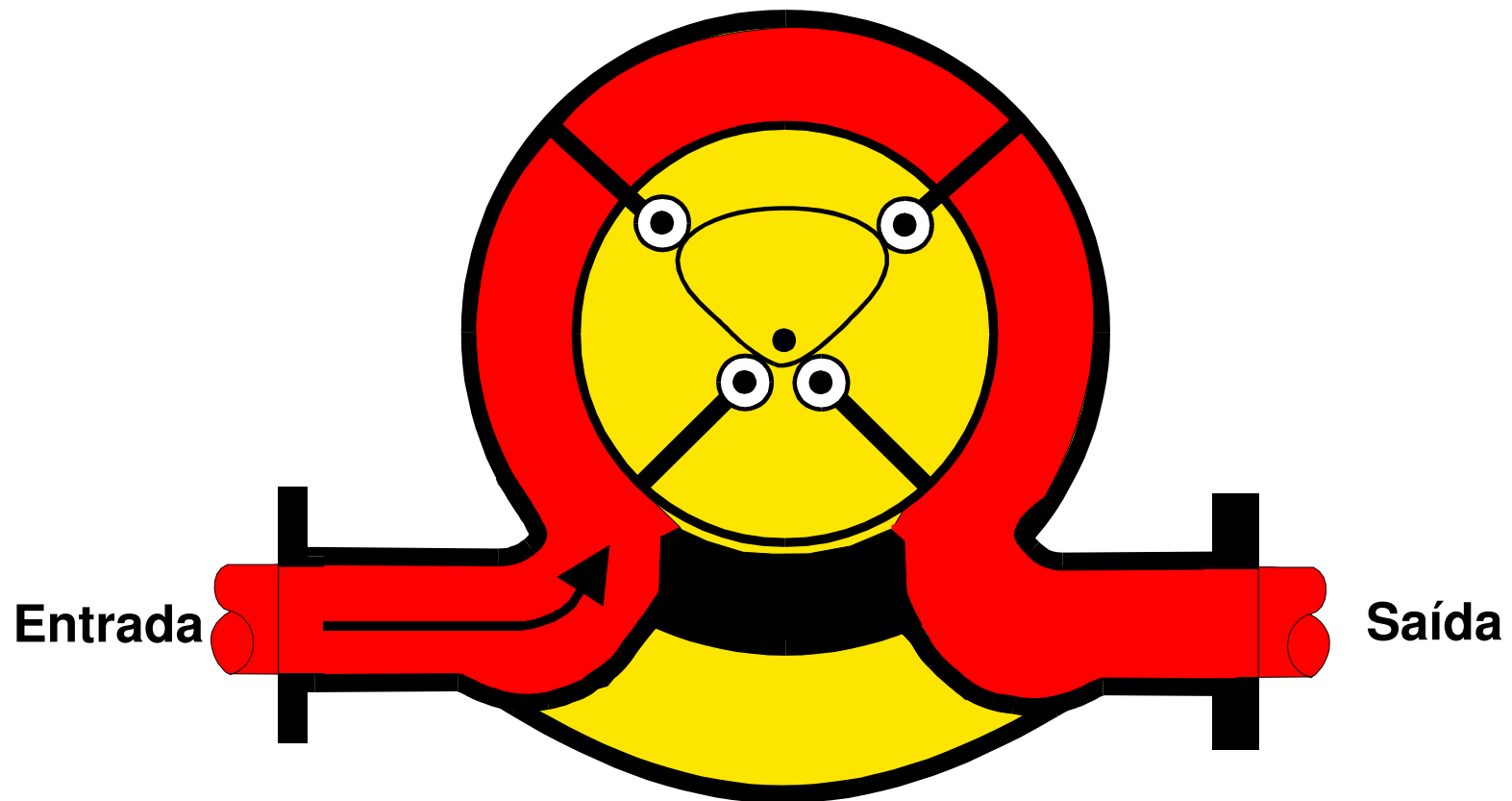
Perfil de Vazão

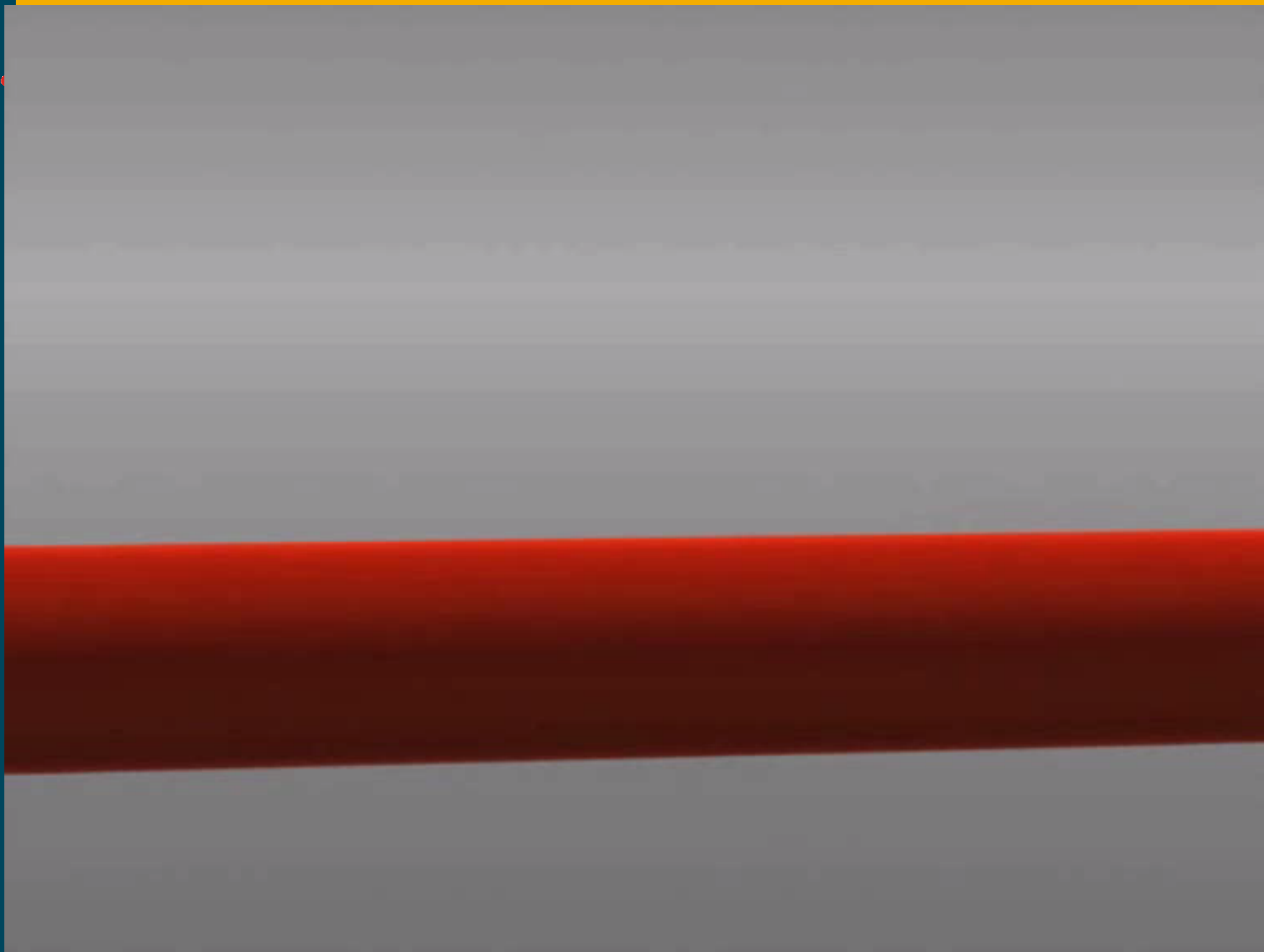


Perfil de Vazão

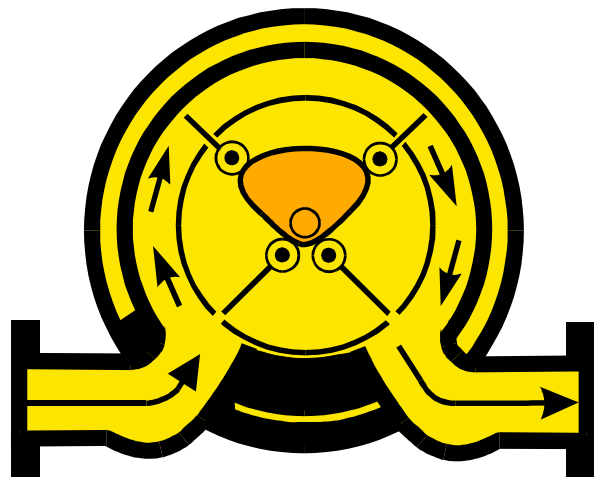


Perfil de Vazão





Medição do Medidor DP



Displacement



Slippage

Típico % Volume Total

2 cP

6 cP

20+cP

99.7

99.9

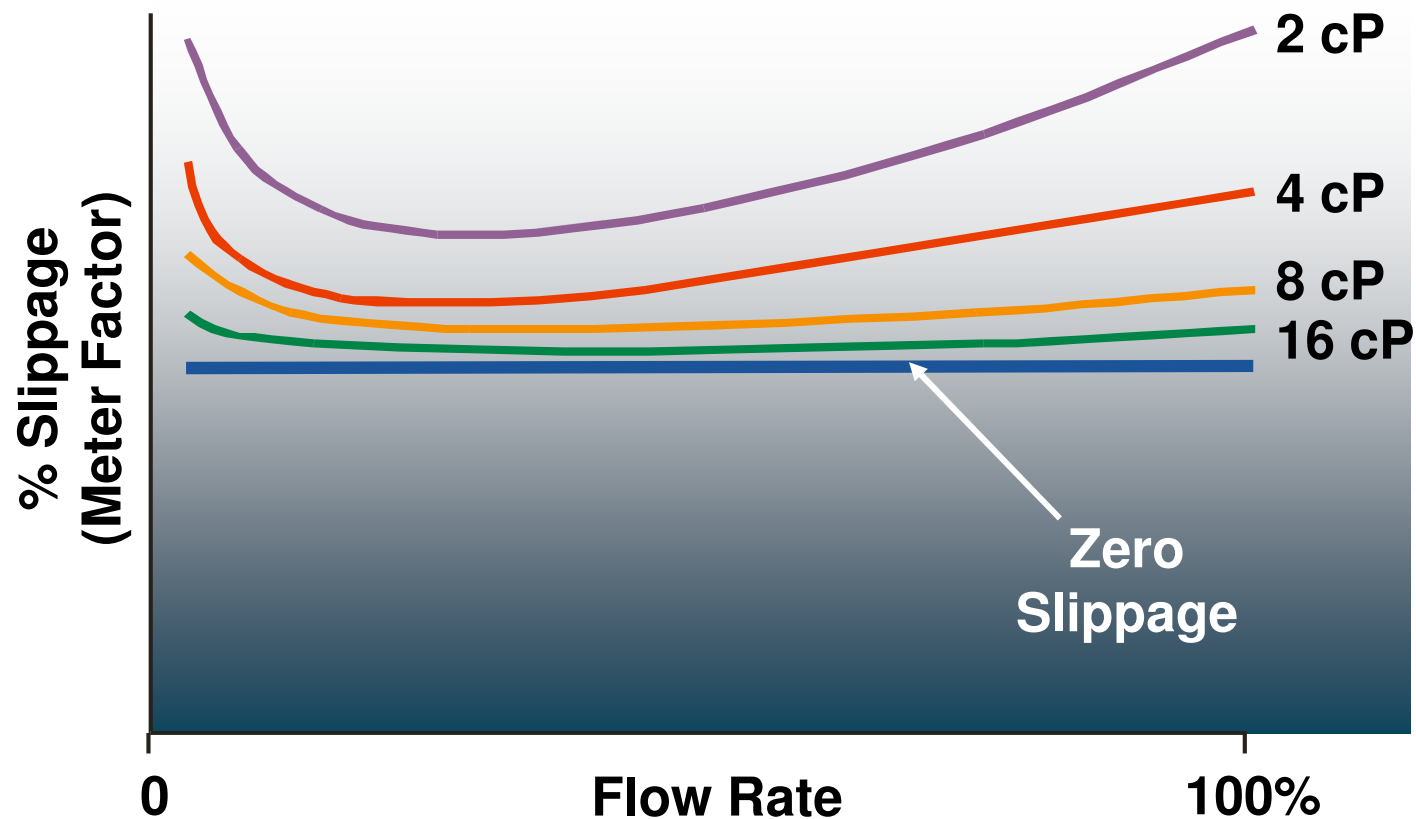
100.0

0.3

0.1

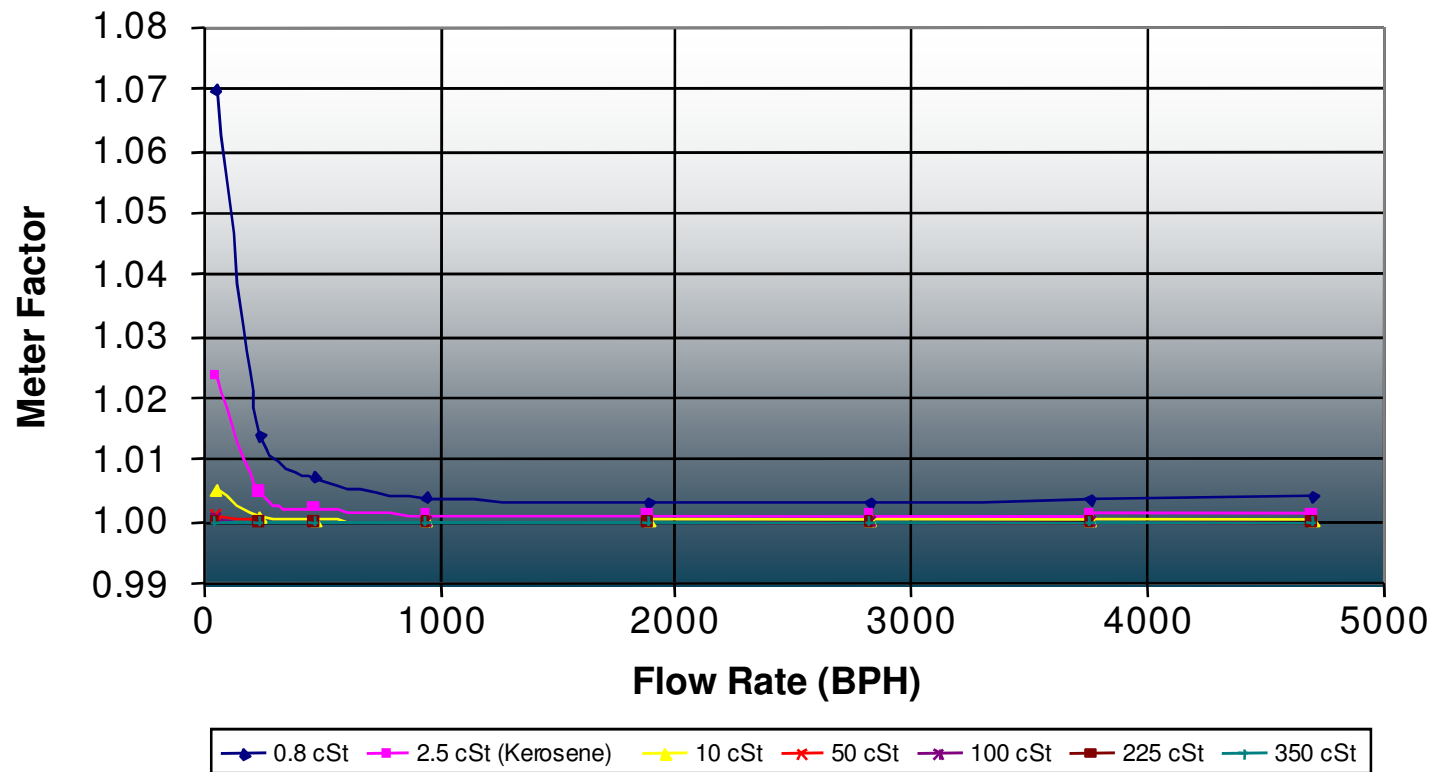
Nada

Efeitos da Viscosidade - Escorregamento



Performance do Medidor

JB-10 PD Meter
Viscosity Range 0.8 - 350 cSt

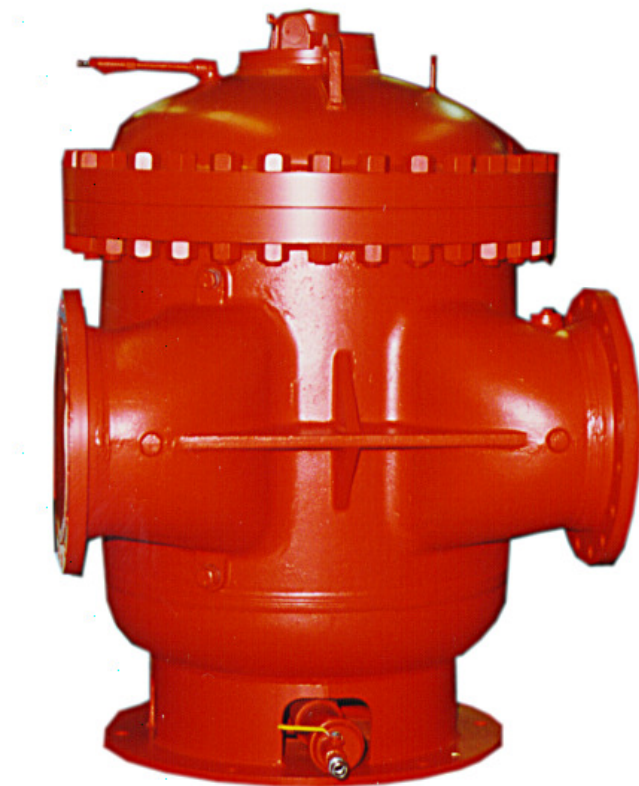


Aplicações

- Transferência de custódia



M-16 PDs



Aplicações

- Produção de Petróleo

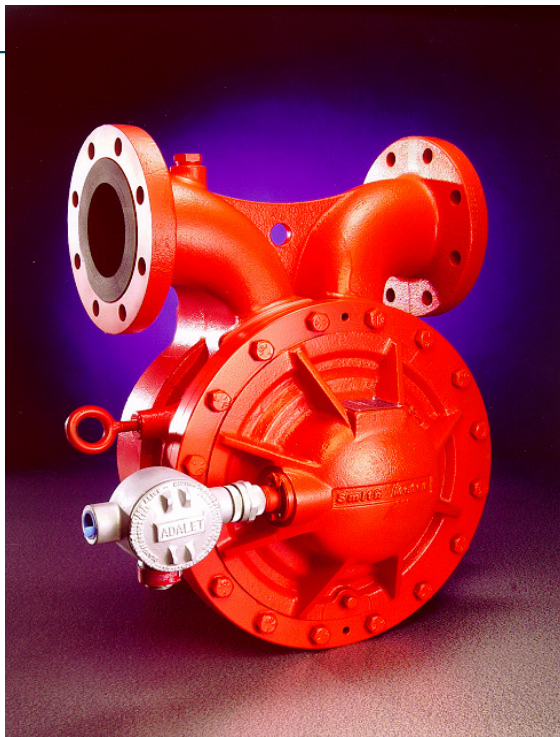


4" LACT unit



Aplicações

- Distribuição



FMC PRIME 4

Medidores DP - Vantagens

- Alta precisão
- Nenhum condicionamento de fluxo requerido
- Capacidade de medir fluidos viscosos
- Capacidade de operar sem energia externa
- Capacidade de registrar vazões próximas de zero



Medidores DP - Desvantagens

- Aumento de requisitos de manutenção
- Range de aplicação limitado pela tolerância do medidor
- Suscetibilidade à corrosão e erosão

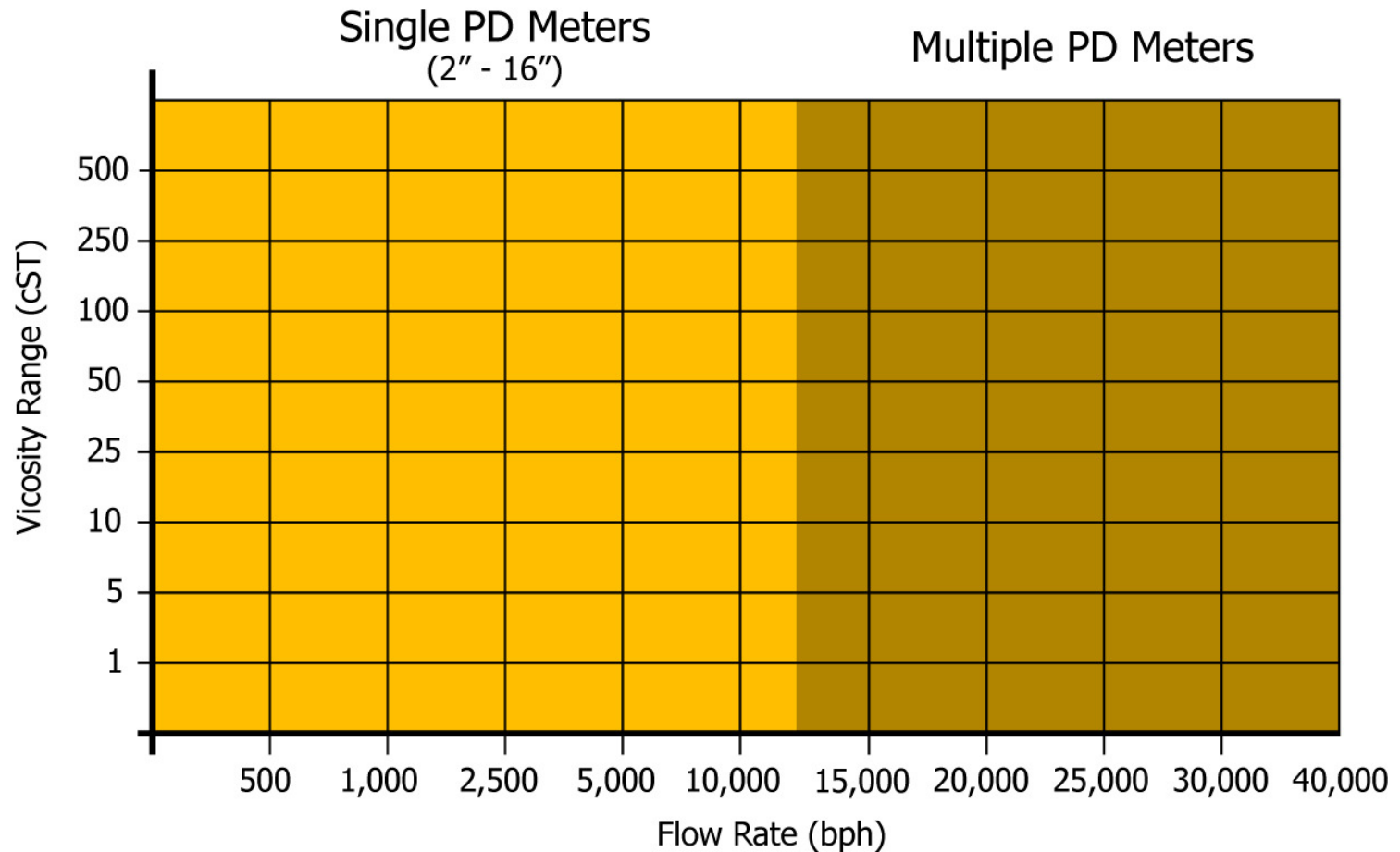


Performance do Medidor DP

FLOW TURNDOWN RANGE VS VISCOSITY						
Linearity	Viscosity cP					
	100 to 400	20 to 100	5 to 20	2 to 5	0.8 to 2	0.5 to 0.8
+/- 0.15%	50:1	30:1	20:1	15:1	8:1	5:1
+/- 0.25%	75:1	50:1	35:1	25:1	20:1	10:1

MEASUREMENT TURNDOWN RANGE						
Linearity	Viscosity cP					
	100:400	20:100	5:20	2:5	0.8:2.0	0.5:0.8
+/- 0.15%	200:1	150:1	80:1	40:1	20:1	8:1
+/- 0.25%	300:1	250:1	140:1	60:1	50:1	16:1

Range de Medição do DP

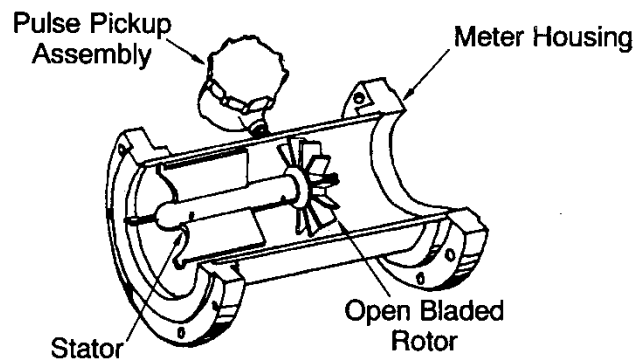


Medidores Tipo Turbina Convencional

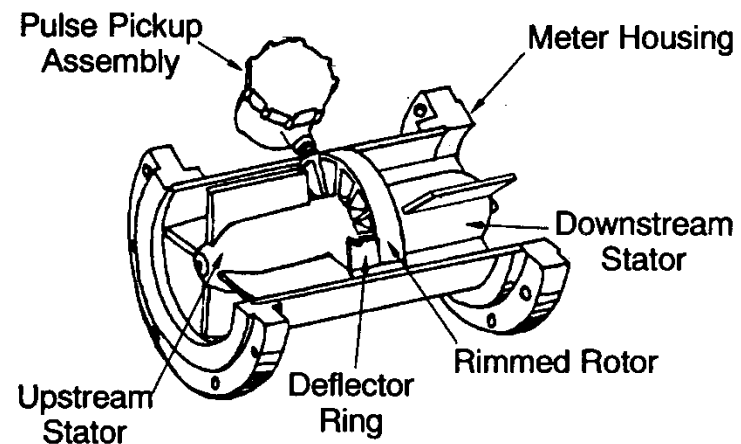
Medidores Tipo Turbina

Tipos

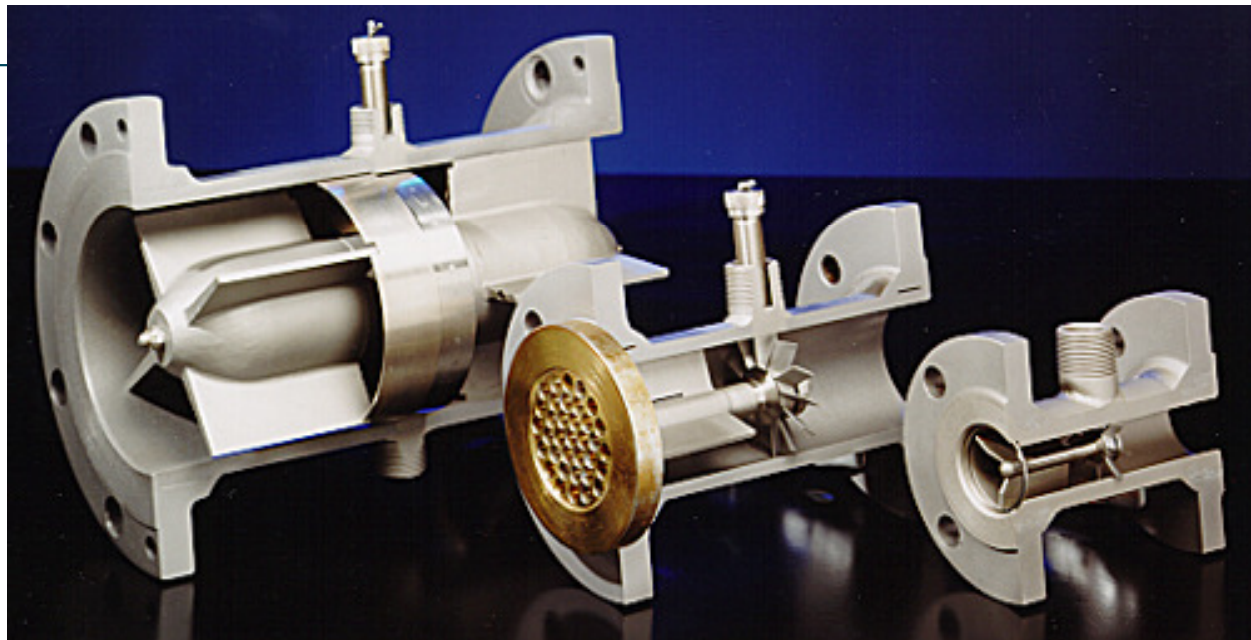
Open Bladed Rotor



Shrouded Rotor



Linha Smith de Medidores Turbina



Large Pipeline
Sentry Series
4" - 24"

Loading Rack Guardsman
and Guardsman L Series
3" & 4"

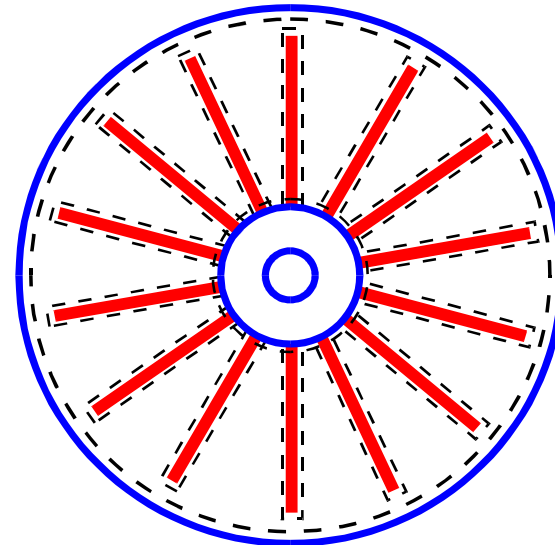
Guardsman
Series
1 1/2" - 4"

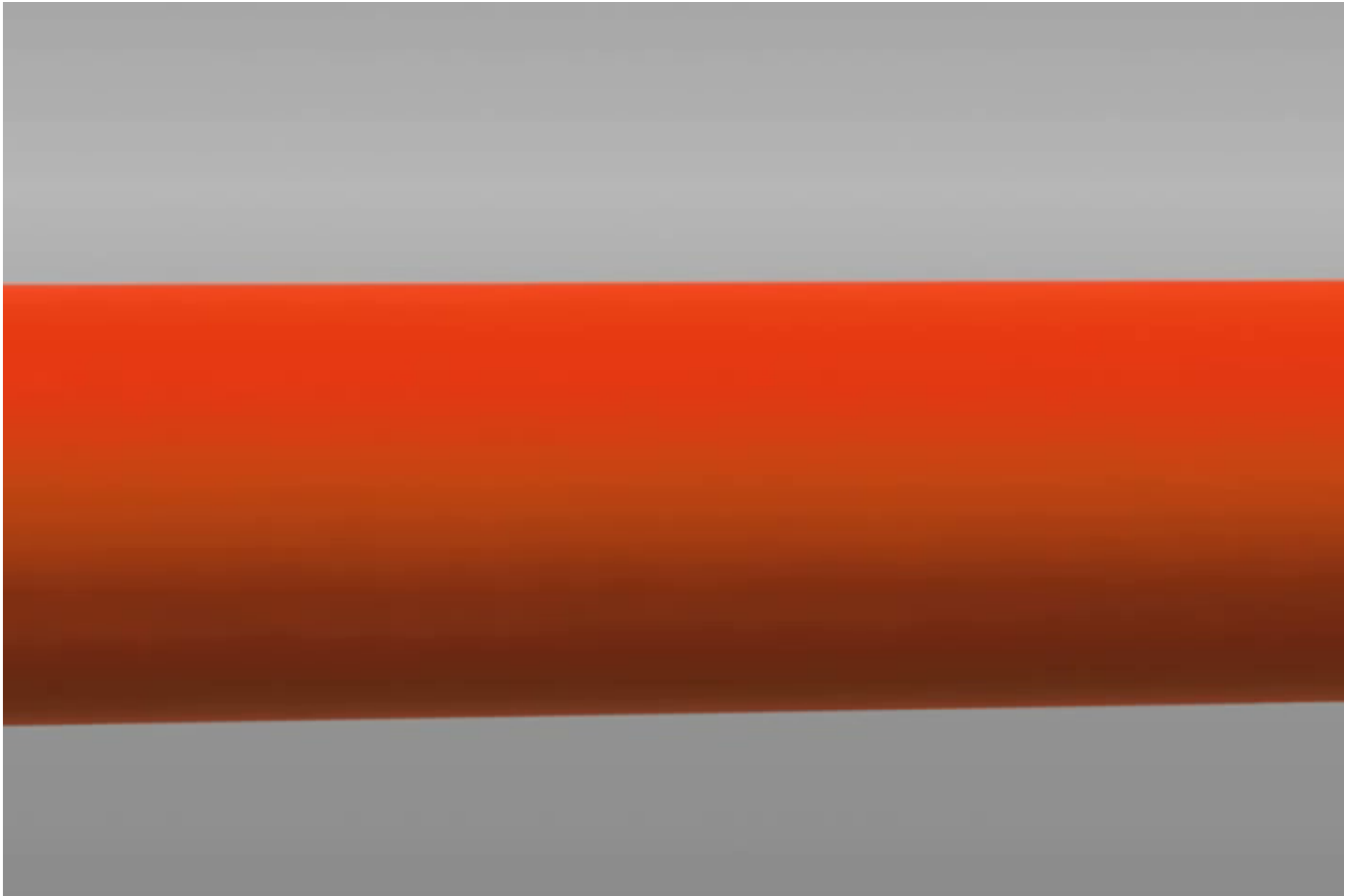
Princípio de Operação do Medidor Tipo Turbina

Teoria:

Volume Inferido através da turbina = Velocidade fluido x Area
($Q = V \times A$)

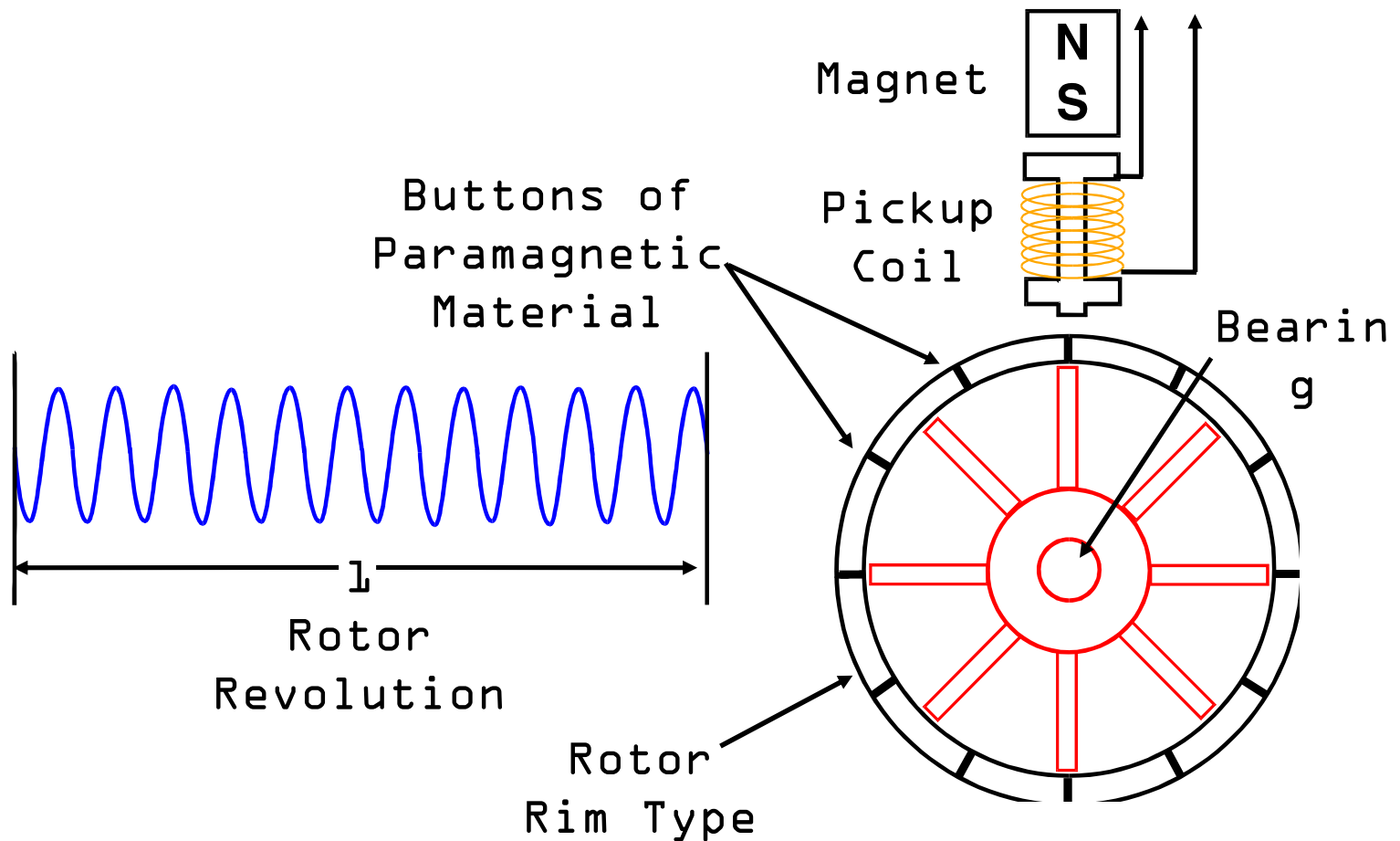
Onde a velocidade do fluido é proporcional a velocidade do rotor ($V_f:V_r$)



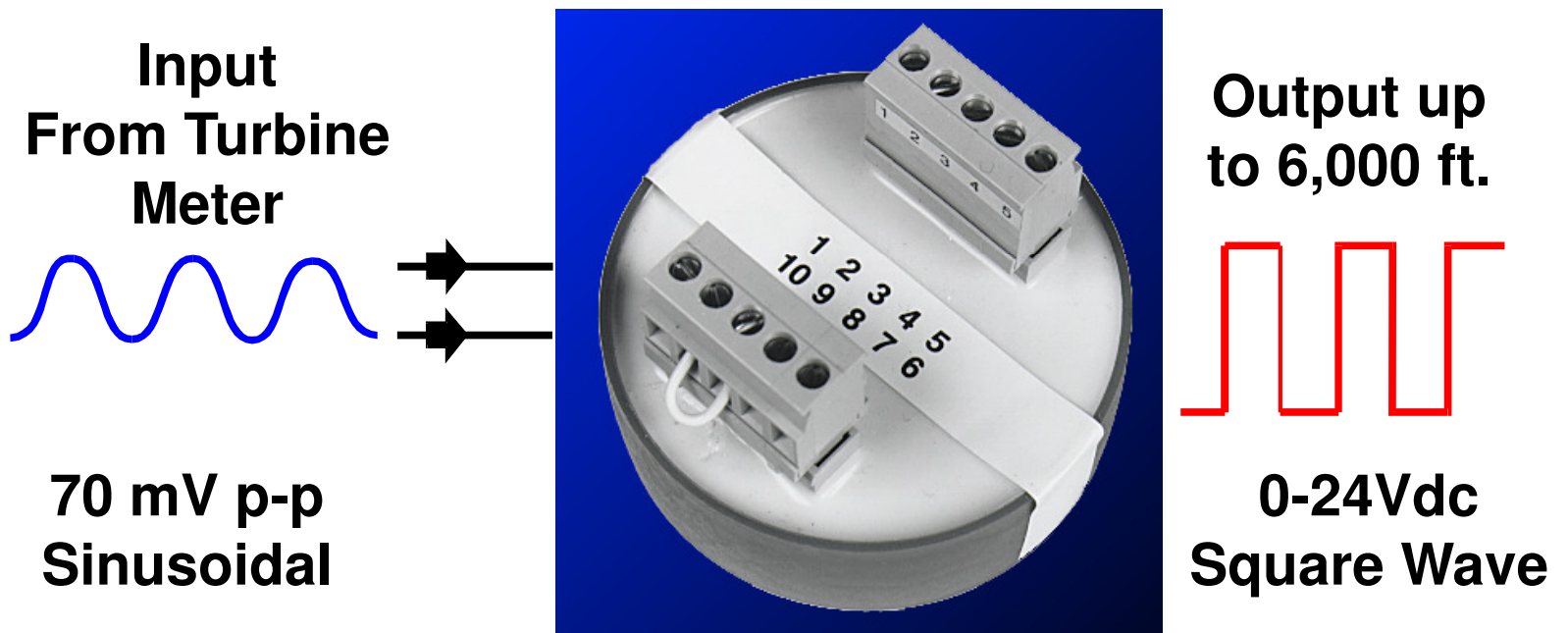


REPRESENTANTE EXCLUSIVO – WWW.KFWSERV.COM.BR

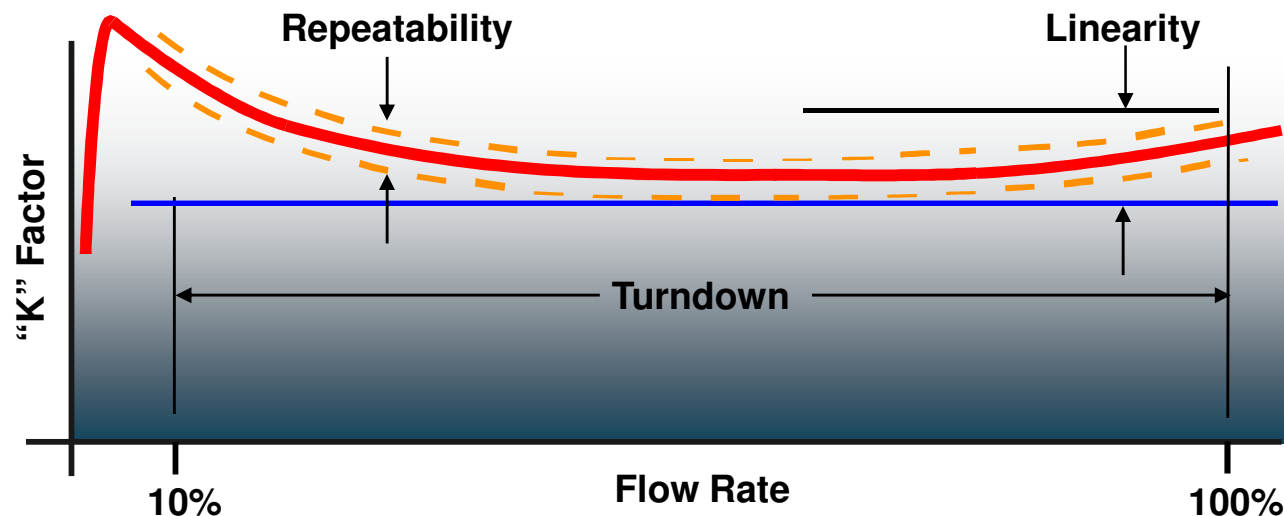
Geração de Sinal



Smith PA-6 Preamplifier



Curva de Performance da Turbina



"K" Factor	=	Pulses / Unit Volume (Determined by Proving)
Repeatability	=	Variation in "K" Factor at a Given Flow Rate
Flow Range	=	Max Flow to Min Flow
Turn Down	=	Flow Range Expressed as a Ratio, e.g. 10:1 Shown
Linearity (%)	=	$\frac{\text{High K} - \text{Low K Factor}}{(\text{Average Factor})}$ Over Flow Range
Stability	=	Accuracy Over a Long Period of Time

Regras da Precisão da Turbina

Duas regras Principais:

$$Q \text{ (ft}^3\text{/s)} = V \text{ (ft/s)} \times A \text{ (ft}^2\text{)}$$

1. Área de vazão deve permanecer constante, velocidade do fluido e área são inversamente proporcionais.

A ↓ V ↑

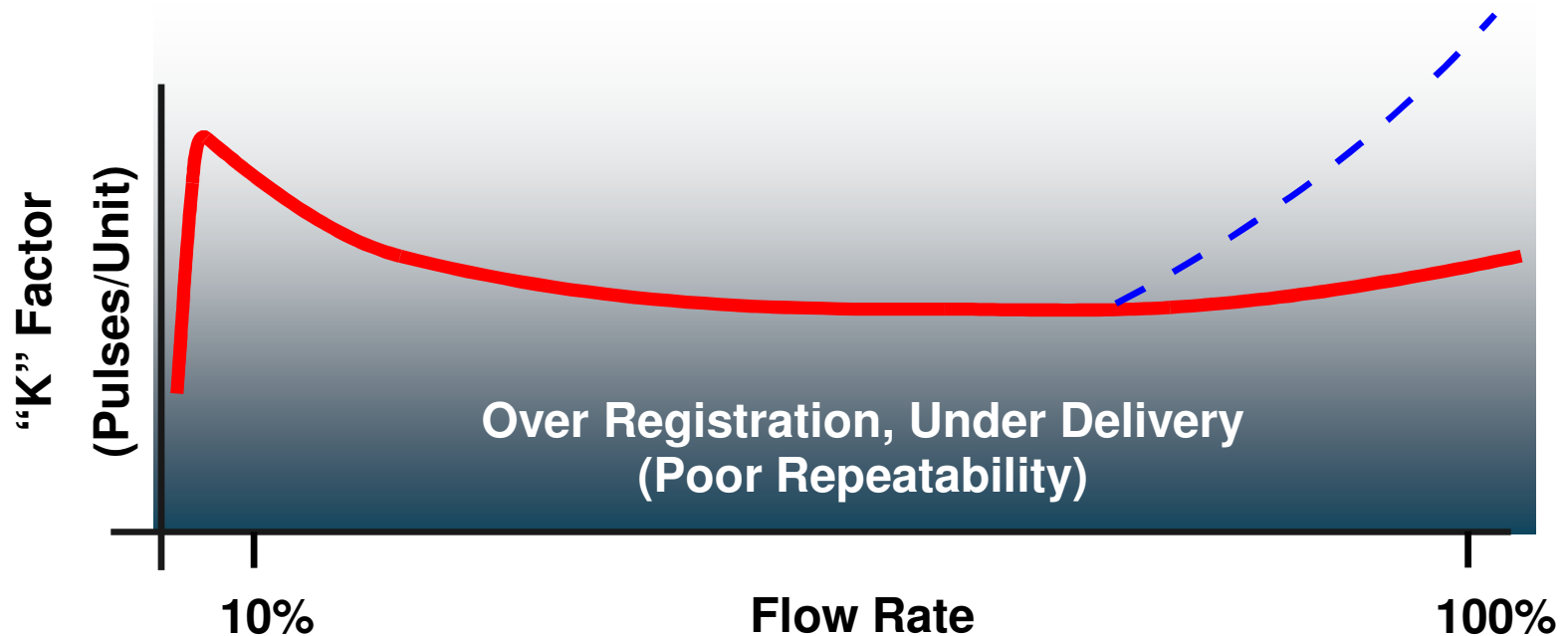
A ↑ V ↓

2. A velocidade de rotação deve ser diretamente proporcional a velocidade linear do fluido ($V_f:V_r$).

Precisão da Turbina

- Possíveis causas de mudança da área de vazão
 - Erosão
 - Corrosão
 - Depósitos
 - Espessamento da camada limite (ou afinamento)
 - Temperatura
 - Cavitação
 - Obstruções

Cavitação



API Recommended Back Pressure Calculation: $P_B = 2(\Delta P) + 1.25 (V_p)$

Cálculo da Contra Pressão

- Exemplo:

Líquido: Butano, pressão de vapor = 50 psia

Medidor: 6" Sentry Series, vazão= 4,000 BPH,
 $\Delta P = 6$ psi

$$P_B = 2(\Delta P) + 1.25 (V_p)$$

$$P_B = 2(6) + 1.25 (50)$$

$$P_B = 74.5 \text{ psig}$$

Precisão do Medidor Turbina

$$\underline{Q = V \times A}$$

- Causas da mudança de velocidade do rotor

Mudança da vazão

Ângulo da pá do rotor

Estabilidade do rotor

Perfil de Velocidade Vórtex

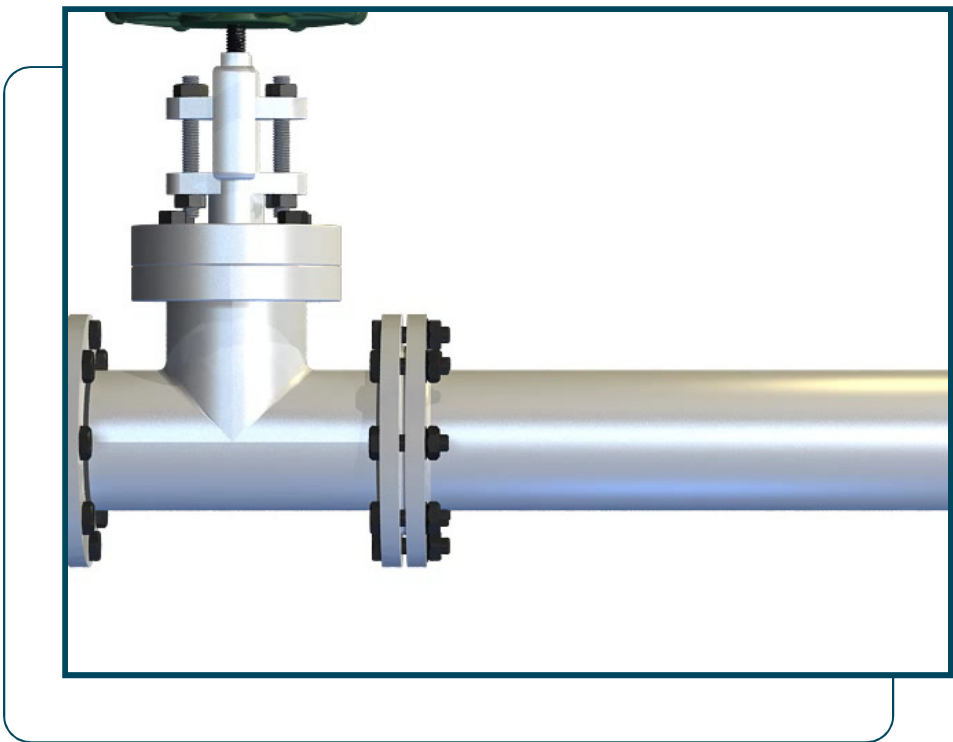
Fricção do rolamento

Freio da viscosidade

Densidade do fluido

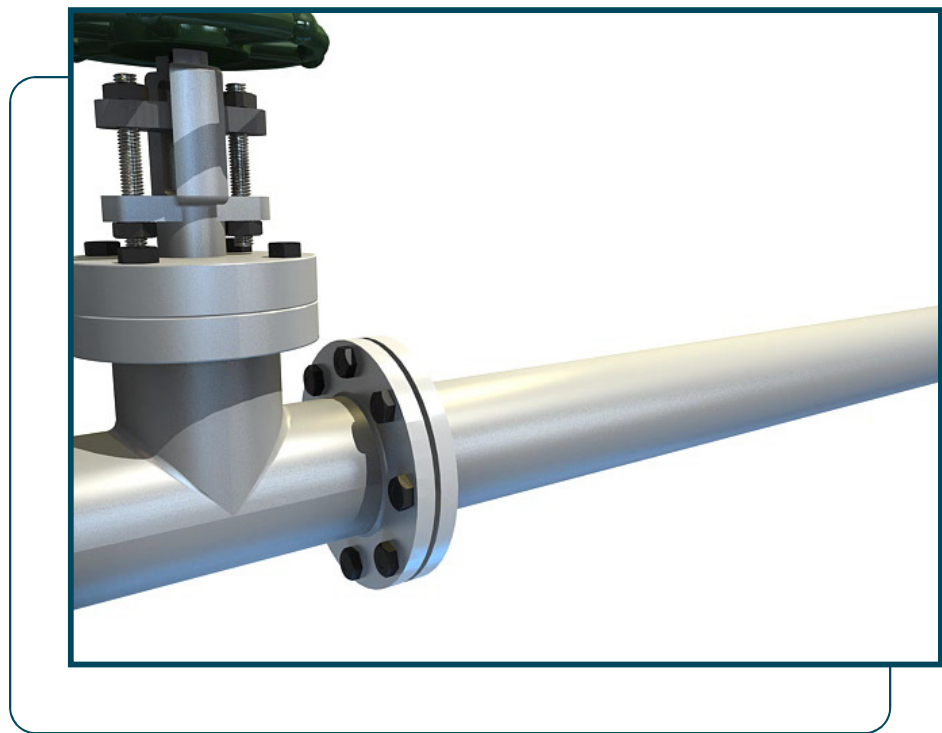
Perfil de Vazão

- Perfil de vazão adequado pode ser distorcido por obstruções
- Essa condição indesejada pode ser causada também por:
 - Válvulas esferas parcialmente abertas
 - Redutores
 - Joelhos



Porque Condicionamento de Fluxo?

- Padrão inadequado de fluxo a montante de uma turbina causando turbilhonamento no fluido
- Fluxo em duas direções
- Essa condição é causada por:
 - Joelhos
 - Válvulas
 - Redutores
 - Filtros



Turbina Smith para Serviço em Terminais

- Produtos:

GLP

Gasolina

Diesel

Combustível de aeronaves

Óleo aquecido

Componentes de mistura
(etanol)



Smith Guardsman L Series

TERMINAL METERS

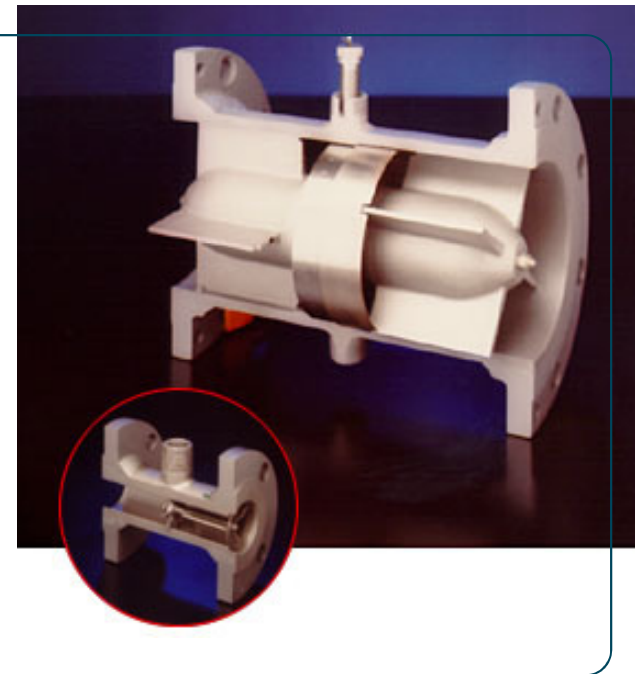
Model	Size Inches	Maximum GPM	Flow Rate L/min
GL	1.5	130	400
GL	2	250	750
GLS	3	700	1,900
GLS	4	1,200	1,600

Turbina Smith para Serviço em Tubulação

- Produtos
 - GLP
 - Gasolina
 - Diesel
 - Combustível de aeronaves
 - Óleo aquecido
 - Leve cru

SENTRY SERIES		
Size Inches	Maximum GPM	Flow Rate m ³ /h
4	1,500	240
LP6	2,500	400
6	4,000	635
8	7,500	1,195
10	12,000	1,910
12	18,000	2,860
16	27,000	4,295
18	35,000	5,565
20	42,000	6,680
Available with Class 150, 300, 600 and 900 ANSI Flanges		

GUARDSMAN SERIES		
Size Inches	Maximum BPH	Flow Rate m ³ /h
1.5	200	32
2	400	64
LF3	600	96
3	930	148
4	17,000	270
Available with Class 150, 300, 600 and 900 ANSI Flanges		



Medidor Turbina Convencional- Vantagens

- Precisão
- Grande range de vazão
- Pequeno tamanho e peso
- Baixo custo
- Grande range de temperatura e pressão



Medidor Turbina Convencional- Desvantagens

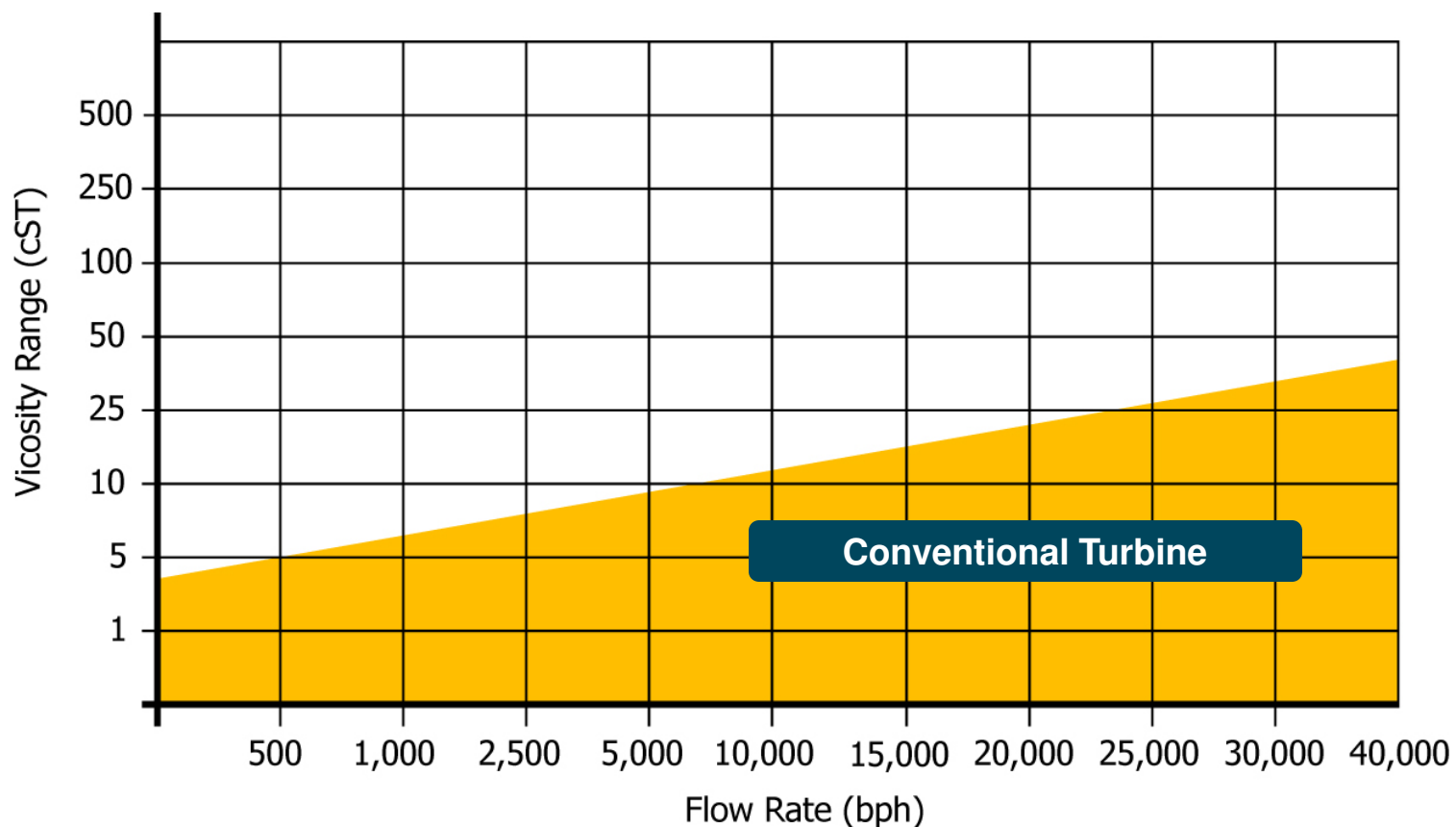
- Precisa de condicionamento de fluxo
- Precisa de controle de contra pressão para prevenir cavitação
- Dificuldade em medir líquidos com alta viscosidade
- Requer medição electrónica
- Suscetível à incrustação e depósitos
- Sensível a mudanças de viscosidade



Performance do Medidor Turbina Convencional

- Rangeabilidade de Fluxo:
Qualquer range de vazão entre 10% a 100% do range
 - Rangeabilidade de Viscosidade:
Qualquer viscosidade (cSt) até 2X o diâmetro do medidor (in.)
 - Número de Reynolds :
Maior que 50,000
 - Medição da rangeabilidade de fluxo (MRF) vs. linearidade
- | MRF | Linearidade |
|------|-------------|
| 10:1 | +/- 0.15% |
| 15:1 | +/- 0.25% |

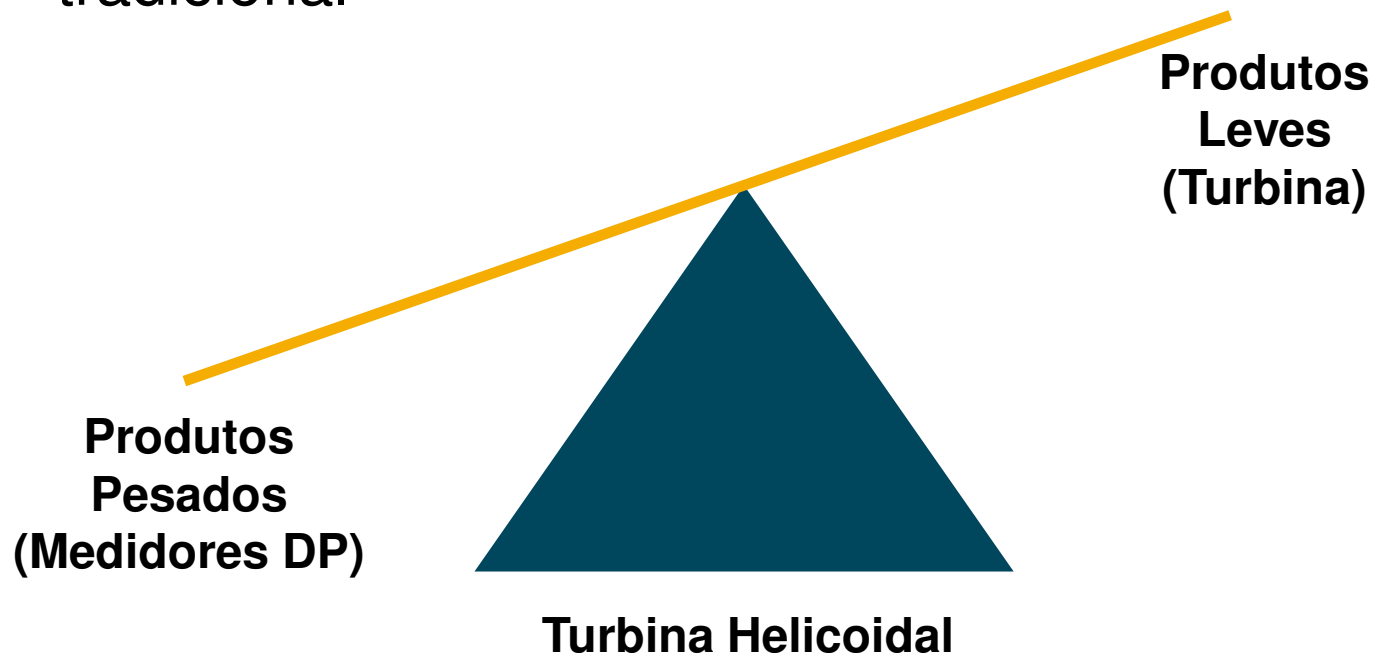
Range de Medição do Medidor Turbina Convencional



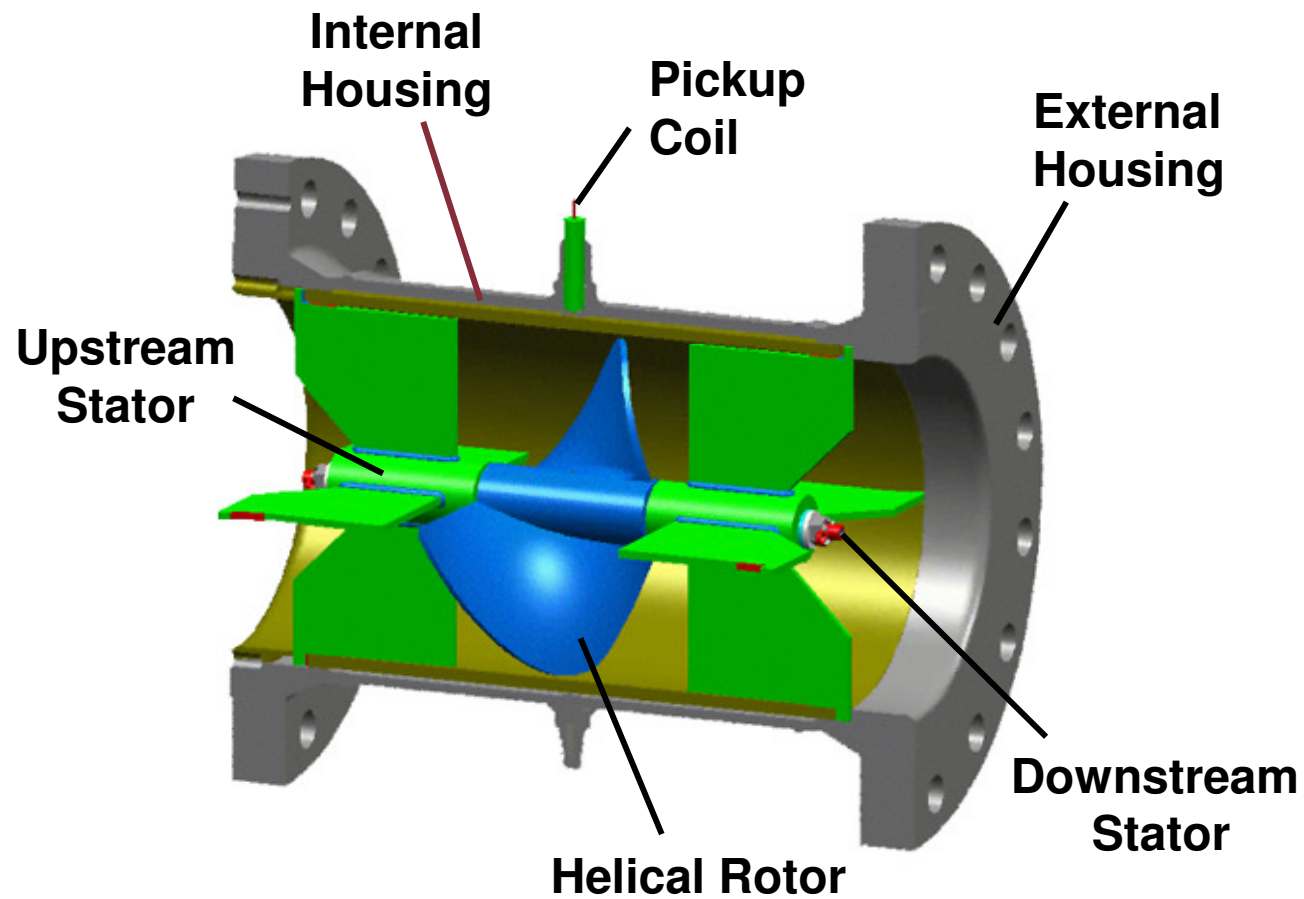
Medidor Tipo Turbina Helicoidal

Porque Medidor Tipo Turbina Helicoidal?

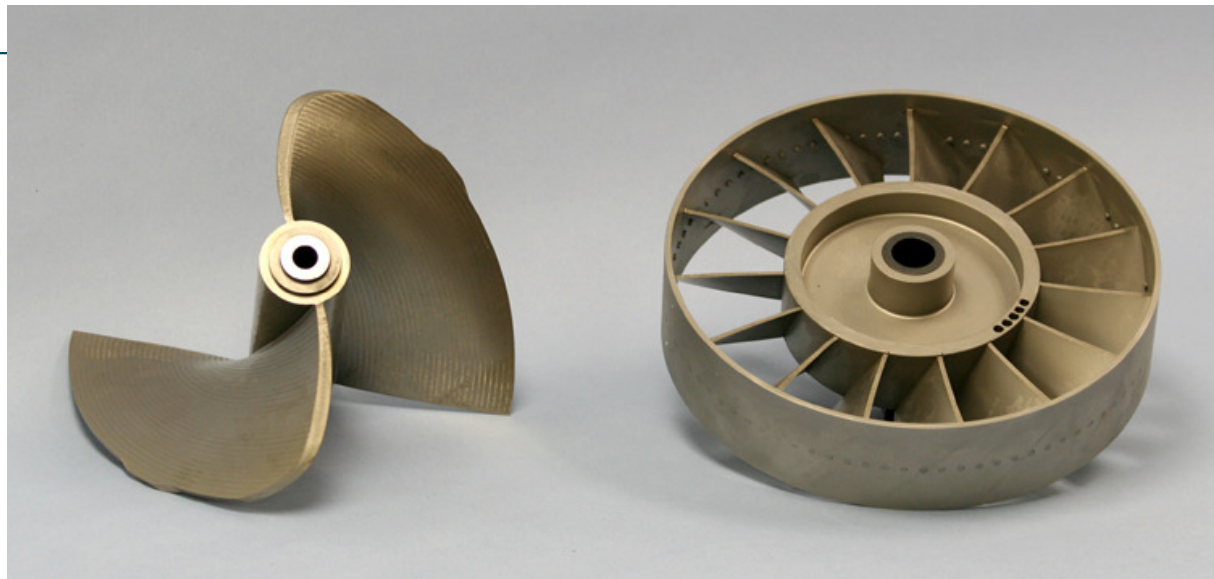
- Turbina Helicoidal desafia os limites da medição tradicional



Design do Medidor

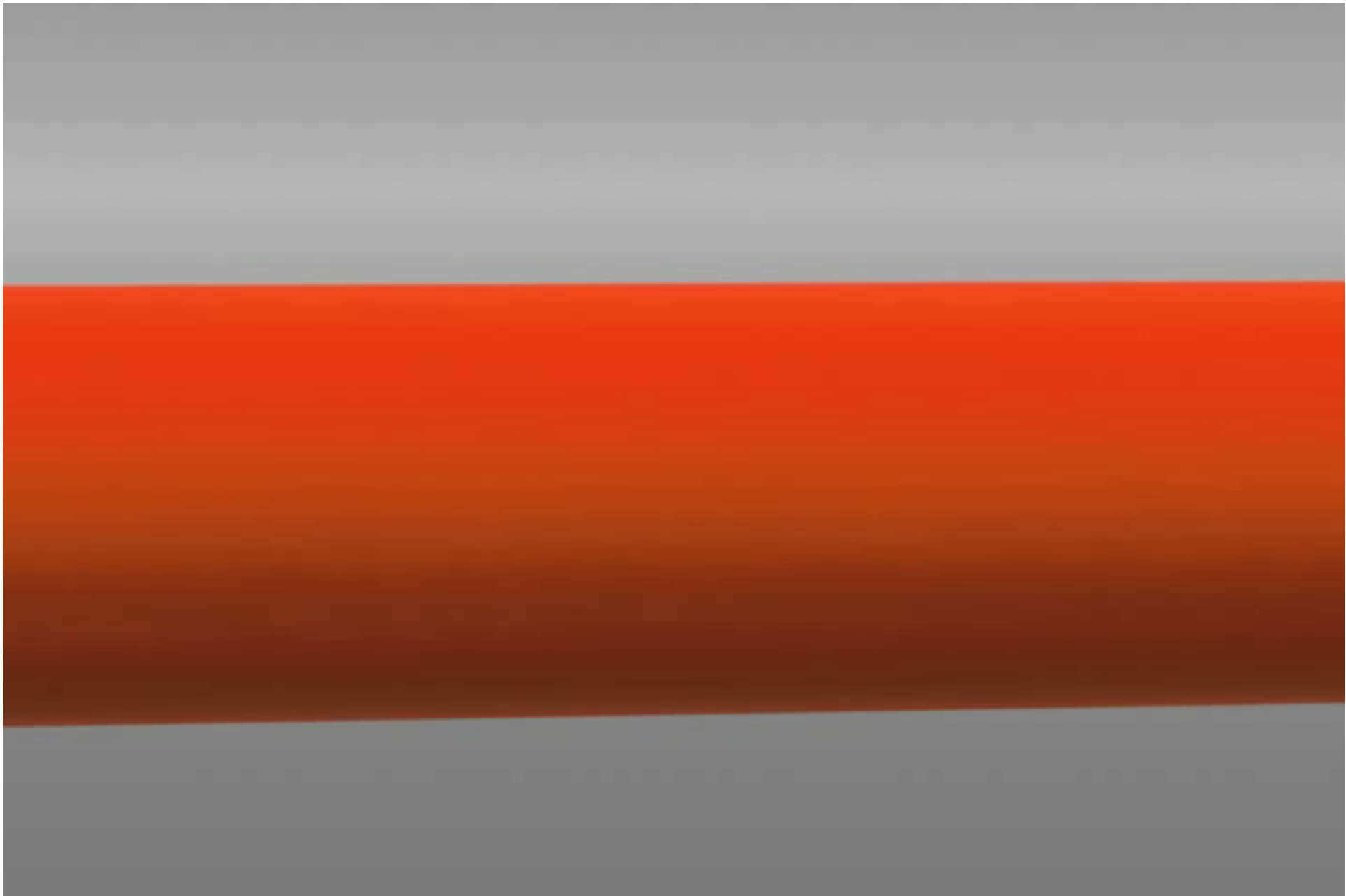


Design do Rotor Helicoidal



**MV Series
Rotor Helicoidal**

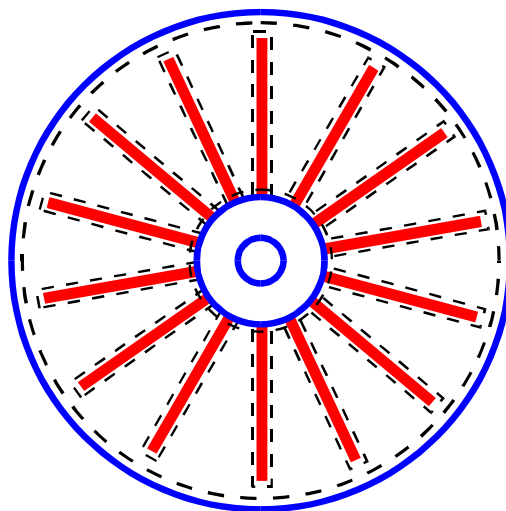
**Rotor
Convencional**



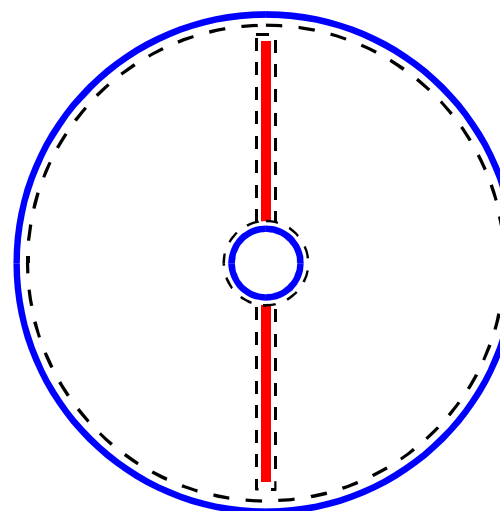
REPRESENTANTE EXCLUSIVO – WWW.KFWSERV.COM.BR

Design do Rotor Helicoidal

- Exemplo: Efeito de 0.001" de filme ou camada limite em um medidor de 8"

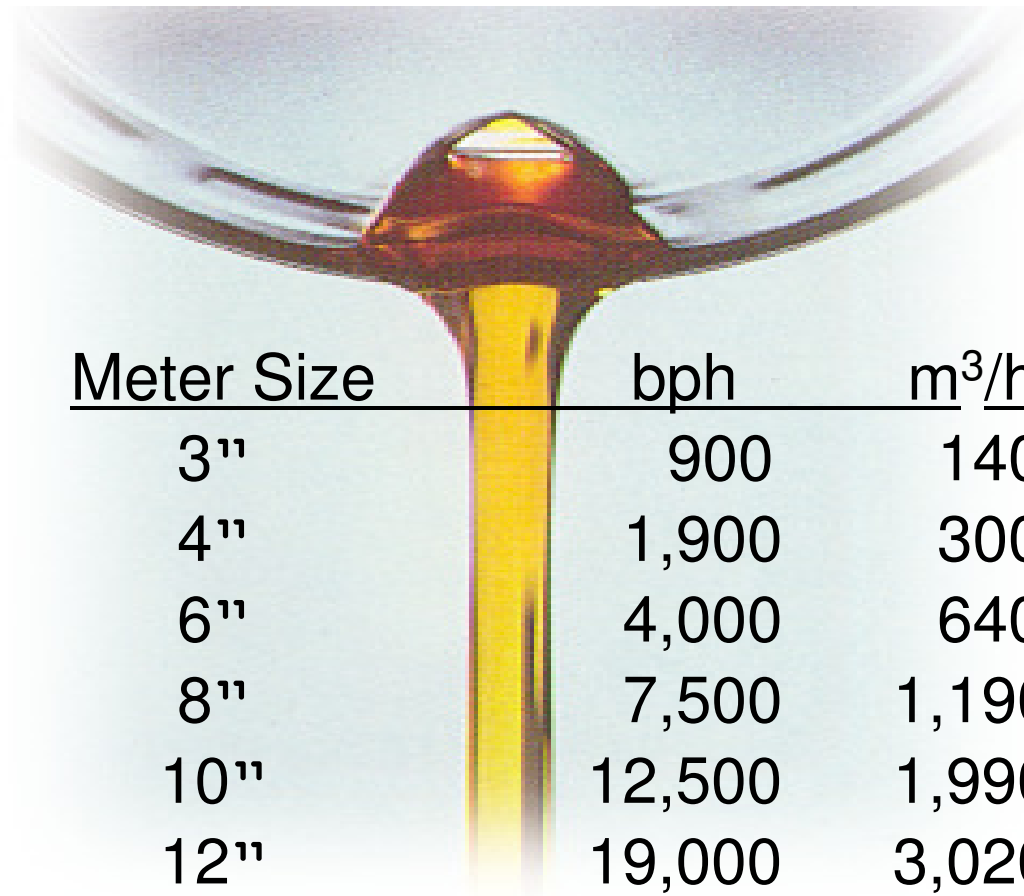


Turbine Rotor
0.3% change in meter factor



Helical Rotor
0.1% change in meter factor

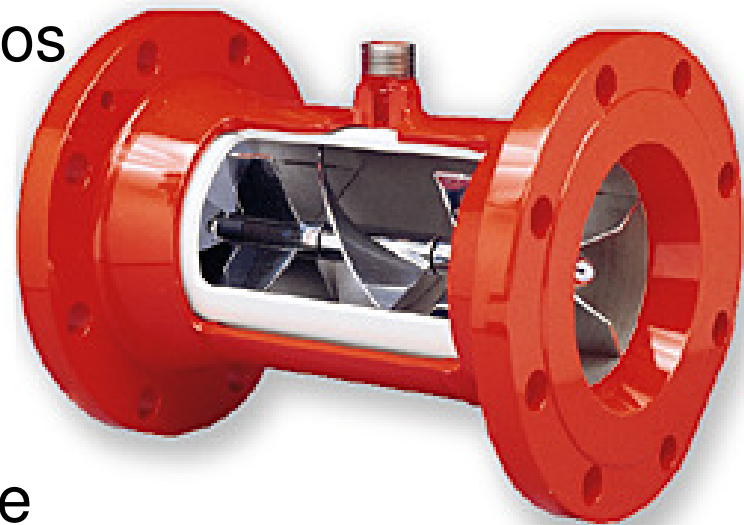
Taxa de Vazão Máxima



Meter Size	bph	m ³ /h
3"	900	140
4"	1,900	300
6"	4,000	640
8"	7,500	1,190
10"	12,500	1,990
12"	19,000	3,020
16"	27,000	4,290

Medidor Turbina Helicoidal - Vantagens

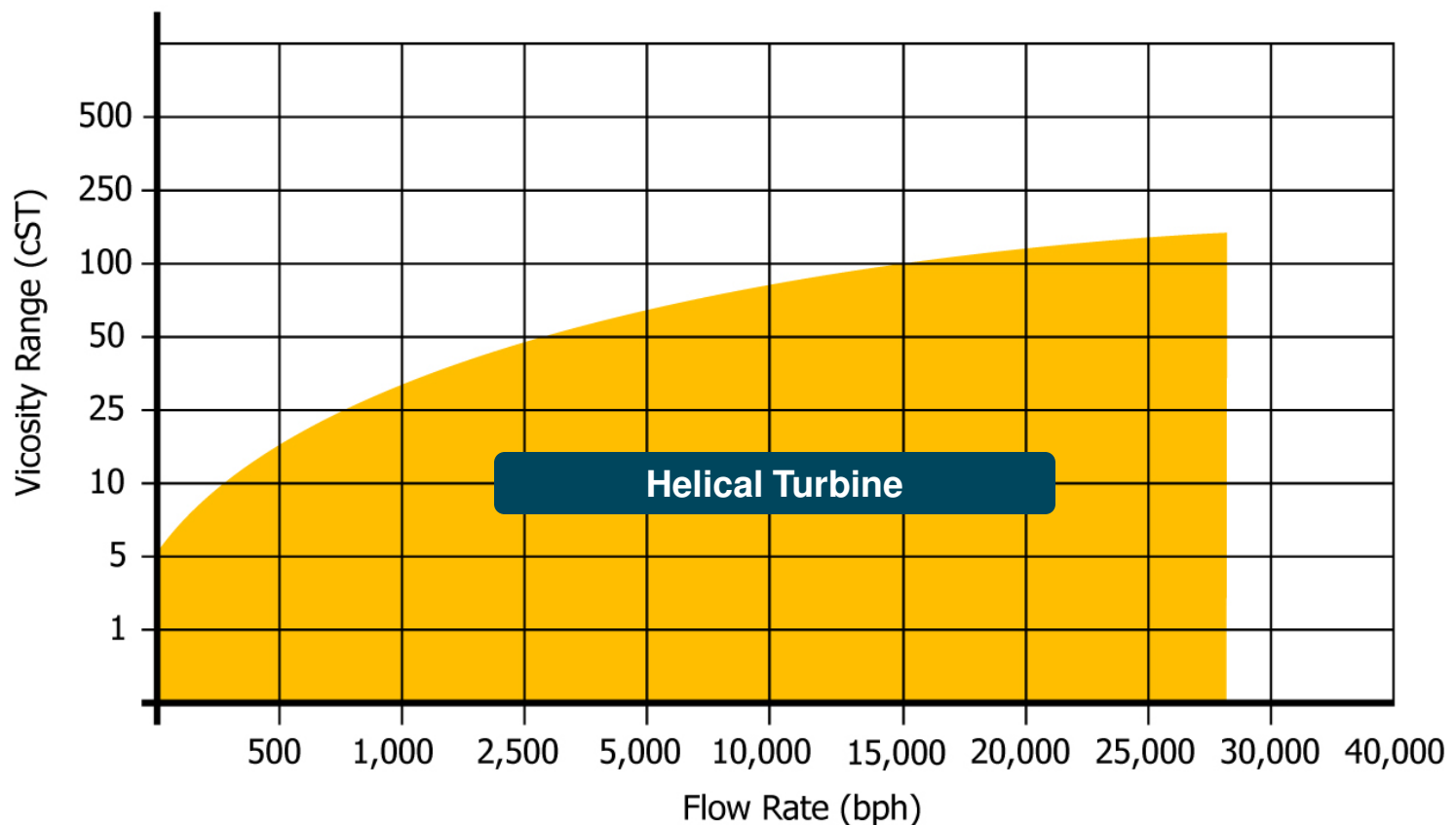
- Turbina Helicoidal minimiza:
 - Dificuldade em medir líquidos de alta viscosidade
 - Suscetibilidade à incrustação e depósitos
 - Sensibilidade à mudança de viscosidade



Performance da Turbina Helicoidal

- Rangeabilidade de Fluxo:
Qualquer range de vazão entre 10% a 100% do range
 - Rangeabilidade de Viscosidade:
Qualquer viscosidade (cSt) até 10X o diâmetro do medidor (in.)
 - Número de Reynolds:
Maior que 20,000
 - Medição da rangeabilidade de fluxo (MRF) vs. linearidade
- | MRF | Linearidade |
|------|-------------|
| 40:1 | +/- 0.15% |
| 60:1 | +/- 0.25% |

Range de Medição da Turbina Helicoidal

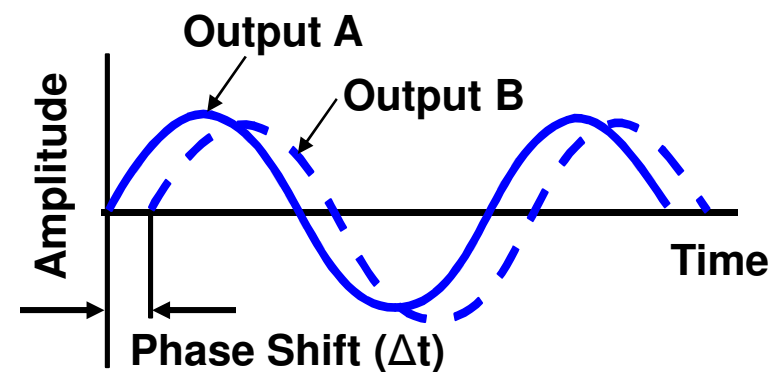
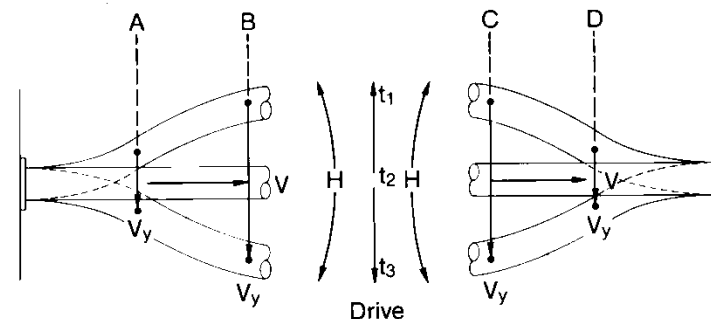


Medidores Coriolis

Medidor de Massa Coriolis

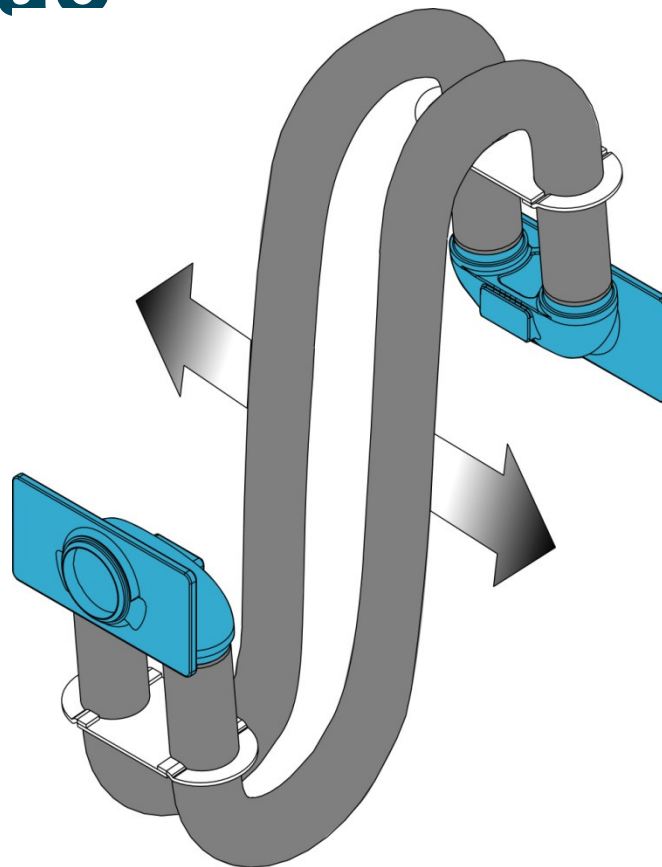
- Teoria: $F_c = 2\dot{m} \times \omega$
 Onde:
 F_c = Força Coriolis
 $\dot{m}$ = taxa de massa
 ω = velocidade angular

E onde:
 $\dot{m} = k \times \Delta t$
 k = constante
 Δt = phase shift



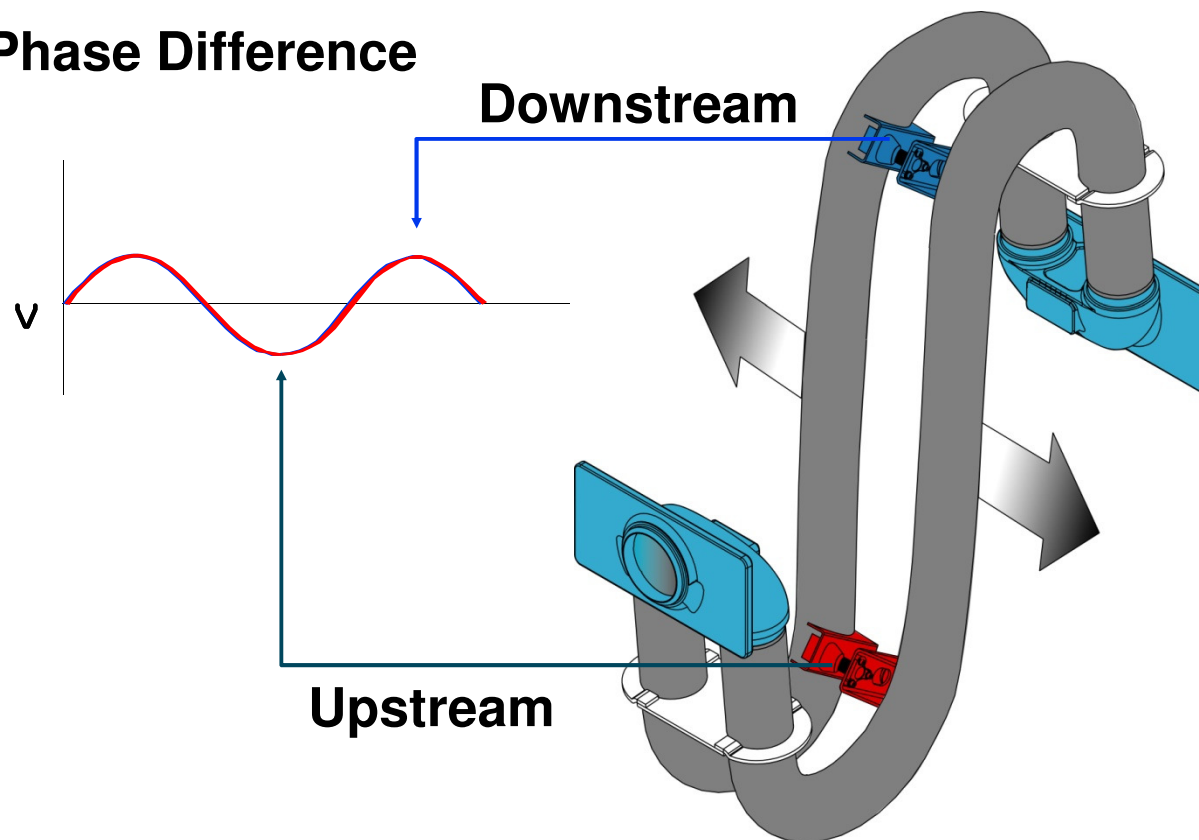
Modo de operação

- Sistema energizado para vibrar os tubos em oposição um ao outro
- Sinal do sensor de vazão em fase um com o outro sob condição de vazão zero

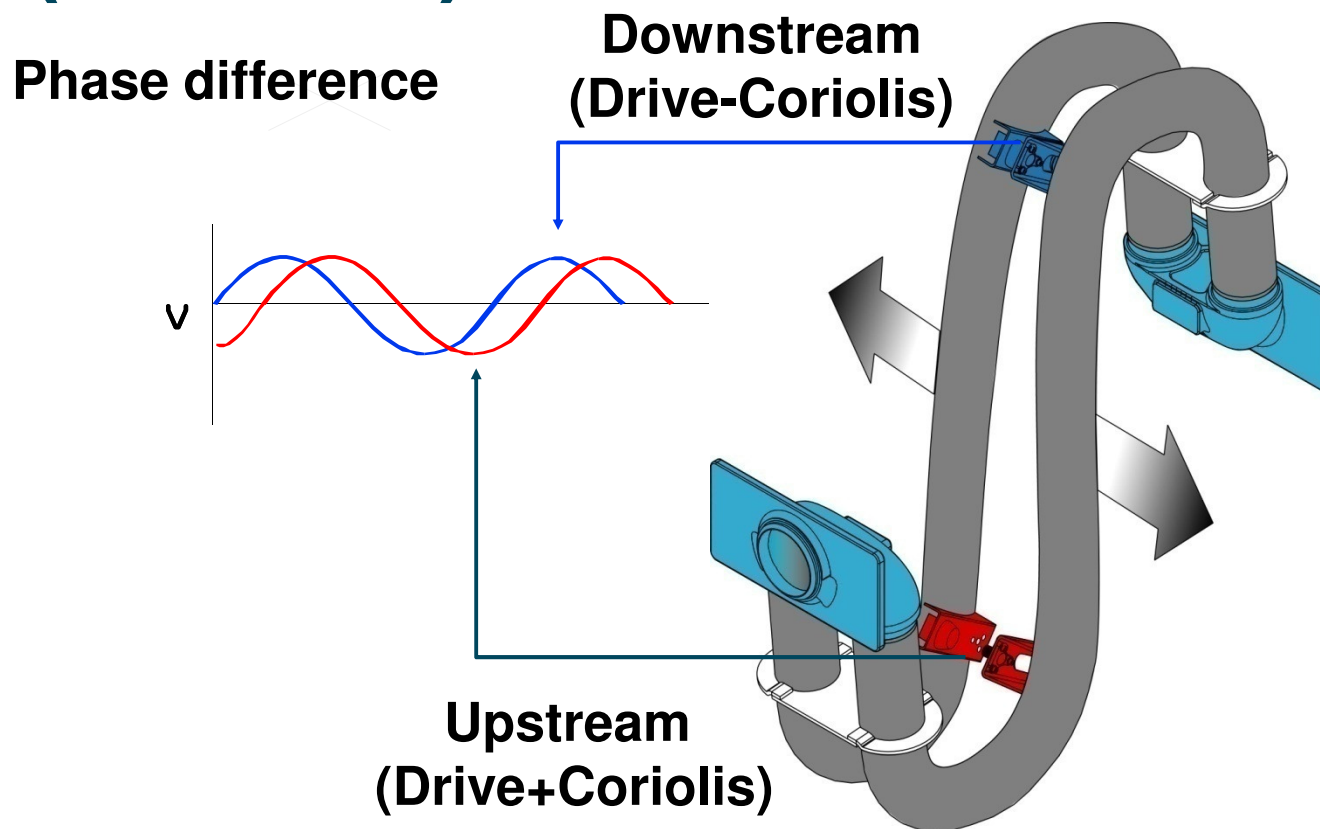


Configuração do Modo Vazão Zero

No Phase Difference

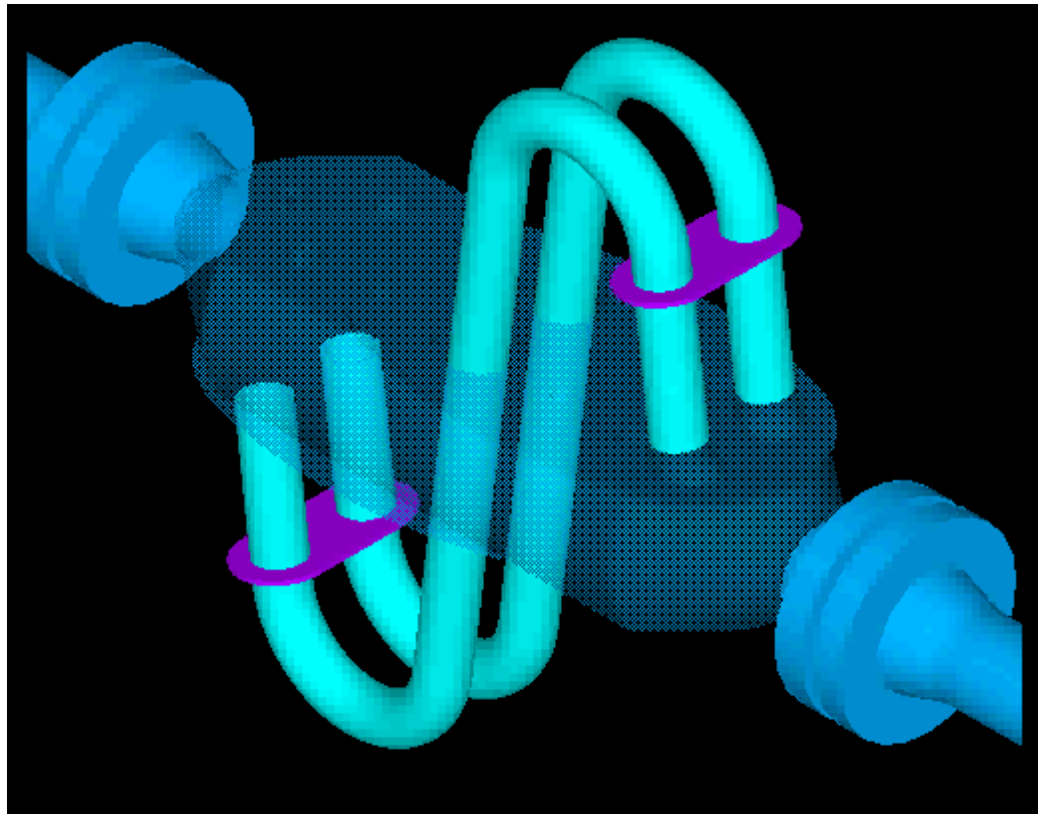


Configuração do Modo Fluxo (Coriolis)



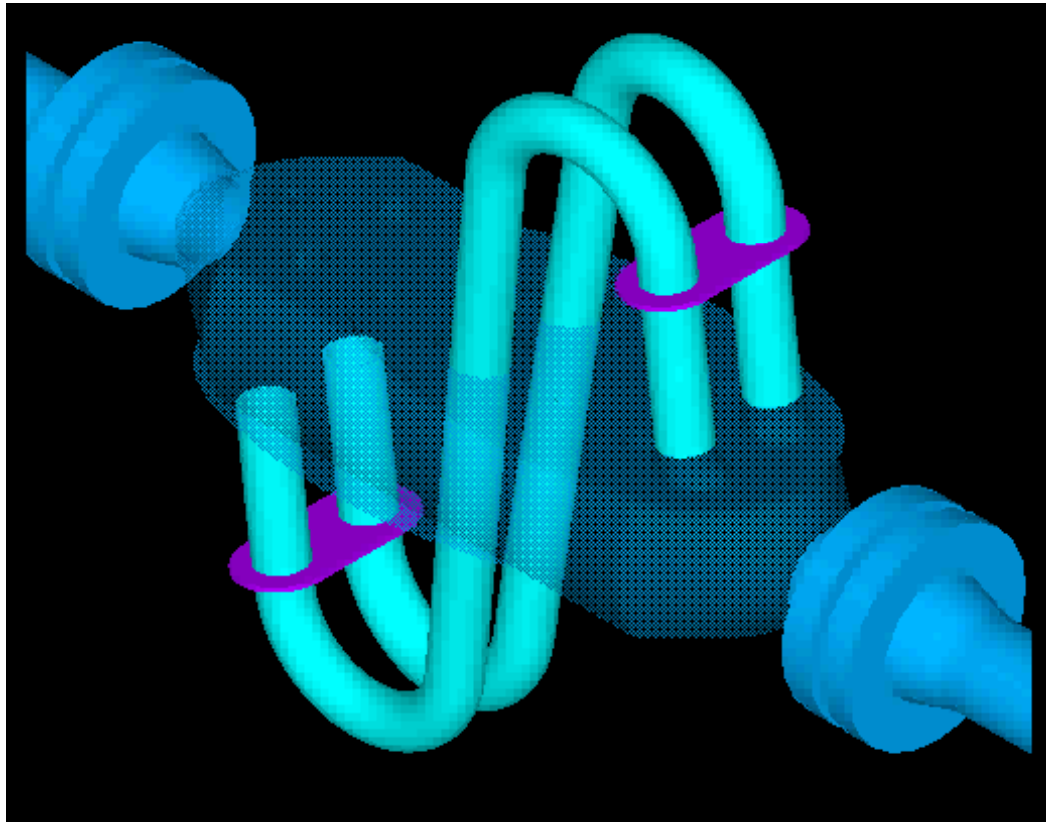
A400

- Drive mode



A400 Drive + Resposta Coriolis

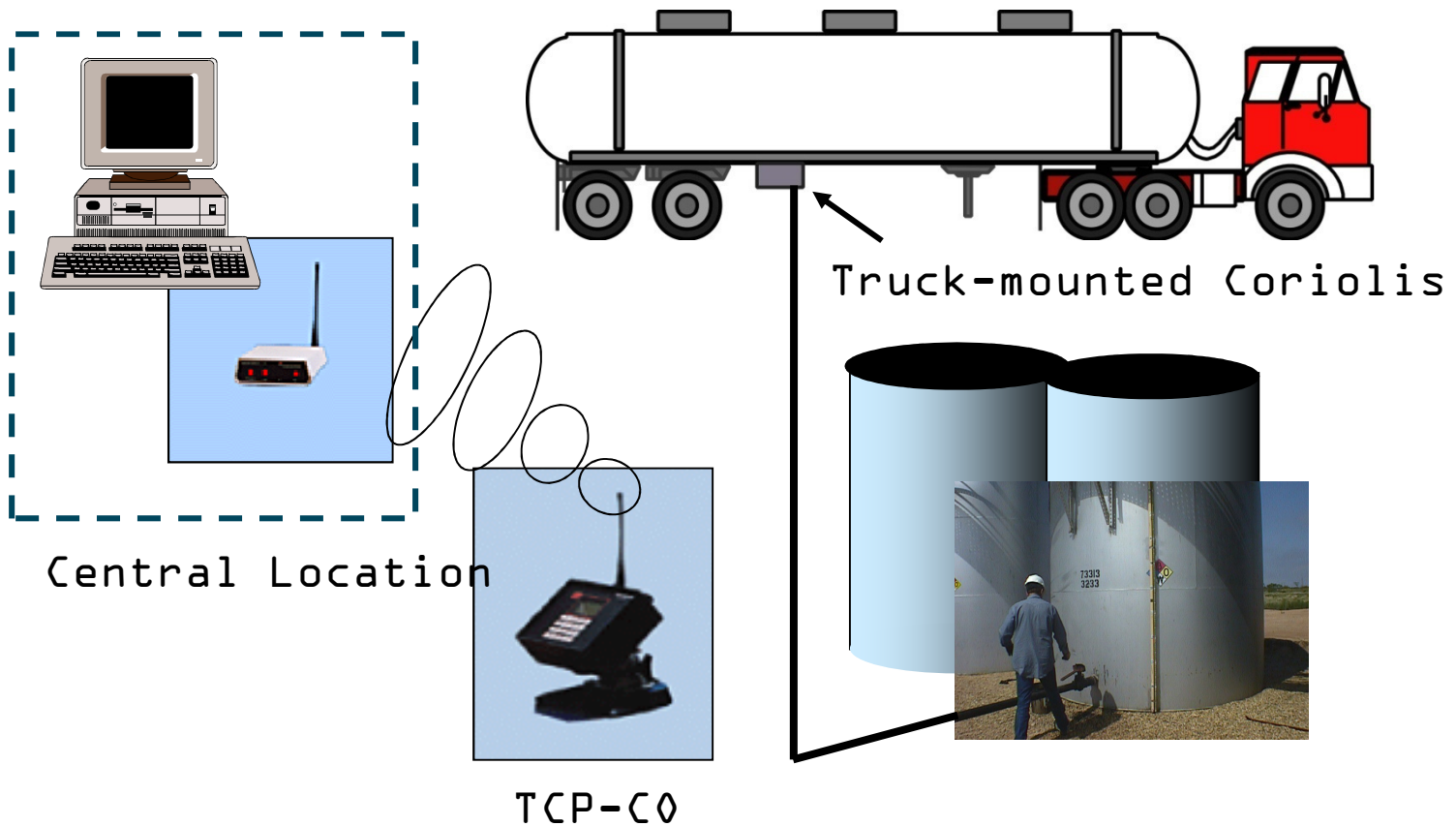
- Flow mode



Medidor de Massa Coriolis

Aplicações

Crude Oil Gathering - LeaseMaster

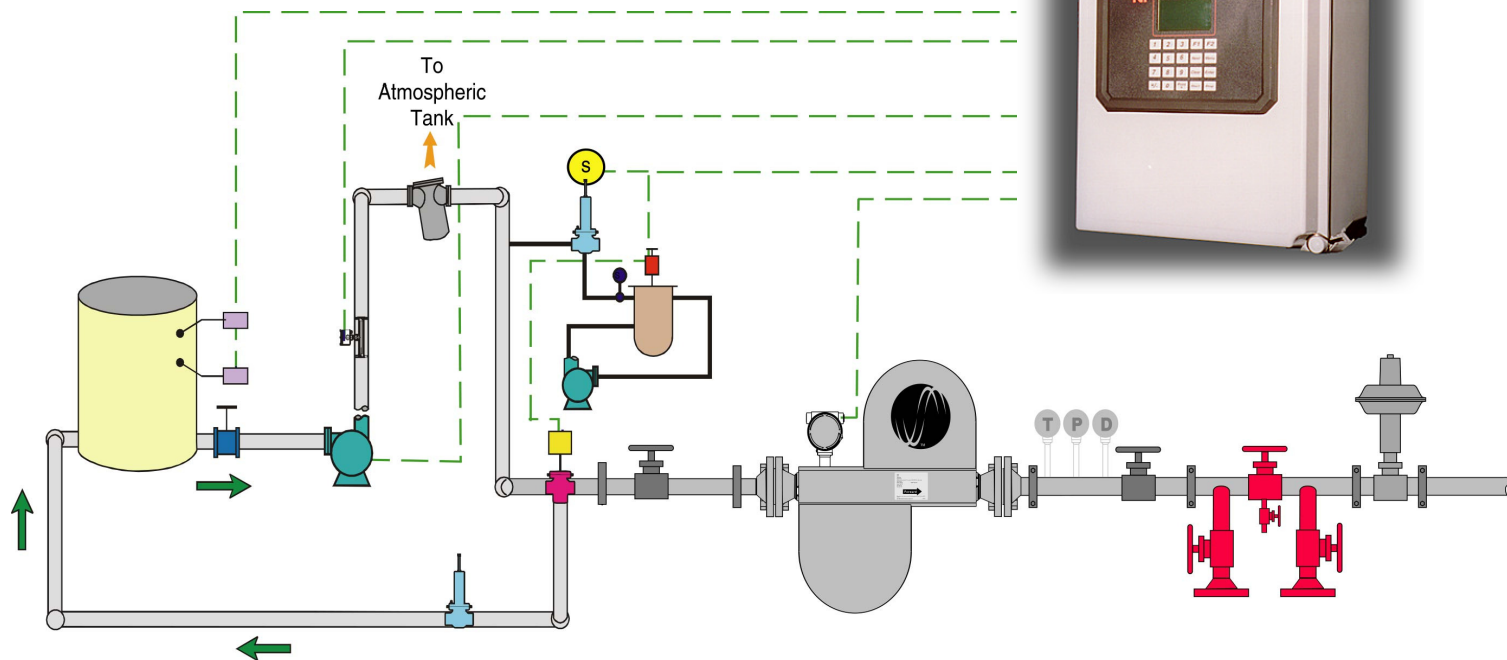


Medidor de Massa Coriolis

Aplicações

LACT

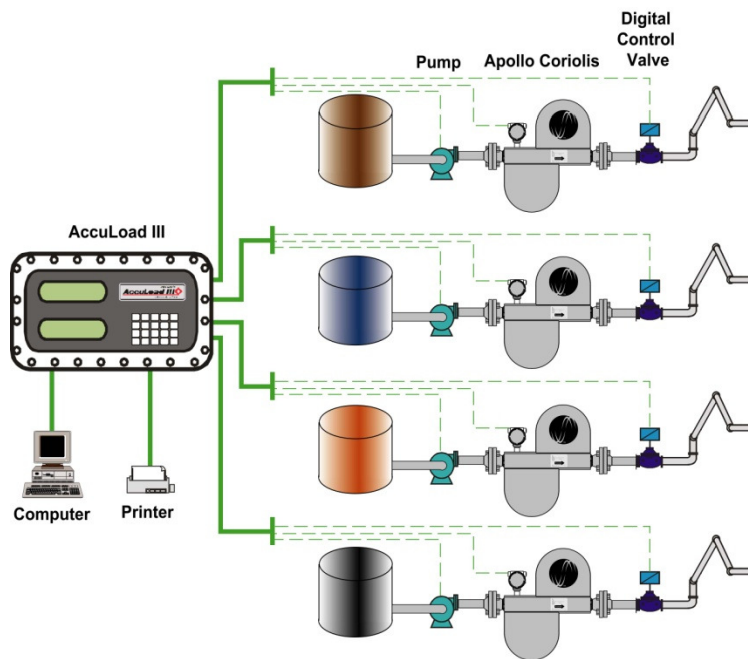
TCP-LU



Medidor de Massa Coriolis

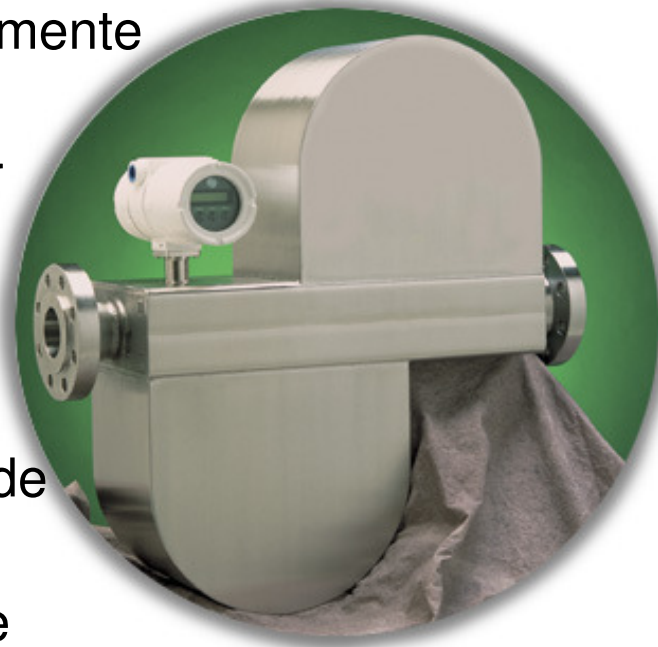
Aplicações

Carregamento e mistura de asfalto



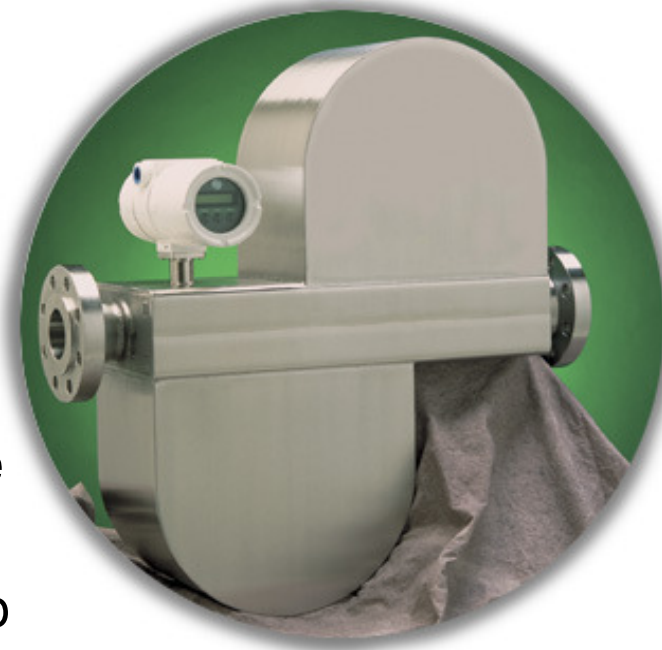
Medidor de Massa Coriolis- Vantagens

- Pouca manutenção - afetado minimamente por corrosão e abrasivos
- Não suscetível a estrago causado por bolhas de ar
- Capaz de registrar taxa de vazão quase zero
- Minimamente afetado por mudanças de viscosidade
- Medição direta de massa e densidade
- Condicionamento de fluxo normalmente requerido



Medidor de Massa Coriolis - Desvantagens

- Sensível à condições de instalação, incluindo choque e vibrações
- Depósitos podem afetar a precisão
- Tamanhos maiores que 6" não são muito usados para transferência de custódia por volume
- Requer zero periódico sob pressão e sem vazão
- Necessita controle de contra pressão
- Alta perda de carga

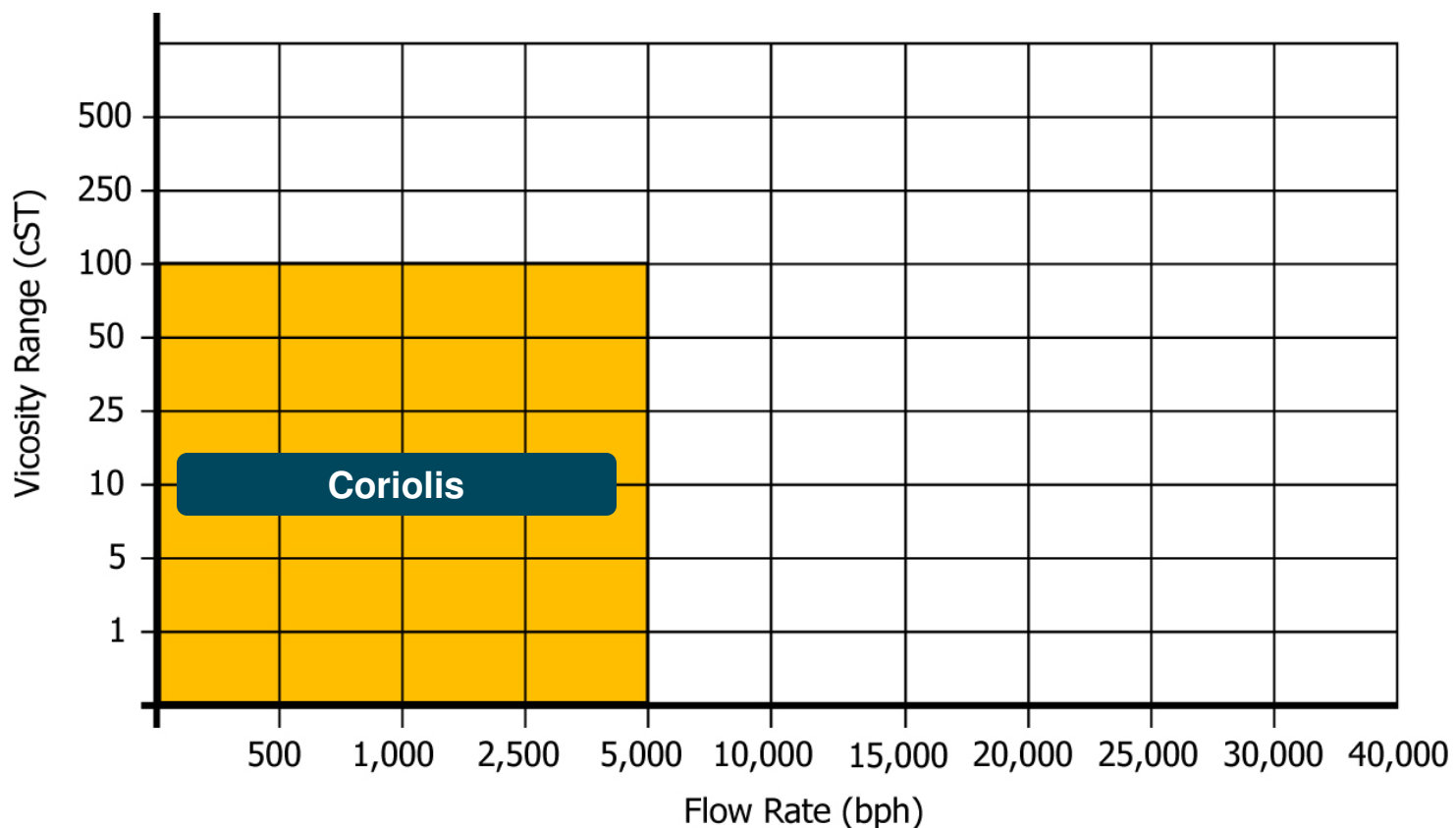


Performance do Medidor Coriolis

- Rangeabilidade de fluxo:
 - $\pm 0.15\%$ linearity - 20% to 100% of max flow rate
 - $\pm 0.25\%$ linearity - 10% to 100% of max flow rate
- Rangeabilidade de viscosidade:
 - Limitado pela perda de carga na vazão máxima.
 - Típica abaixo de 20 psig de perda de carga para produtos com viscosidade abaixo de 100 cSt.

MEASUREMENT TURNDOWN RANGE LINEARITY						
Linearity	Viscosity cP					
	100:400	20:100	5:20	2:5	0.8:2.0	0.5:0.8
+/- 0.15%	Viscosity over 20 psig	25:1	20:1	12:1	12:1	8:1
+/- 0.25%		50:1	40:1	24:1	24:1	16:1

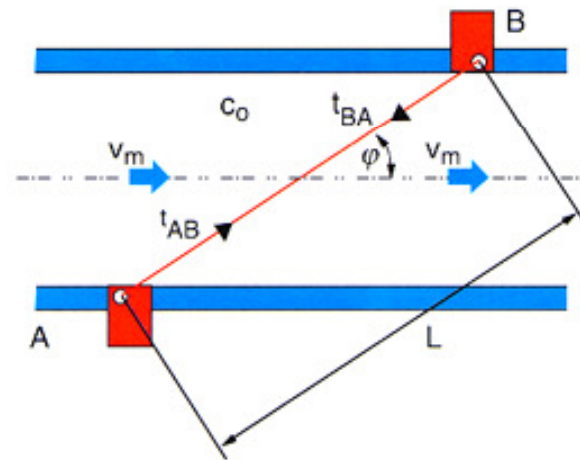
Range de Medição do Medidor de Massa Coriolis



Medidores Ultrassônicos

Ultrassônico Líquido – Princípio de Operação

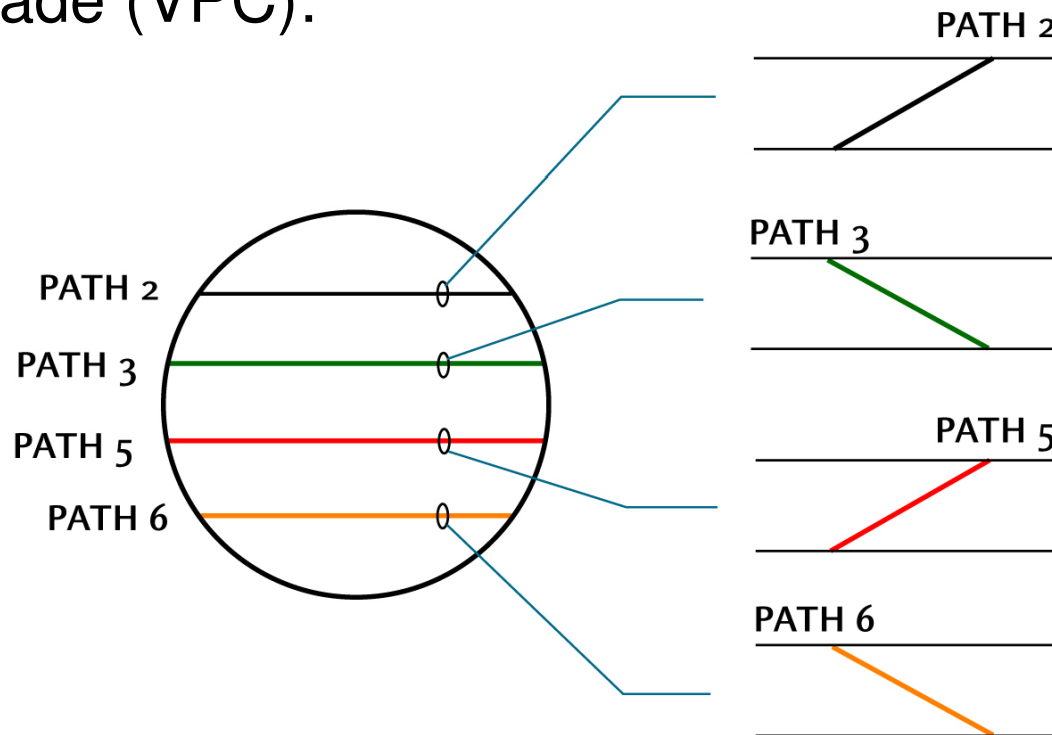
- Teoria:
Volume através do medidor = Velocidade do fluido
x Area



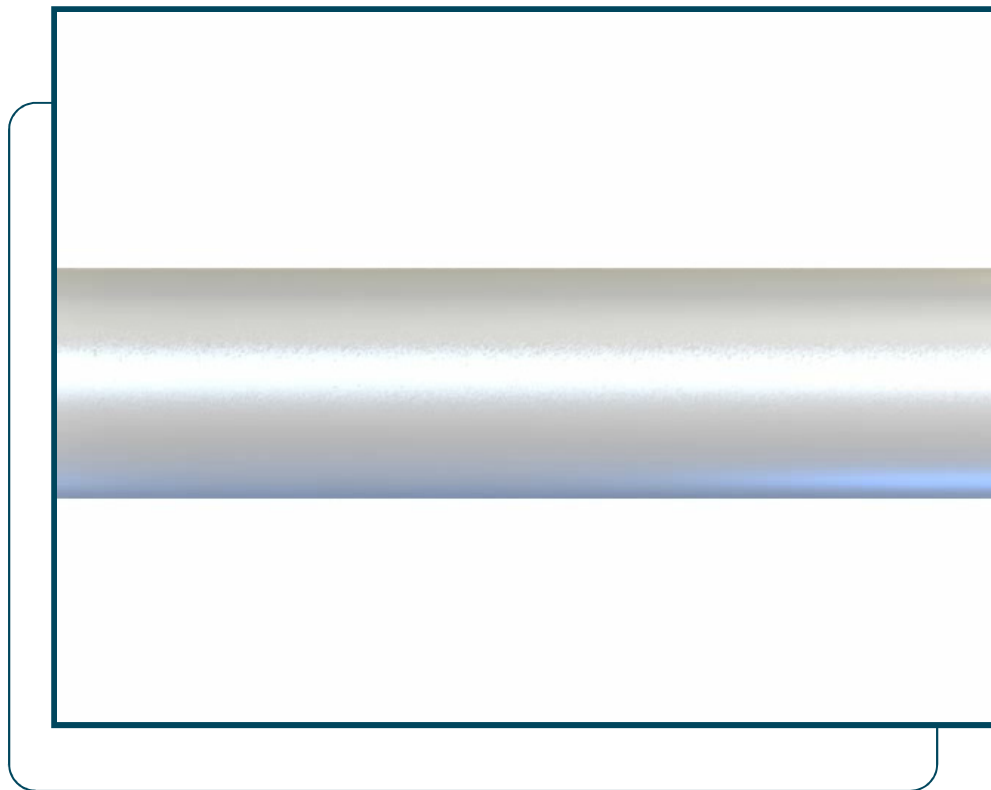
Onde a vel. do fluido V_m é proporcional a diferença de tempo entre o sinal do ultrassônico seguindo o fluxo (t_{AB}) e contra o fluxo (t_{BA}).

Smith Meter™ Ultra⁶ Princípio de Operação

Quatro caminhos para correção de perfil de velocidade (VPC):



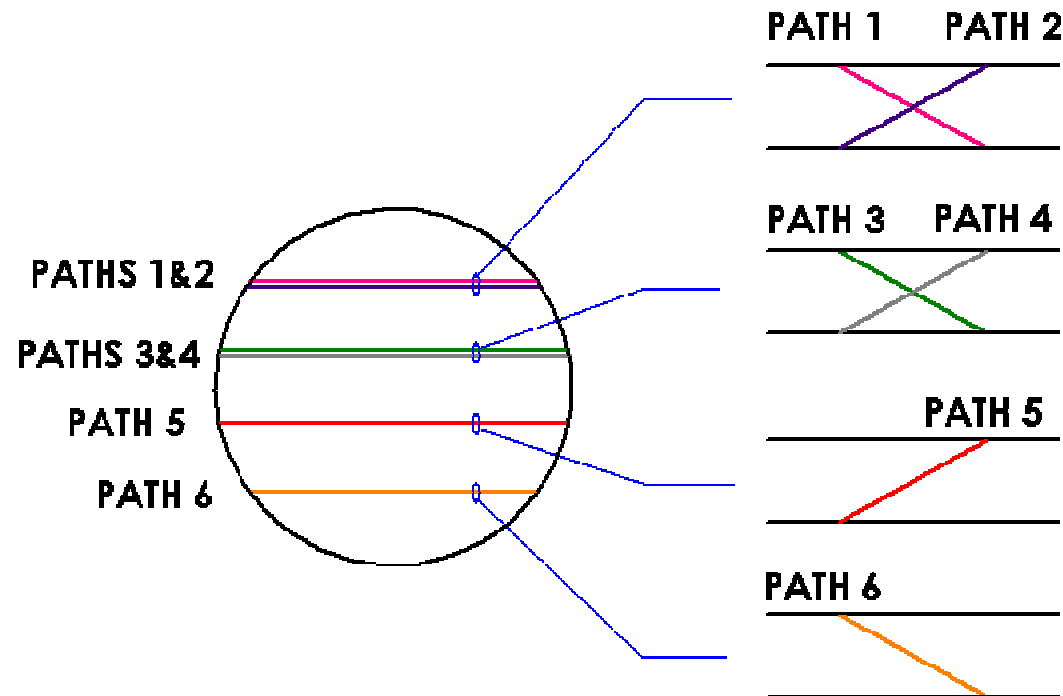
Perfil de Vazão vs Número de Reynolds



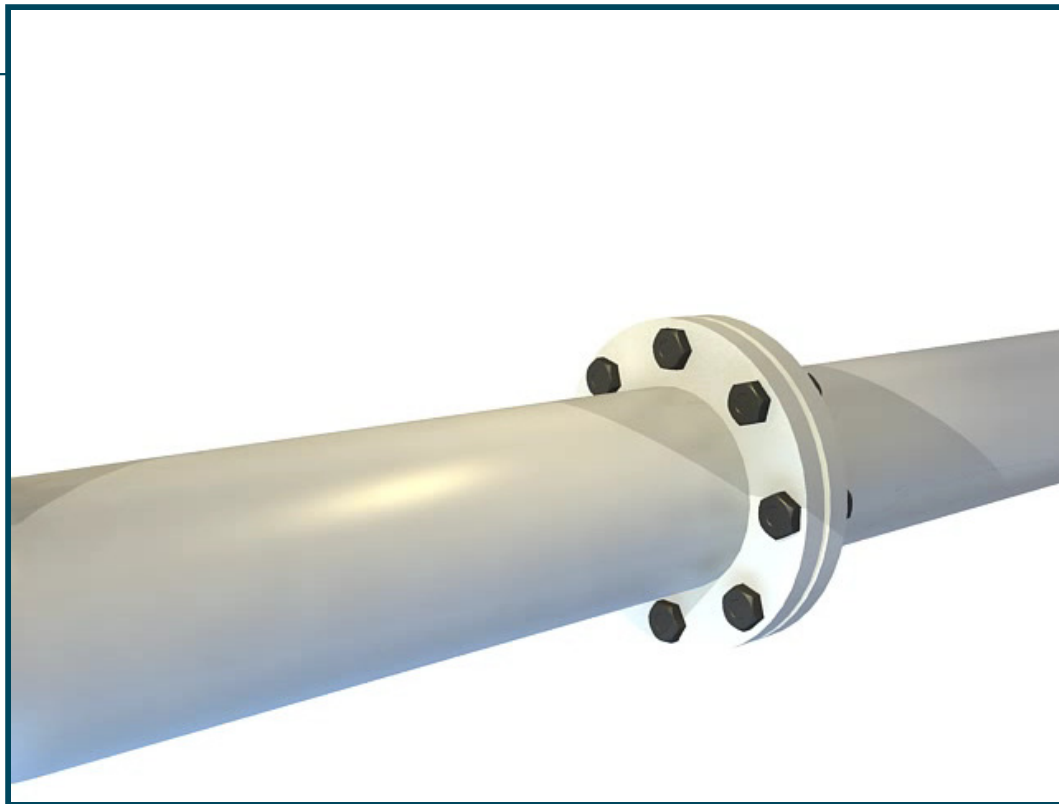
Laminar $< Re = 2,000$; Turbulento $> Re = 4,000$

Smith Meter™ *Ultra*⁶ - Princípio de Operação

Seis caminhos arranjados em 4 planos:

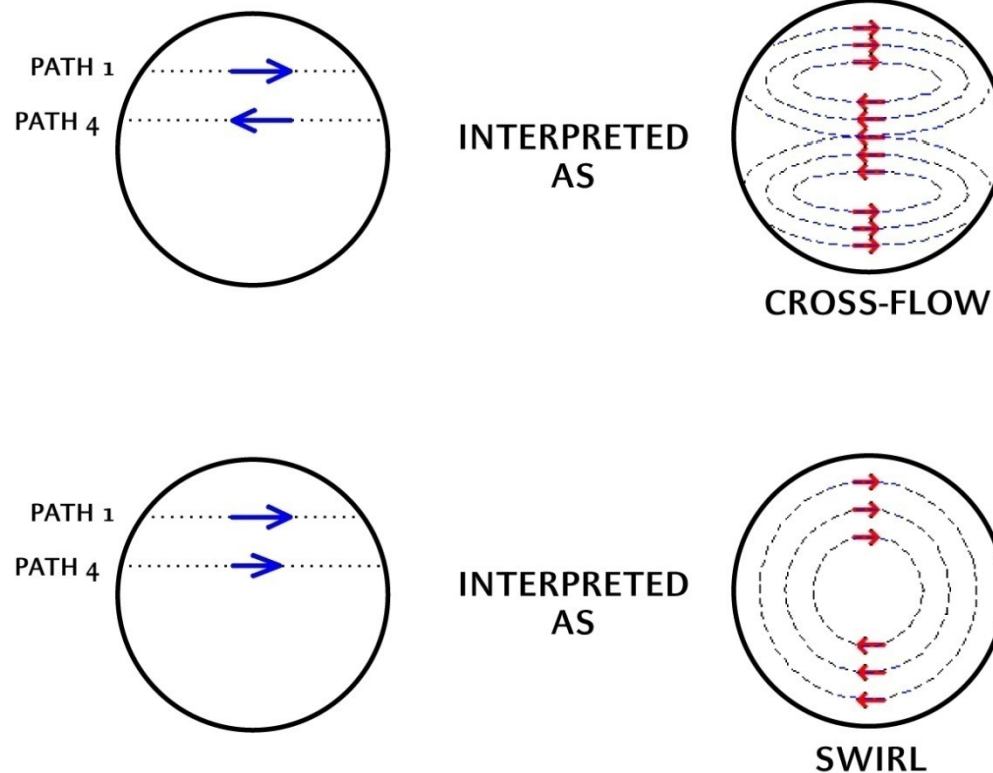


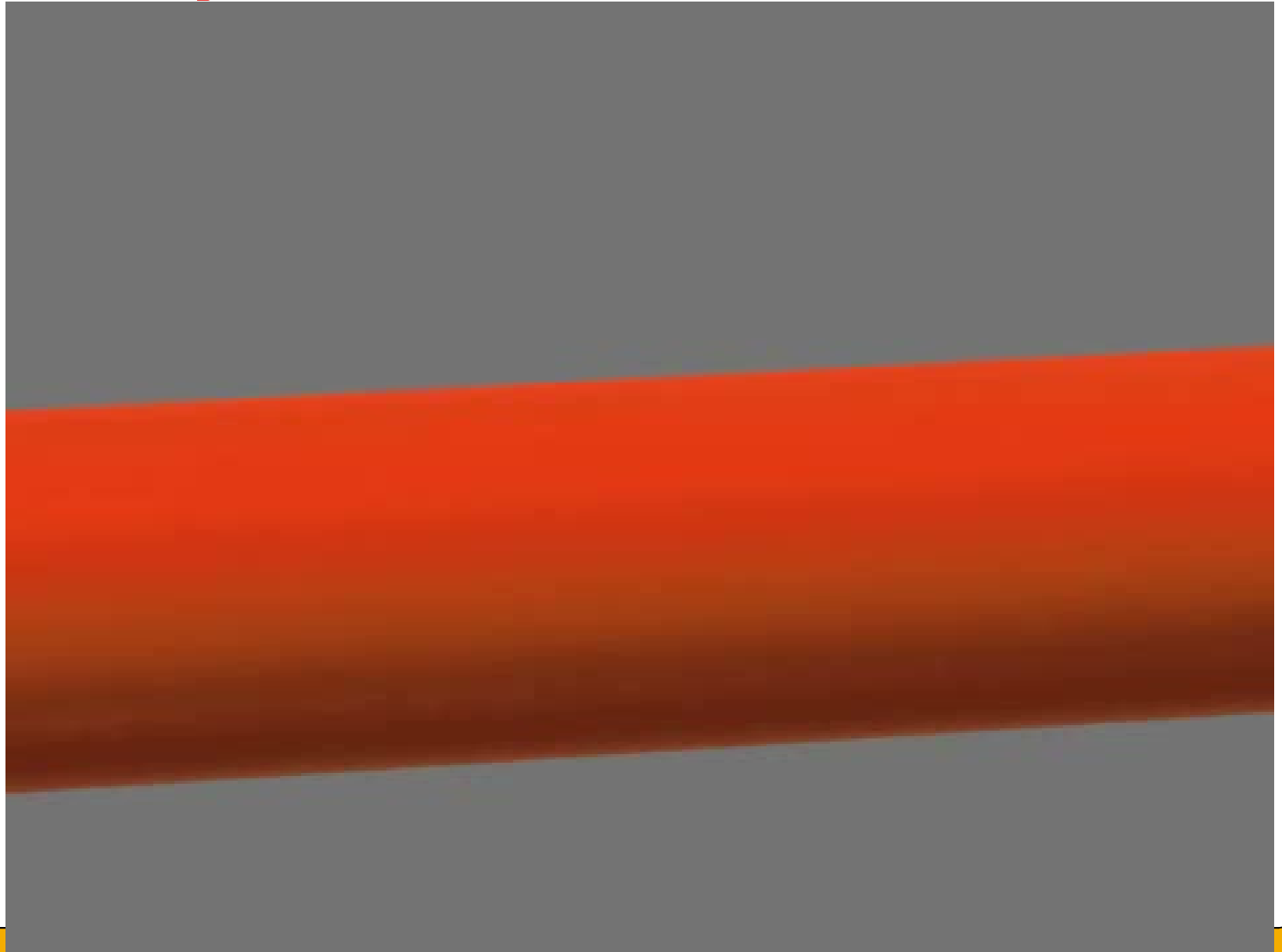
Fluxo do Fluido e Redemoinho



Smith Meter™ *Ultra*⁶ - Princípio de Operação

- Dois caminhos (top) para redemoinho e correção de fluxo cruzado:



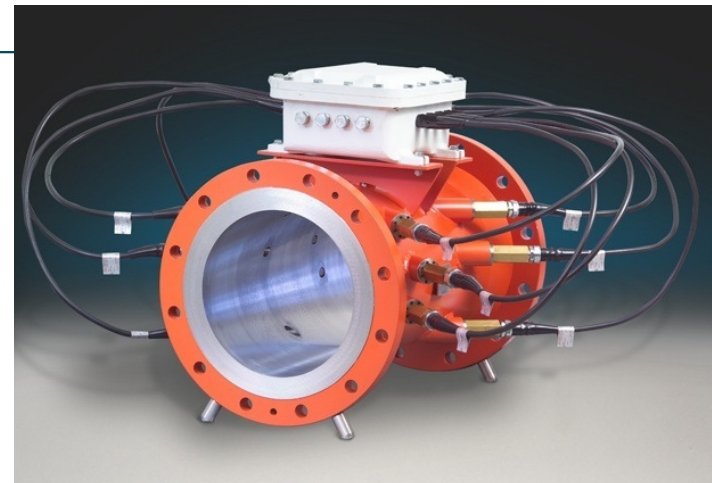


Aplicações

- Tubulação
- Carregamento e descarregamento de terminal marítimo
- Armazéns flutuantes e vasos de descarregamento (FSOs and FPSOs)
- Equilíbrio de linha e descoberta de vazamento
- Controle de Inventário

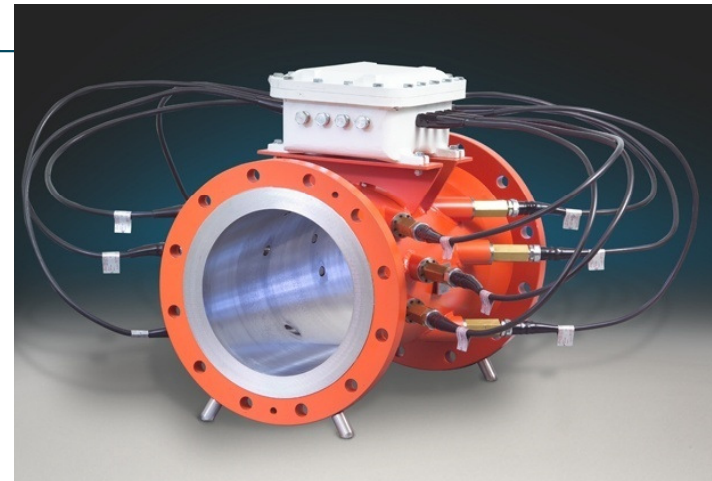
Medidores Ultrassônicos- Vantagens

- Alta precisão
- Alto range de vazão
- Perda de carga desprezível
- Não intrusivo e não tem partes móveis
- Pequeno tamanho e peso
- Capacidade de diagnostico
- Bidirecional



Medidores Ultrassônicos- Desvantagens

- Condicionamento de fluxo recomendado
- Suscetível à incrustação e depósitos
- Sensível a condições instaladas
- Perfil de vazão instável
- Requer medição eletrônica
- Saída Microprocessada contribui para atraso do pulso relativo ao volume, dificultando a prova

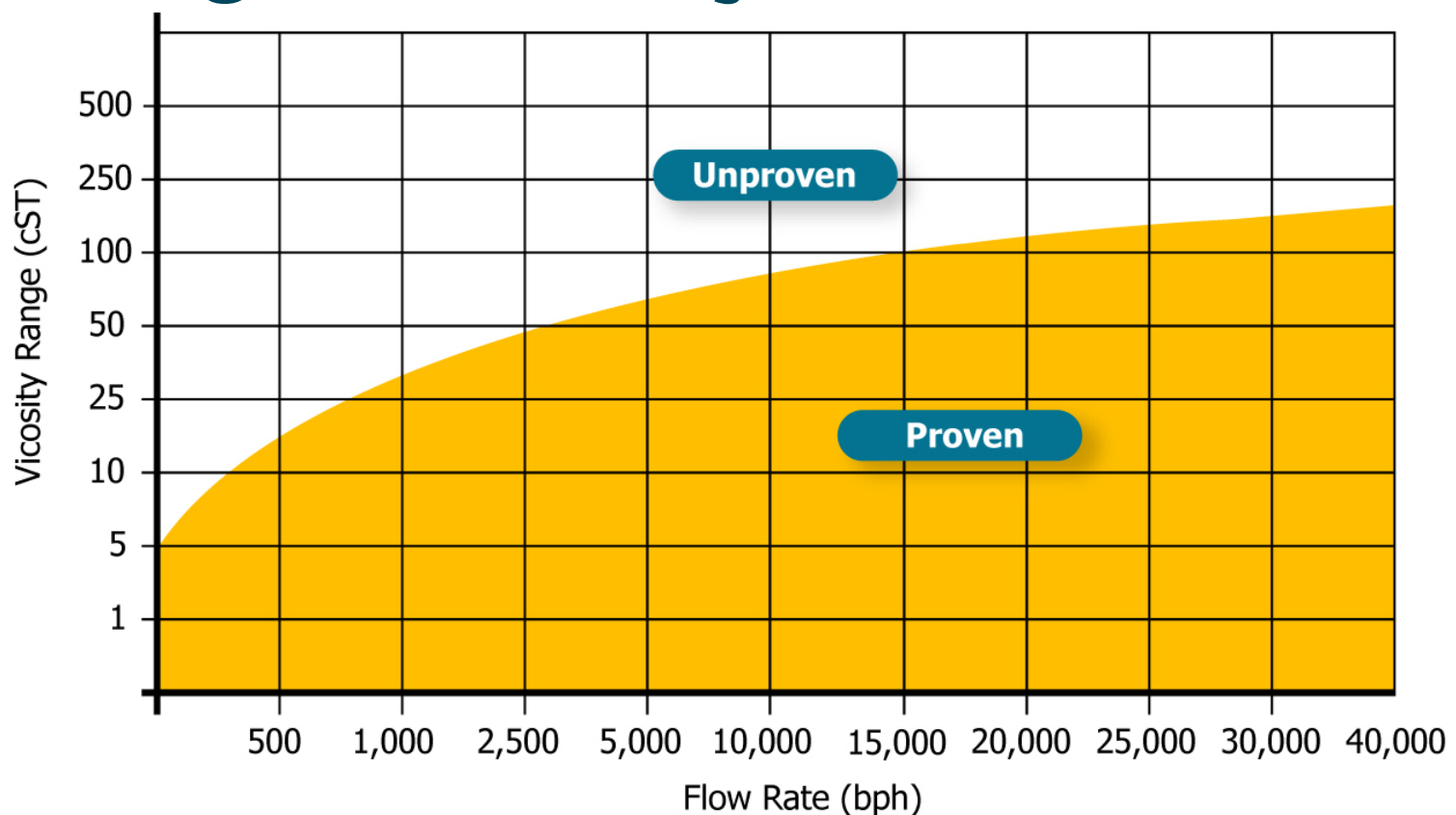


Performance do Medidor Ultrassônico

- Rangeabilidade de Fluxo:
Qualquer range de vazão entre 10% a 100% do range
 - Rangeabilidade de Viscosidade:
Qualquer viscosidade (cSt) até 500 cSt¹s
 - Número de Reynolds: Maior que 20,000
 - Medição da rangeabilidade de fluxo (MRF) vs. linearidade
- | MRF | Linearidade |
|------|-------------|
| 40:1 | +/- 0.15% |
| 60:1 | +/- 0.25% |

Medidor Ultrassônico

Range de Medição



SUMMARY OF CUSTODY TRANSFER MEASUREMENT

Category:	PD Meter	Coriolis Meter	Conventional Turbine Meter	Helical Turbine Meter	Ultrasonic Meter
Sizes:	< 1" - 16"	< 1/2" - 6"	< 1" - 20"	< 1" - 16"	4" - 20"
Max. Flow (BPH / m ³ /hr):	12,500 / 2,000	4,500 / 715	42,000 / 6,650	28,000 / 4,450	50,000 / 7,930
MTR at $\pm 0.15\%$:	8:1 to 200:1	8:1 to 25:1	10:1	40:1	40:1
Proving Types:	VTP, SVP, CPP	CPP	SVP, CPP	SVP, CPP (w/ pulse interpolation)	CPP (sized to meet sample rate)

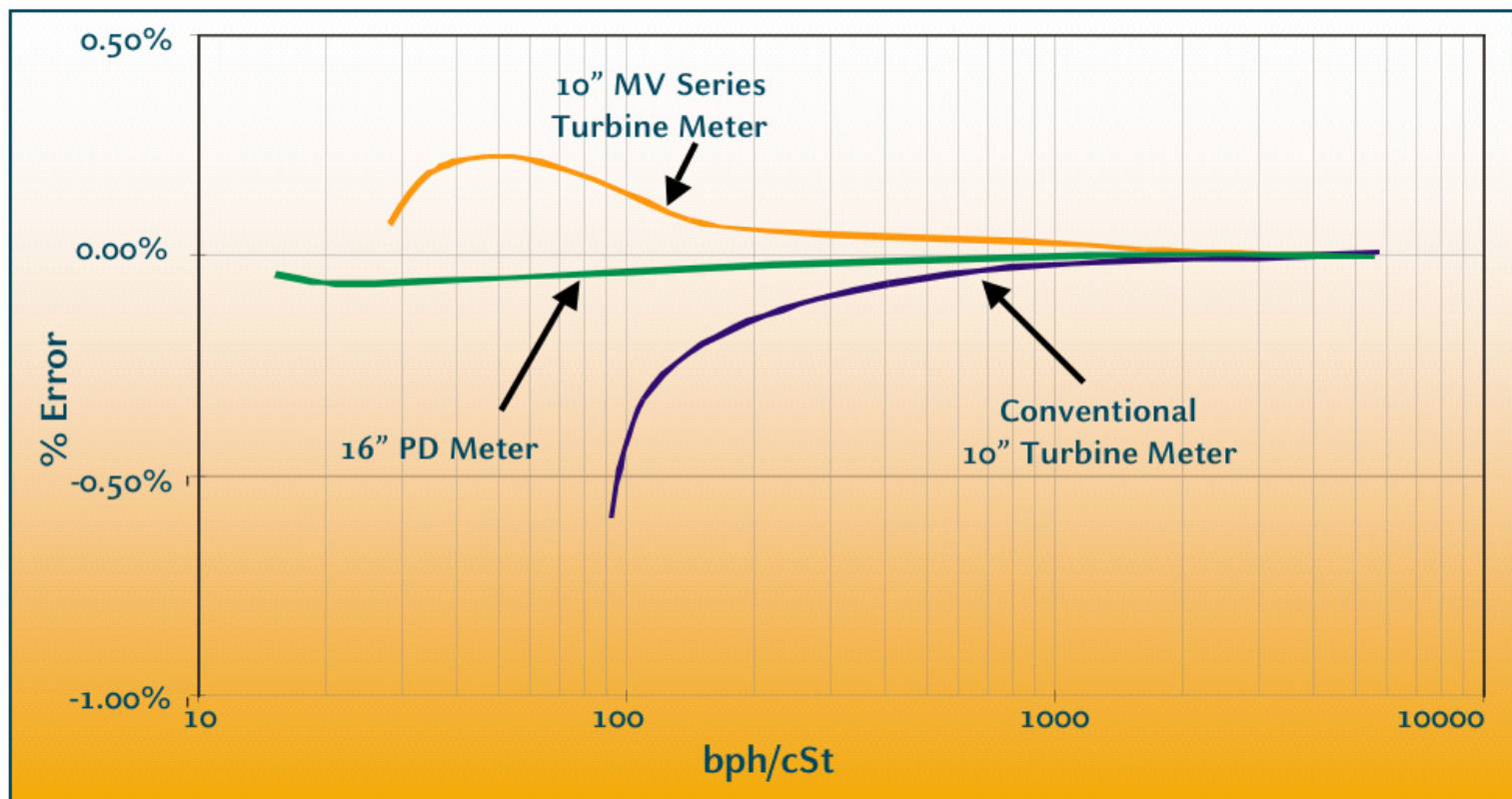
VTP – Volumetric Tank Prover

SVP – Small Volume Prover

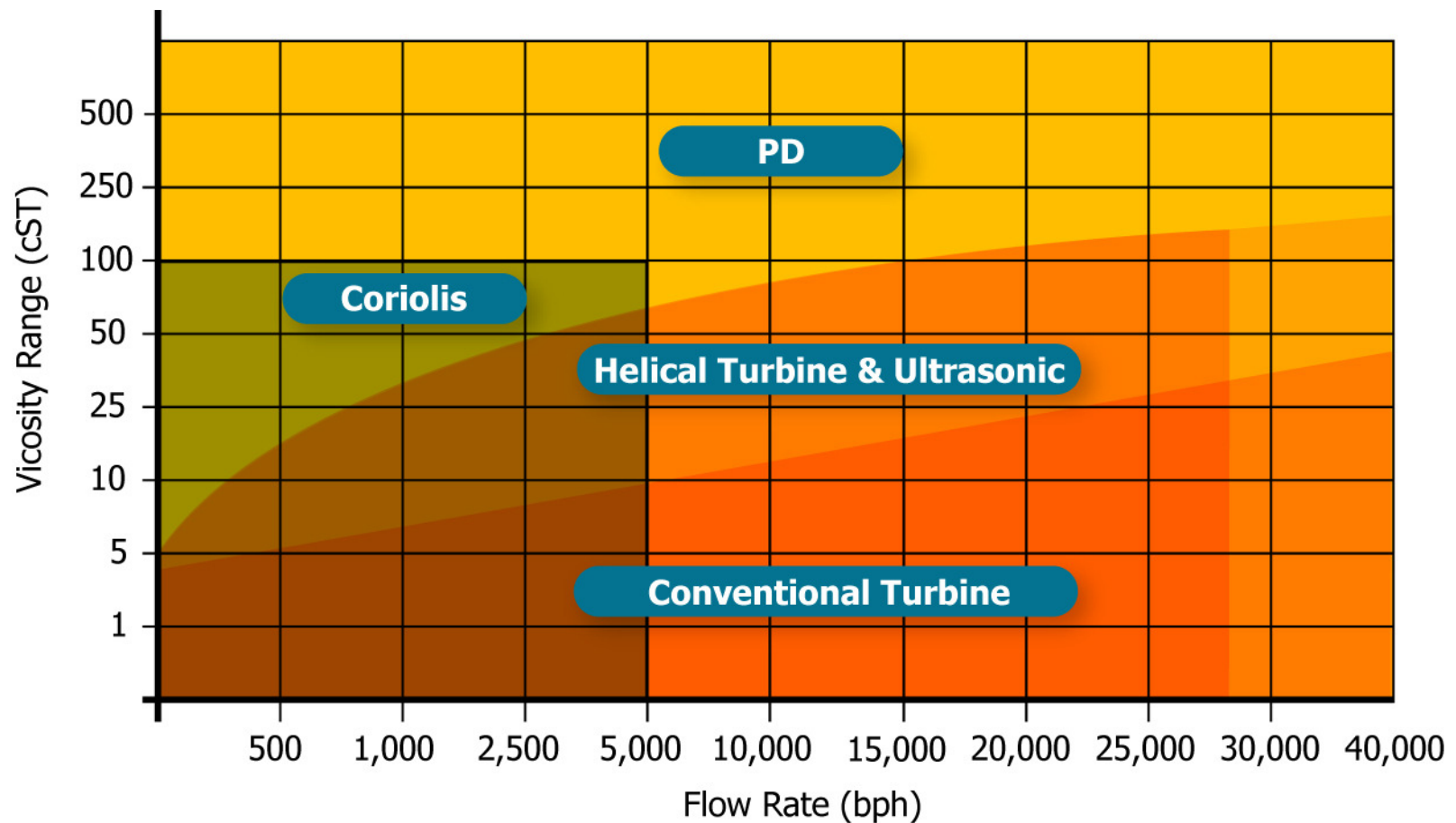
CPP – Conventional Pipe Prover (Uni-di & Bi-di)

Range de Medição

de MV Series, Turbina Convencional, e Medidor DP



Range de Medição



Conclusão

- Não há nenhuma tecnologia que seja melhor para todas as aplicações
- Somente após avaliação adequada de cada aplicação é que pode ser escolhido o melhor tipo de medidor
- A prática correta de medição é a **Melhor Prática de Medição**