



3° Workshop de Medición en  
**Upstream y Downstream**  
de Petróleo y Gas 

**22-23**  
**AGO**



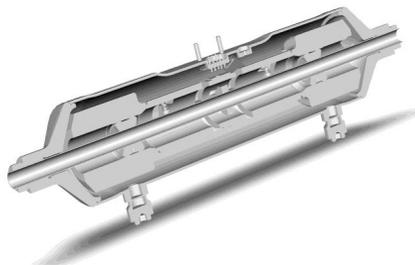
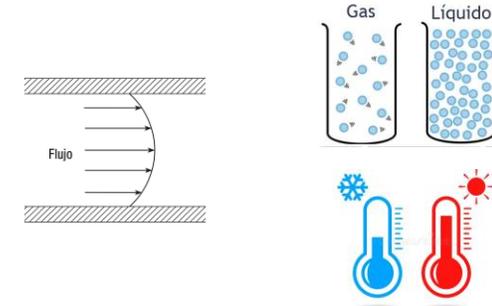
INSTITUTO ARGENTINO  
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

# Coriolis: Medición de viscosidad en línea con incorporación de agentes DRA

Ing. Nahuel Ramos  
Flow Product Manager  
Endress+Hauser

# Resumen

- Desde sus inicios los caudalímetros másicos por efecto Coriolis son capaces de medir de forma independiente el flujo másico y la densidad de los productos, sumando un sensor de temperatura para compensar los efectos de rigidez en los tubos de medición

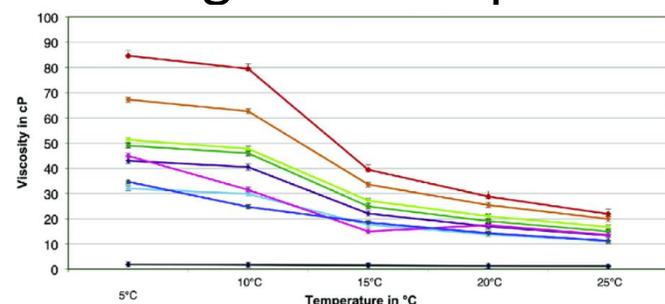


- A lo largo del tiempo han evolucionado su tecnología tanto en el diseño mecánico del sensor cómo en el análisis digital de las señales, siendo capaces de medir la viscosidad de los fluidos.

- La medición de viscosidad en línea brinda ventajas para la realización de provings en aplicaciones de custody transfer, aditivación de polímeros, aplicaciones de blending y estabilización de sistemas con gas entrampado



- El siguiente trabajo se propone analizar **la variación de la viscosidad** en el crudo en base a los cambios de temperatura y el agregado de agentes reductores de arrastre (DRA) en los oleoductos. Comparando valores de compensación para dos métodos de medición bajo condiciones cambiantes





## Medición de Viscosidad

- **Viscosidad dinámica (absoluta)  $\eta$**

- es la resistencia interna del medio a fluir cuando se aplica una fuerza externa.
- Unidades: Poise, cP, Pa s, mPa s
- Método de medición: Viscosímetros rotacionales, *modo torsional*



$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

- **Viscosidad cinemática  $\nu$**

- Define la fricción interna del fluido o la resistencia al flujo bajo la influencia de la gravedad.  
Se puede calcular por la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad:
- Unidades: Stokes, cSt, m<sup>2</sup>/s, mm<sup>2</sup>/s
- Métodos de medición: **Viscosímetros capilares o copas de viscosidad**



*Método Torsión*

+

*Densidad*

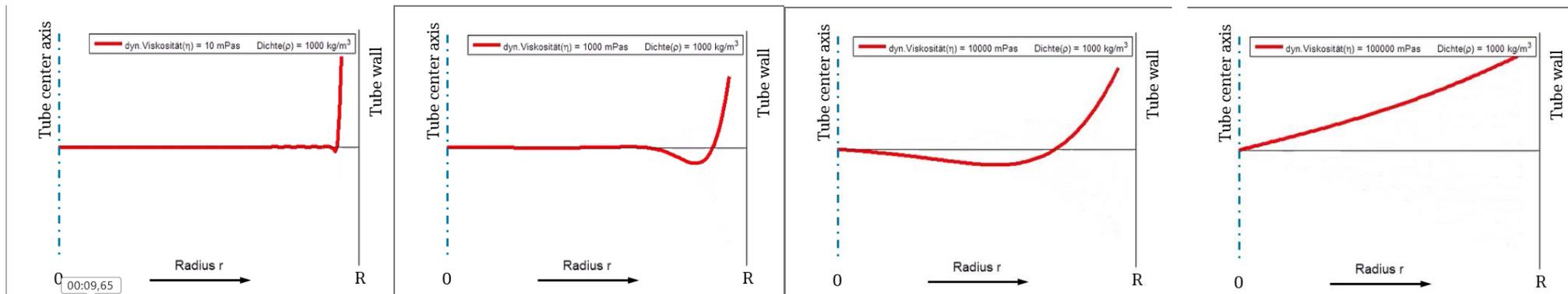
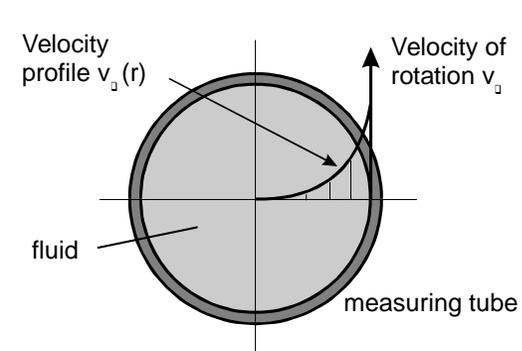
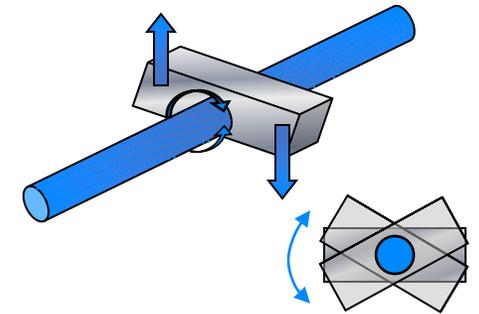
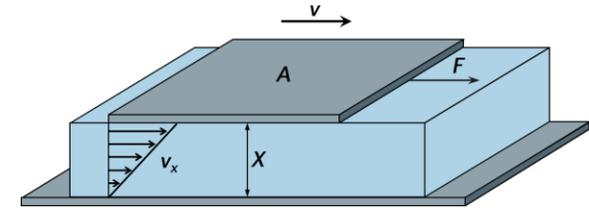
=

*Viscosidad*



## Coriolis: Medición por método de Torsión

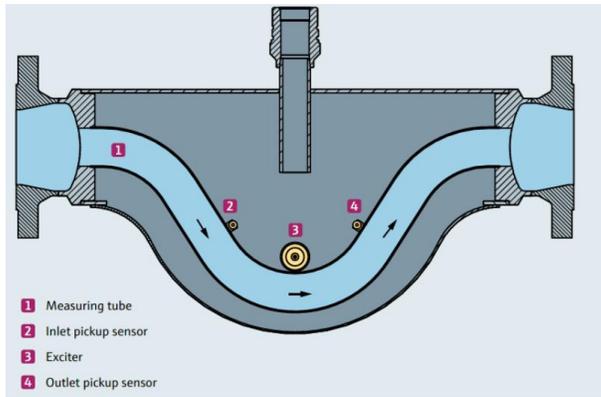
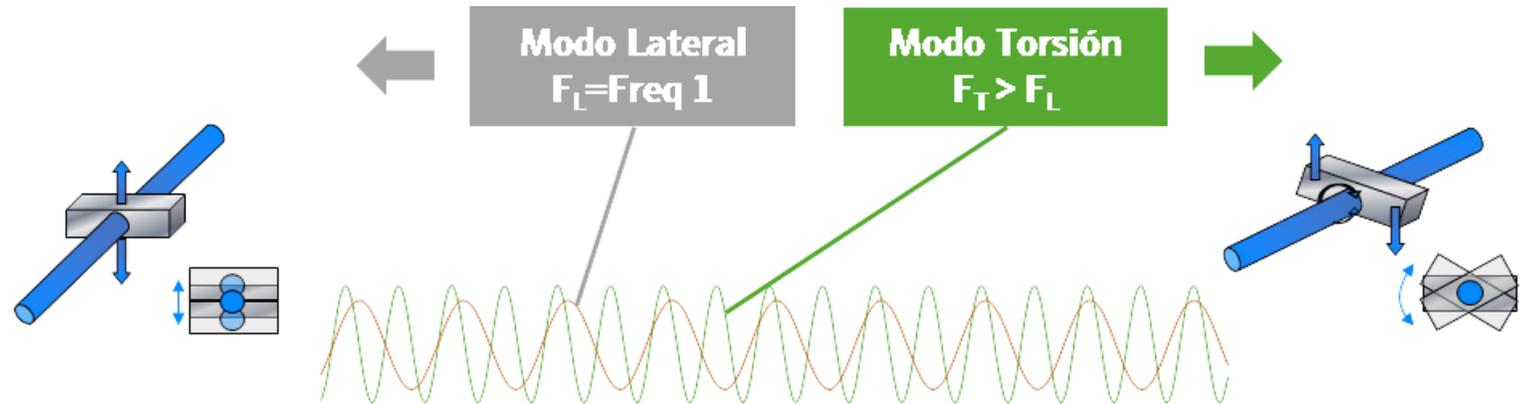
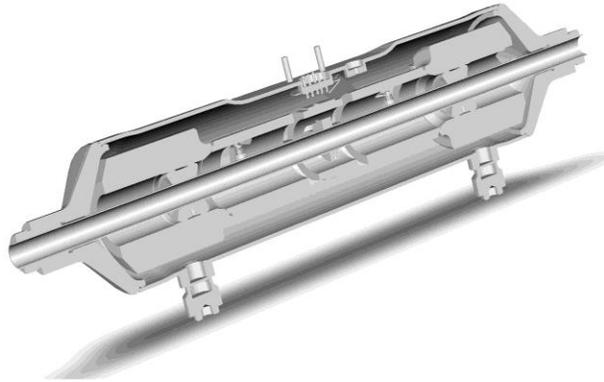
- La oscilación torsional del tubo de medición induce un movimiento al fluido circulante, eso produce un perfil de velocidad variante a lo largo de la sección del tubo.
- La fuerza de cizallamiento (shear rate) en el interior del tubo es función de la velocidad de cizallamiento y la viscosidad.
- Cuanto mayor sea la viscosidad, mayor será la amortiguación de la oscilación torsional  $\gg$  la fuerza de cizallamiento define la potencia motriz necesaria para mantener el movimiento torsional. **Midiendo la corriente de excitación, se puede calcular la viscosidad dinámica**



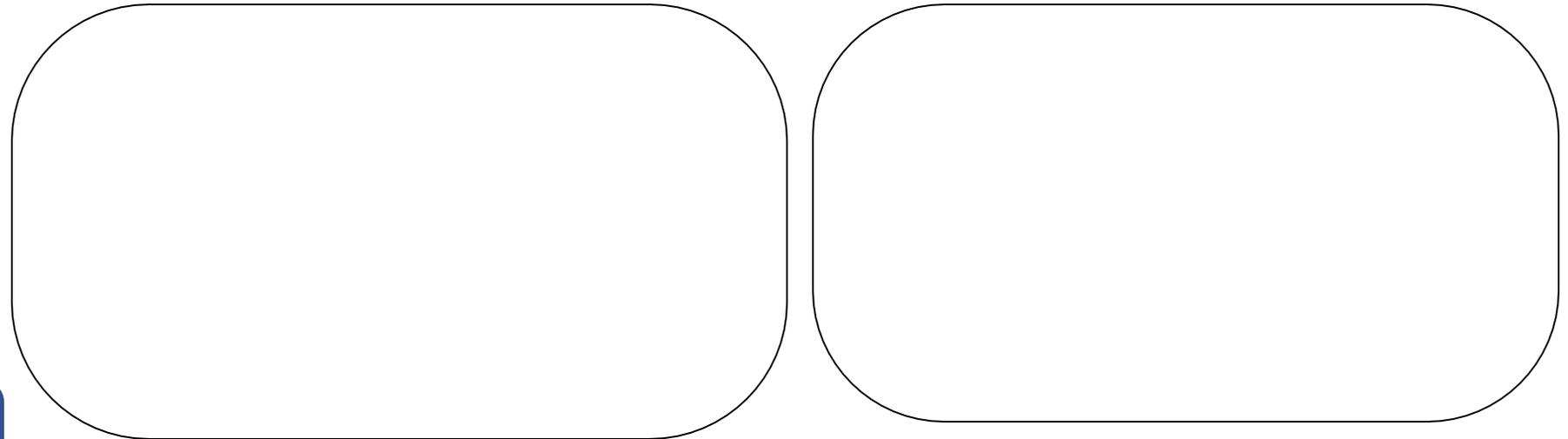


# Coriolis: Comparación sensores

## Coriolis tubo recto



## Coriolis tubos curvos





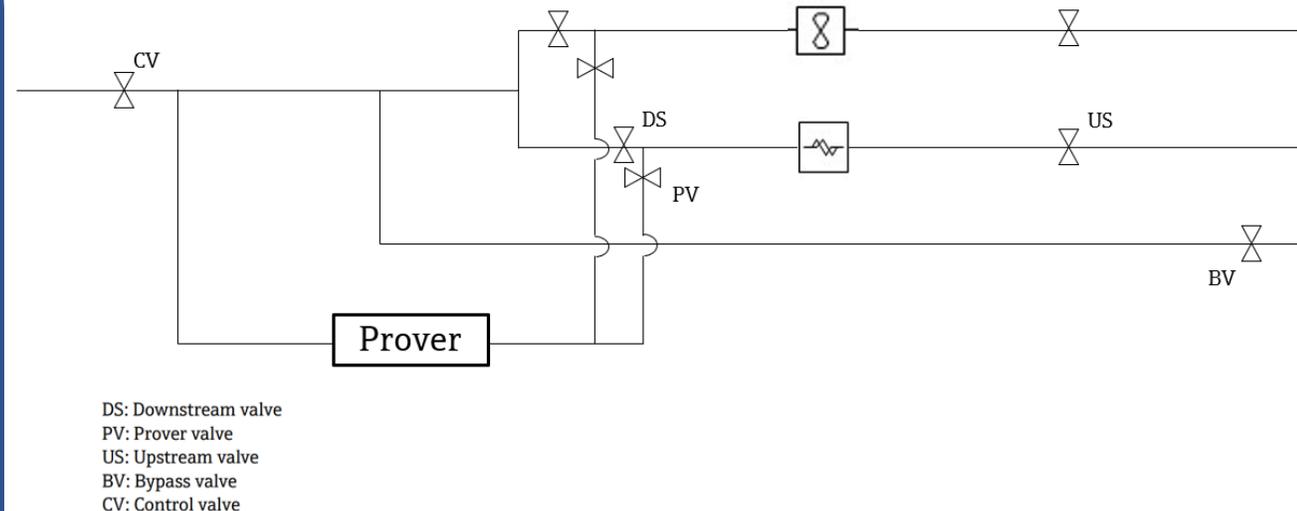
## Prueba en Oleoducto: Sistema

### • Sistema de Custody transfer

- Oleoducto ubicado en la región de Port Fourchon - EEUU
- Medidor de Turbina
- Medidor Másico Coriolis
- Válvulas de cierre
- Válvulas de bypass

### • Pasos de la prueba

- Puesta en marcha de medidor másico
- Prueba de ajuste de Cero
- Testeo de instrumental con probador bidireccional (dos días)
- Testeo durante el lapso de un año



### • Sistema de proving

- Medidor de la firma Wood
- Bidireccional
- Capacidad: 31,3958 BBL



## Prueba en Oleoducto: Verificación del ajuste de cero

Nr.	ZP	Upstream	Downstream
Factory	15.4		
As Found	-5.9		
1	23.3	Closed	Closed
2	21.7	Closed	Closed
3	23	Open	Closed
4	24.5	Open	Closed
5	11.8	Open	Closed
6	30	Open	Closed
7	23.5	Open	Closed
8	22.7	Open	Closed
9	22.8	Open	Closed
10	28.9	Open	Closed
11	27.2	Open	Closed
12	15.6	Open	Closed
13	19.7	Open	Closed
14	22	Open	Closed

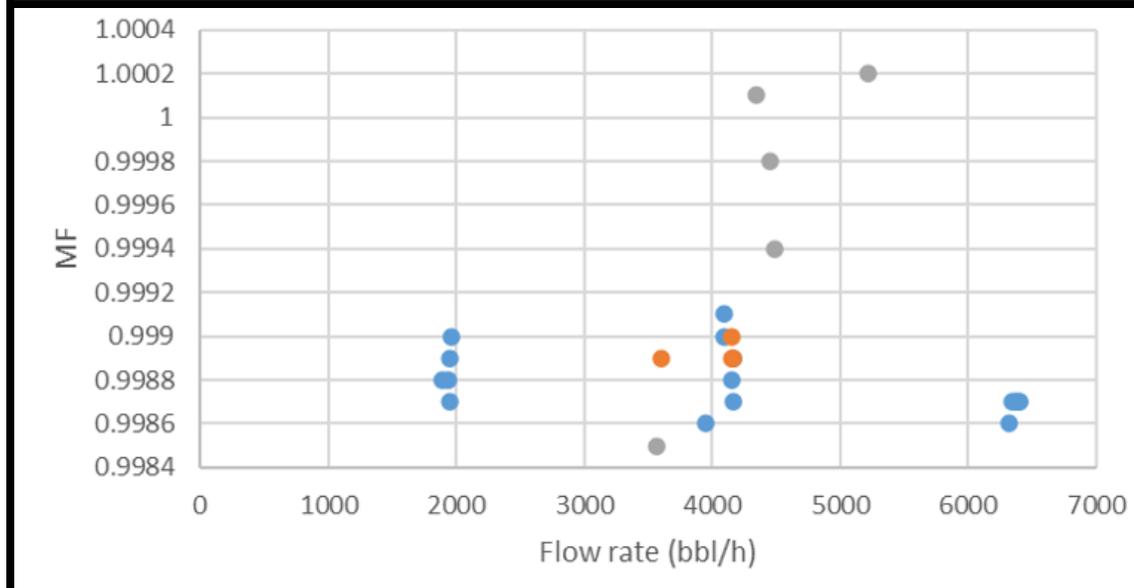
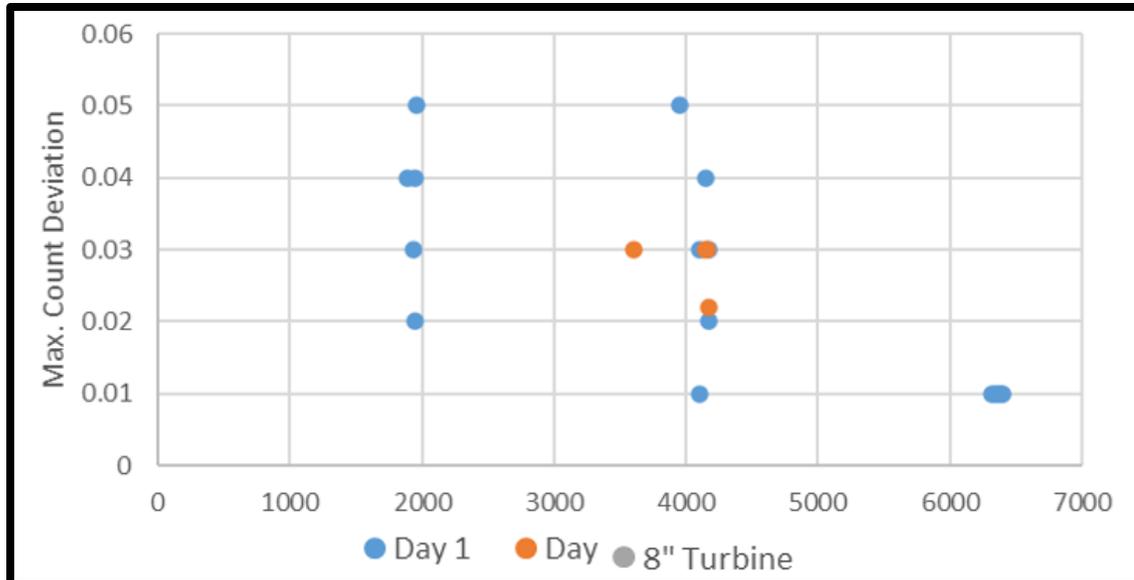
15	19	Closed	Closed
16	20.3	Closed	Closed
17	18.9	Closed	Closed
18	24.6	Open	Closed
19	16.8	Open	Closed
20	22.8	Open	Closed
21	26.7	Open	Closed
22	21.3	Open	Closed
23	21.9	Open	Closed
24	25.1	Open	Closed
25	35.1	Closed	Closed
26	29.5	Closed	Closed
27	13.4	Closed	Closed
28	26.4	Closed	Closed
29	19.4	Closed	Open
30	22	Closed	Open
31	19.3	Closed	Open
32	27	Closed	Open
33	20	Open	Closed

- **Verificación**

En la puesta en marcha del instrumento se verificó el ajuste de cero, por las torsiones que pueda sufrir el medidor en el ajuste final de montaje



## Prueba en Oleoducto: Proving

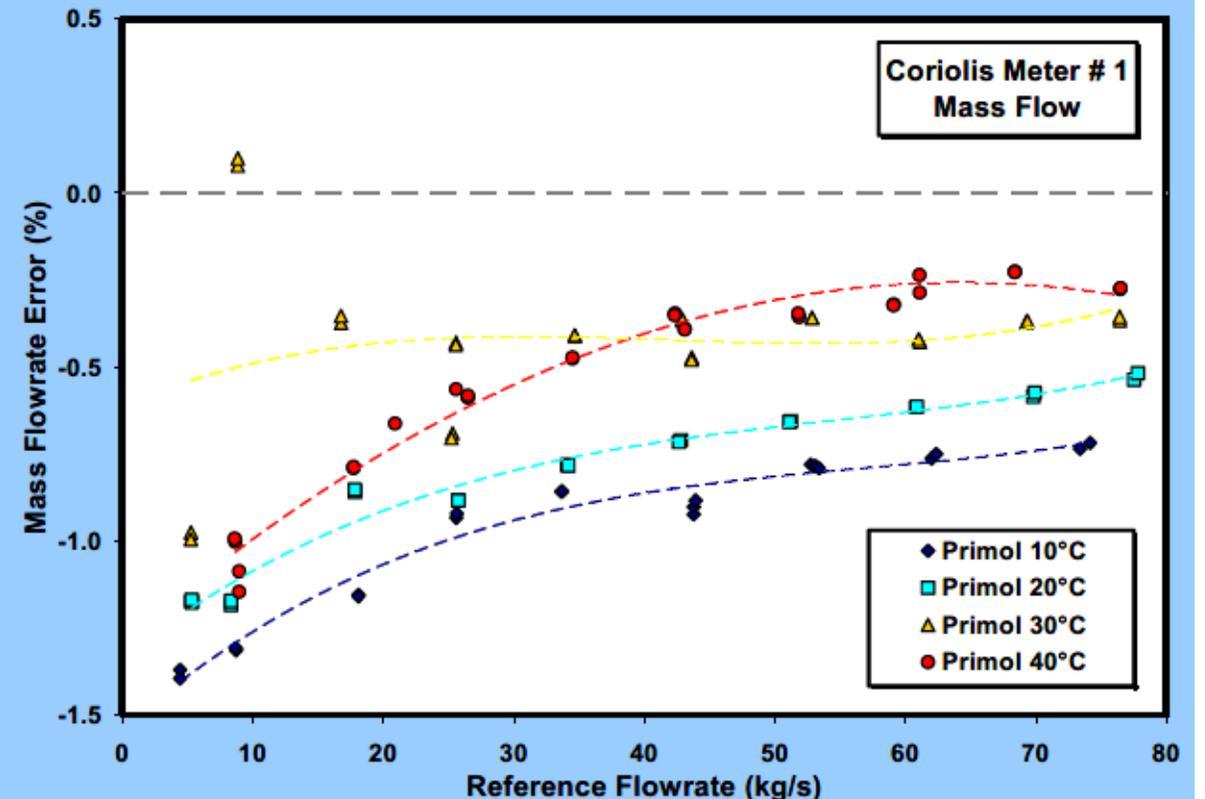
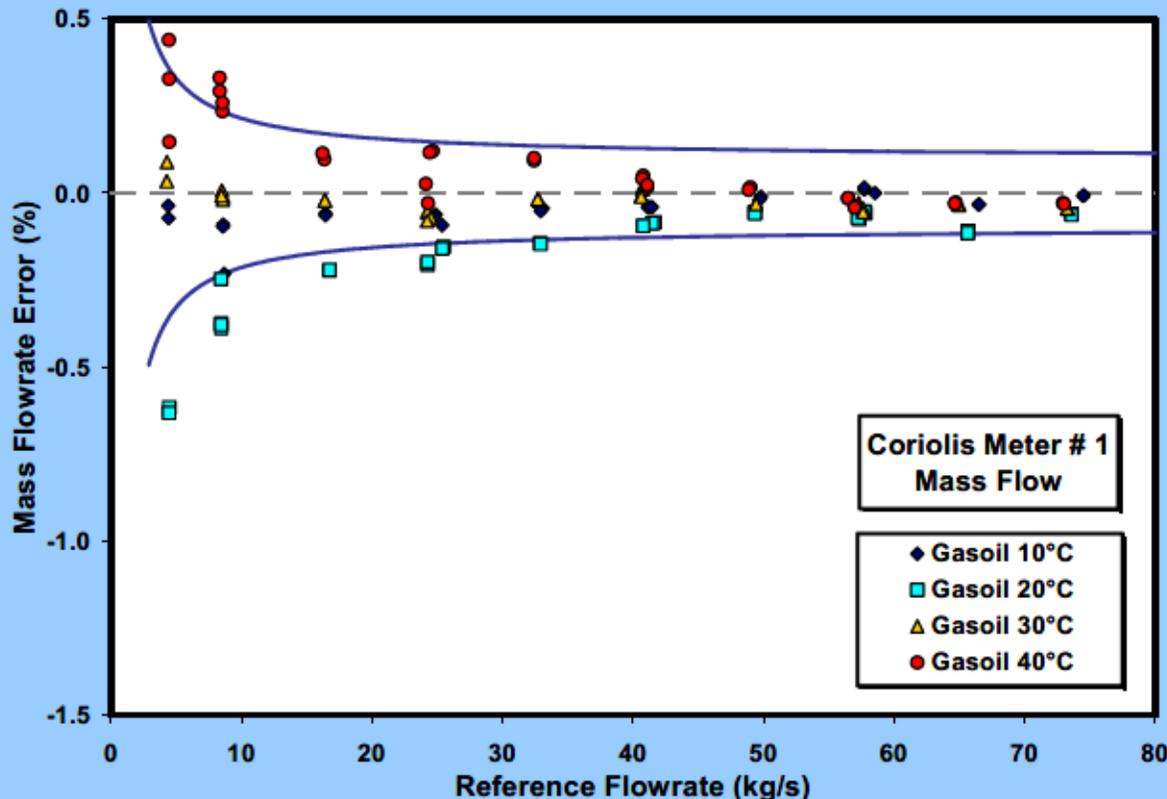


- Proving
  - Se realizan verificaciones de meter factor durante la prueba inicial del instrumento coriolis
  - Durante dos días se realizan pruebas de repetibilidad a diferentes caudales.
  - Se evidencia una repetibilidad dentro de los valores de tolerancia esperados para la prueba
  - En el gráfico inferior se comparan los MF del medidor Coriolis y la turbina



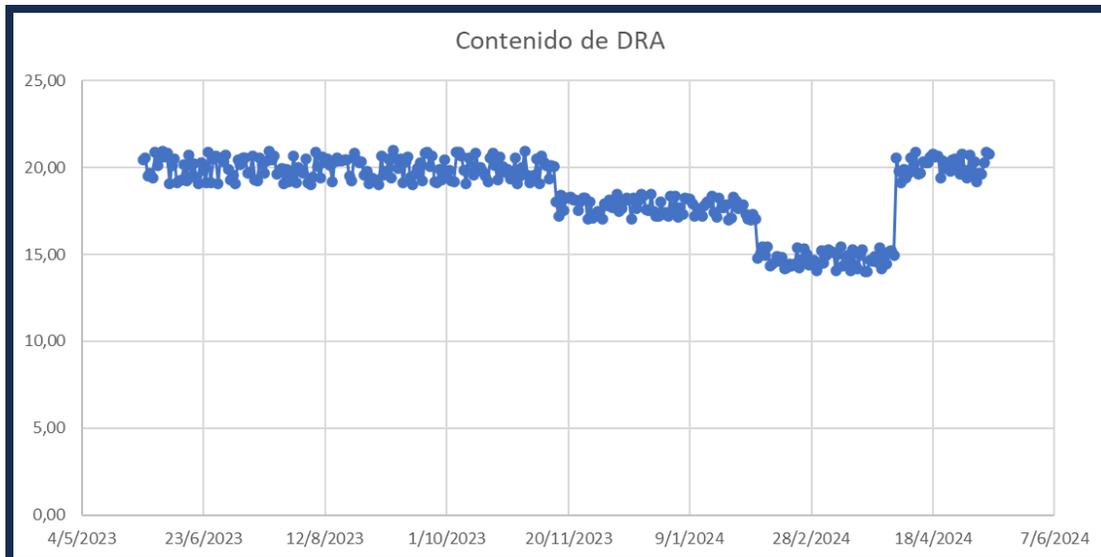
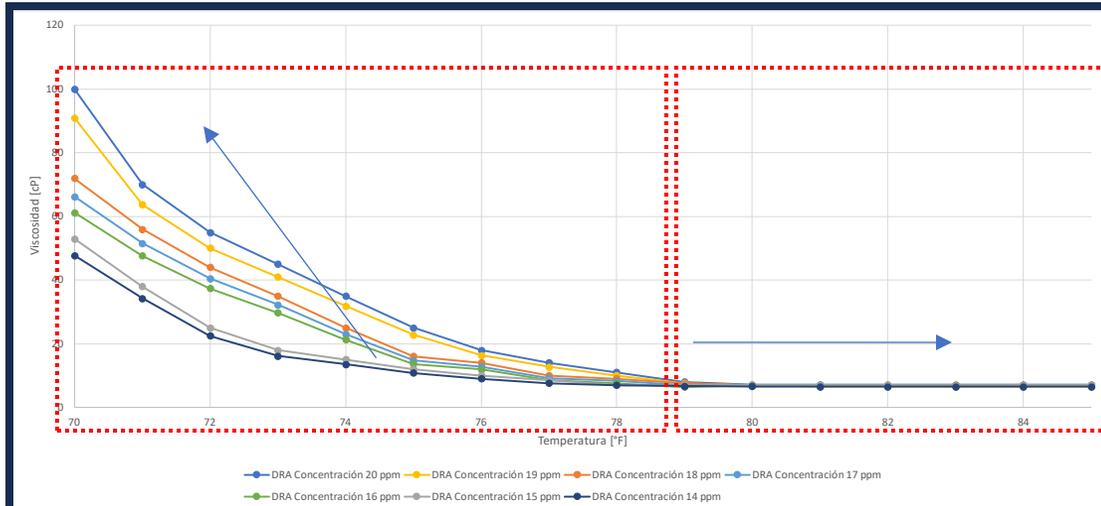
# Coriolis: Corrección de medición por Reynolds

- TUV NEL: Paper 1.4: An Investigation into the Performance of Coriolis and Ultrasonic Meters at Liquid Viscosities up to 300 cSt ([LINK](#))





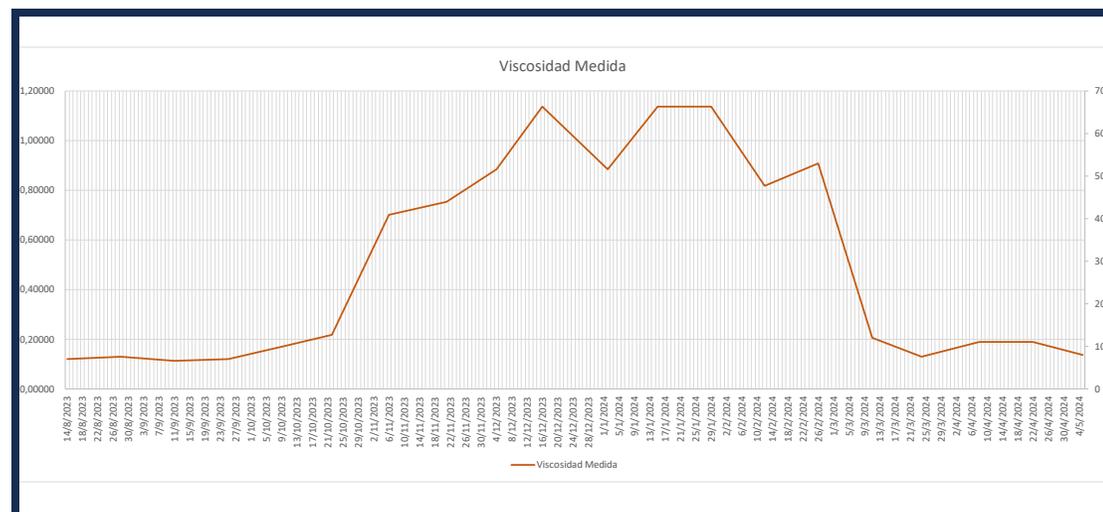
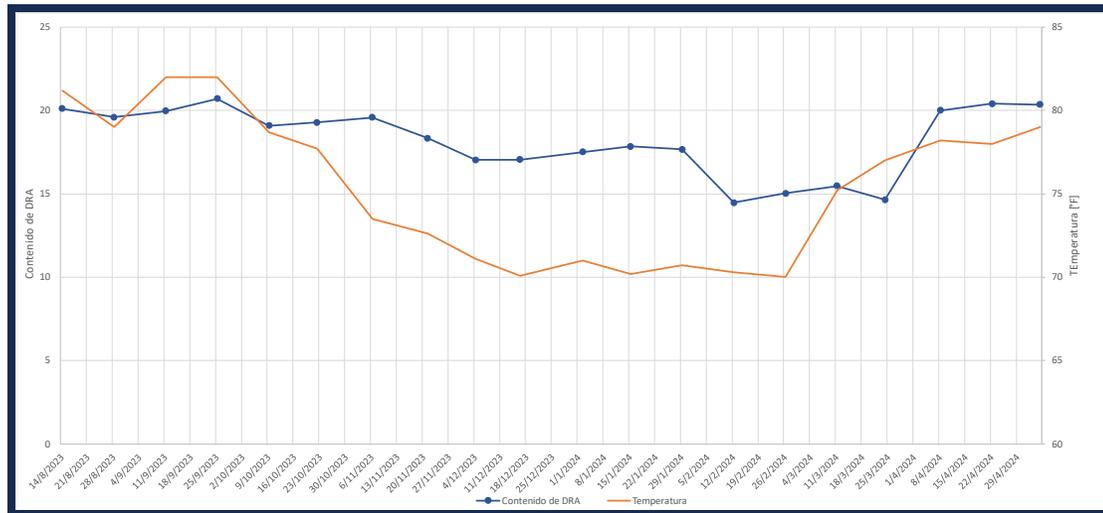
# Prueba en Oleoducto: Agregado de DRA



- **Agregado de DRA**
- Valores esperados de Viscosidad en base al contenido de DRA y la temperatura del fluido:
  - $T > 80$  °F Viscosidad tiende a valor estable
  - $T < 80$  °F Viscosidad depende del contenido de DRA y la temperatura
- Agregado histórico de DRA durante el lapso de la prueba



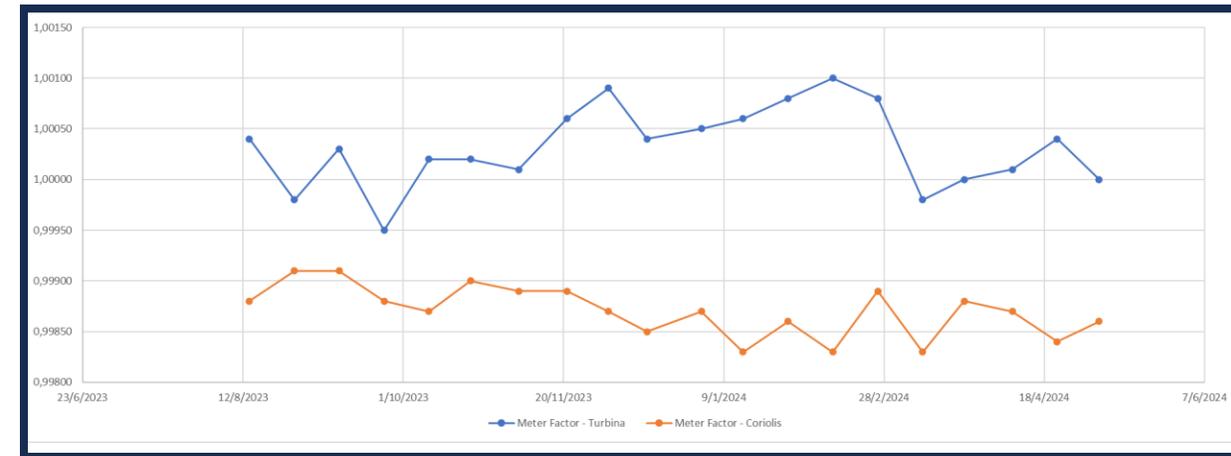
# Prueba en Oleoducto: Agregado de DRA



- **Cambios en la medición de viscosidad**
  - Se toman los datos de Temperatura, Viscosidad y meter factor para cada prueba
  - Los cambios de Temperatura y agregado de DRA durante el lapso producen un cambio de viscosidad en el producto
  - Para temperaturas menores a 80 °F este cambio es relevante



# Prueba en Oleoducto: Evaluación de Meter Factor



- Evaluación de Meter-factors obtenidos para la turbina y el medidor Coriolis



## Prueba en Oleoducto: Viscosidad

- **Resumen de los datos obtenidos**
- Los cambios de viscosidad indican un posible desvío en las mediciones, que puede ser provocado por un cambio en la temperatura del proceso o en la aditivación de DRA. Brindando un parámetro en tiempo real para evaluar la necesidad de realizar un proving del medidor mecánico
- El caudalímetro Coriolis utiliza la viscosidad en línea para realizar correcciones internas de manera de compensar los efectos, permitiendo una menor dispersión en los valores de meter factor relevados en la prueba.





## Otras aplicaciones

- **Aditivación de polímeros**
  - En la recuperación terciaria se aditivan polímeros para mejorar la recuperación de los hidrocarburos, la viscosidad es un parámetro fundamental para evaluar la calidad de los productos
- **Despacho de productos cambiantes con la temperatura**
  - En cargaderos de diesel el producto cambia con las condiciones ambientales a lo largo del año, modificando su densidad y viscosidad
- **Blending**
  - Aplicaciones de mezcla de combustibles o aditivación de químicos, un método para evaluar en línea la calidad
- **Gas entrampado**
  - Evaluación de los índices de gas en base a la viscosidad del producto



3° Workshop de Medición en  
**Upstream y Downstream**  
de Petróleo y Gas 



¡Muchas gracias!