



Consultoría
Asesoría
Auditoría
Formación

Viscosidad



Bioq. Roberto Núñez



+595 981 862345



www.weconsultores.com.py

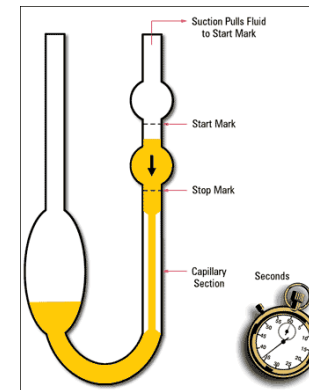
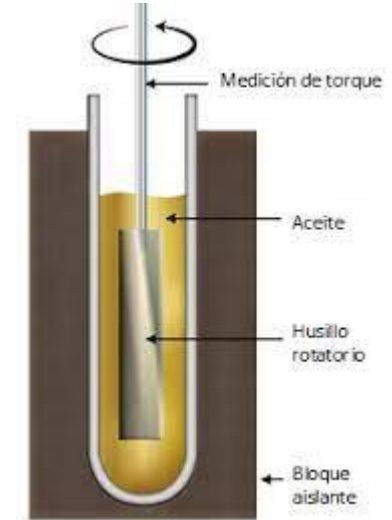


asistencia@weconsultores.com.py

Definiciones

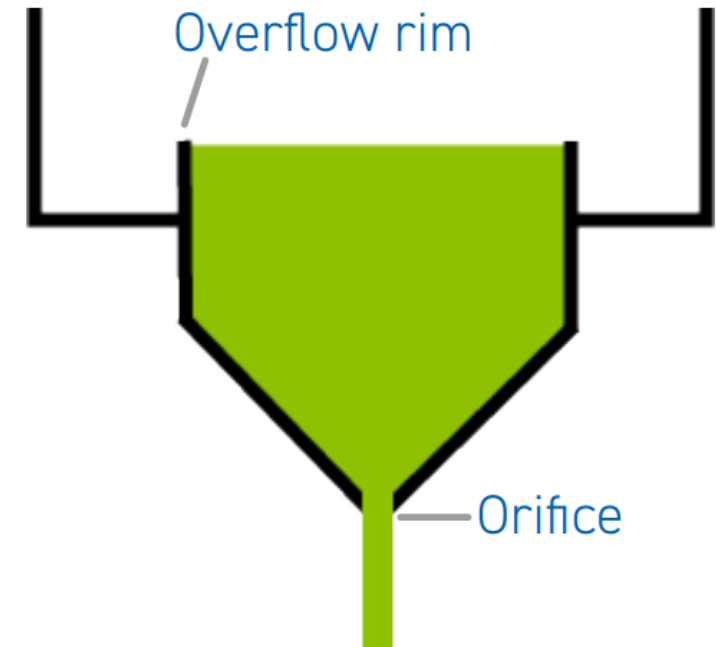
- **Viscosidad dinámica (η):** Es la resistencia al flujo o a la deformación de un líquido bajo fuerzas de corte externas. (Pa.s, cP).
- **Viscosidad cinemática (ν):** Resistencia al flujo bajo gravedad. (mm²/s, cSt). la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad de un líquido.

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

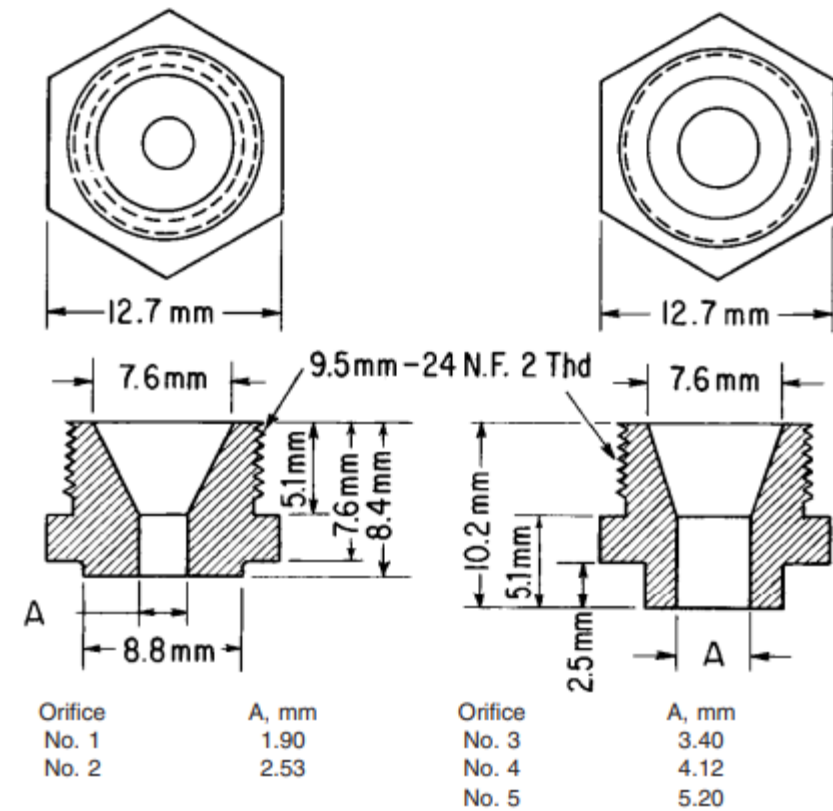
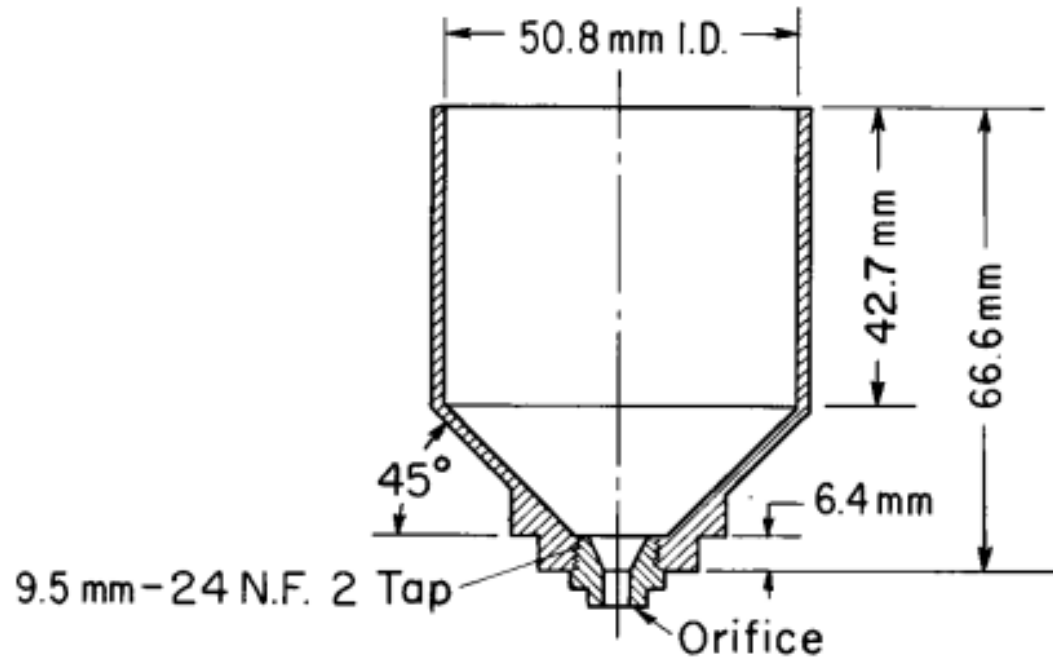


Viscosidad cinemática – Copa Ford

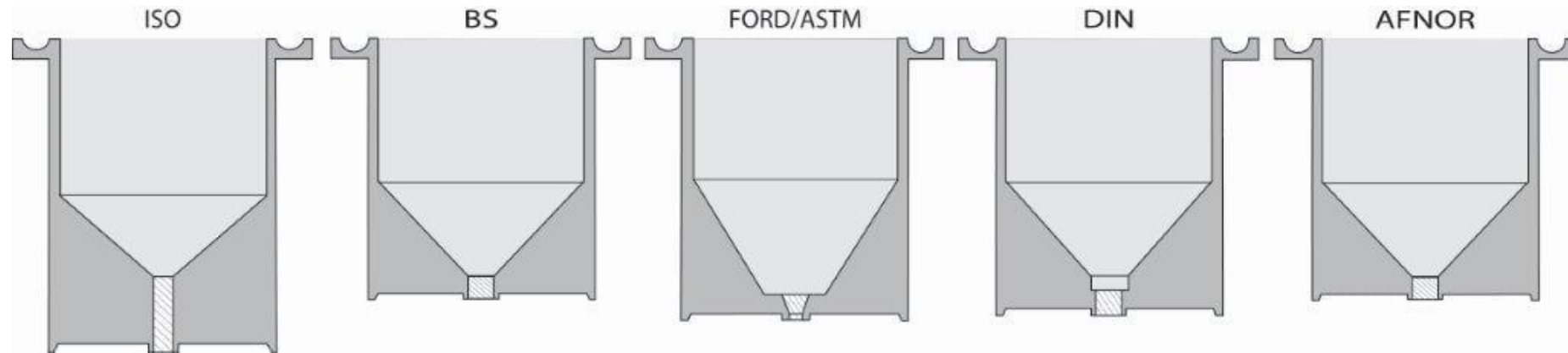
- La copa se apoya en un soporte y se llena con el líquido a medir.
- Se mide el tiempo que tarda el líquido en drenar a través de un orificio en el fondo de la copa.
- Se expresa generalmente en segundos (s) tiempo de flujo, que puede convertirse en Centistokes (cSt).



Viscosidad cinemática – Copa Ford



Viscosidad cinemática – Copa Ford



Details/Ford cup	Ford Cup (2#)	Ford Cup (3#)	Ford Cup (4#)	Ford Cup (5#)
Internal Vertical Height	43±0.1mm	43±0.1mm	43±0.1mm	43±0.1mm
Internal Orifice ϕ (mm)	2.53 mm	3.4 mm	4.1 mm	5.2 mm
External Orifice ϕ (mm)	5.0±0.5mm	5.5±0.5mm	6.0±0.5mm	7.6±0.5mm
Centistokes Range	25-120	49-220	70-370	215-1413
Efflux Time (sec) ±0.2	40-100	25-105	20-105	20-105

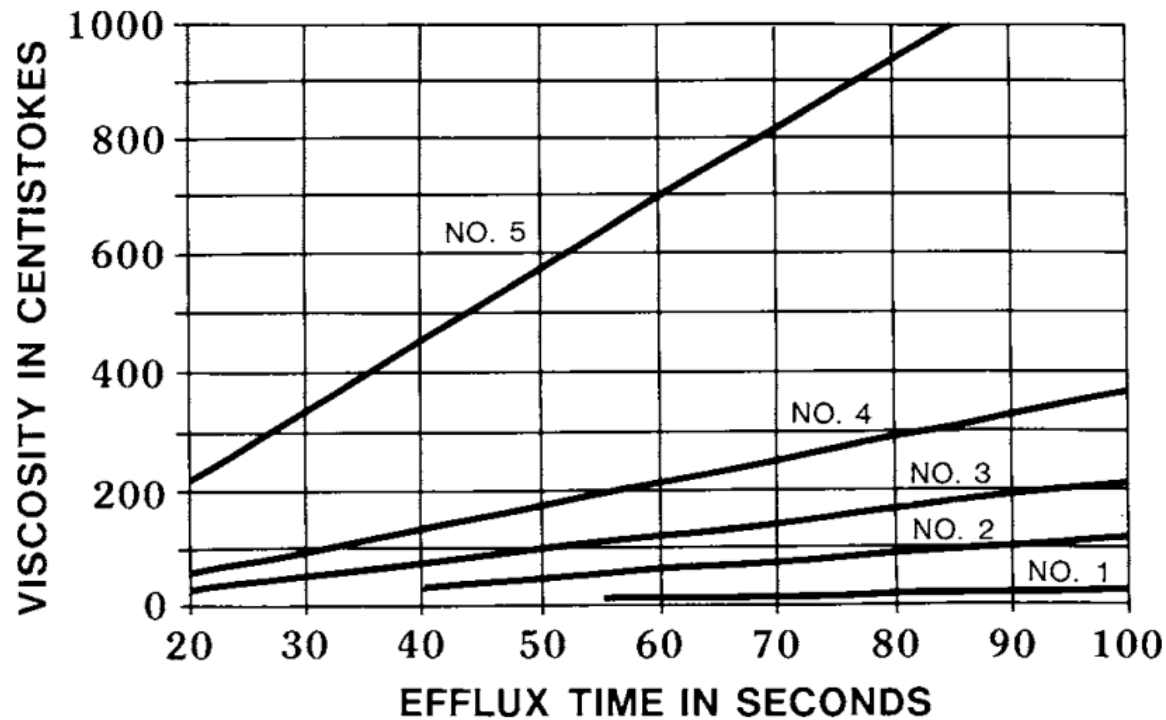


Viscosidad cinemática – Copa Ford

Equations and ranges of viscosity flow cups at 25 °C

Cup number	Equation† where t=flow time in seconds n=kinematic viscosity in mm ² /s	Drain time (sec)		Approximate kinematic viscosity (cSt)	
		min	max	min	max
Ford Cup (see ASTM D1200)					
1	n = 0.49 (t–35.0)	55	100	10	35
2	n = 1.44 (t–18.0)	40	100	25	120
3	n = 2.31 (t–6.58)	20	100	49	220
4	n = 3.85 (t–4.49)	20	100	70	370
5	n = 12.1 (t–2.00)	20	100	200	1200

Viscosidad cinemática – Copa Ford



Cup Number	Approximate Cup Viscosity Range, cSt	Standard Oil Designation	Approximate Designated Viscosity at 77°F (25°C), cSt ^A
1	10 to 35	S-10	20
2	25 to 120	S-20	35
3	49 to 220	S-60	120
4	70 to 370	S-60	120
5	200 to 1200	S-200	460

Puntos críticos – Copa Ford

- **Homogeneidad y burbujas:** la muestra debe estar visiblemente homogénea y libre de material extraño y burbujas de aire.
- **En caso de presencia de burbujas:**
 - Desgasifica: reposo, vacío suave o sonicación
 - Filtrar evitando cambiar la composición
- **Acondicionamiento estándar:** llevar el material a una temperatura apenas menor a la deseada, agitar vigorosamente 10 min y luego dejar reposar 10 min antes de medir.
- **Temperatura:** medir a 25 °C o la temperatura acordada, y minimizar la deriva. Registrar la temperatura del fluido en el chorro de flujo.

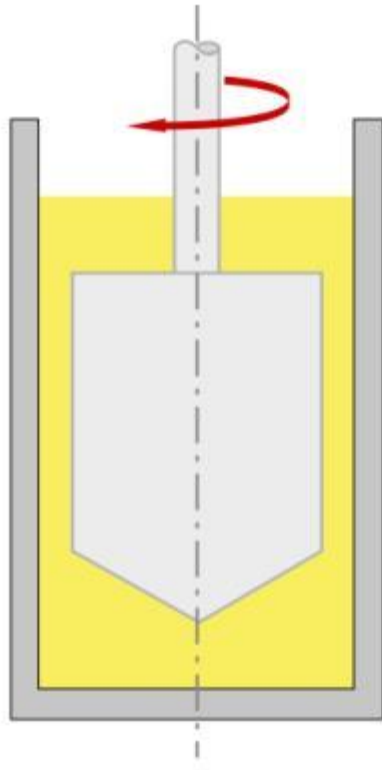
Puntos críticos – Copa Ford

- **Selección de copas:** el tiempo de eflujo debe quedar típicamente entre 20 y 100 s.
- **Nivelación:** la copa debe quedar nivelada para poder llenarla “a ras” sin menisco ni derrame lateral.
- **Verificación:** las copas deben verificarse con estándares de viscosidad. Si la copa varía más de 10% del estándar, no debe usarse.
- **Orificio:** el orificio se desgasta con uso/limpieza; pequeñas variaciones de diámetro impactan el resultado. Si está fuera de tolerancia, reemplazar orificio y verificar.

Puntos críticos – Copa Ford

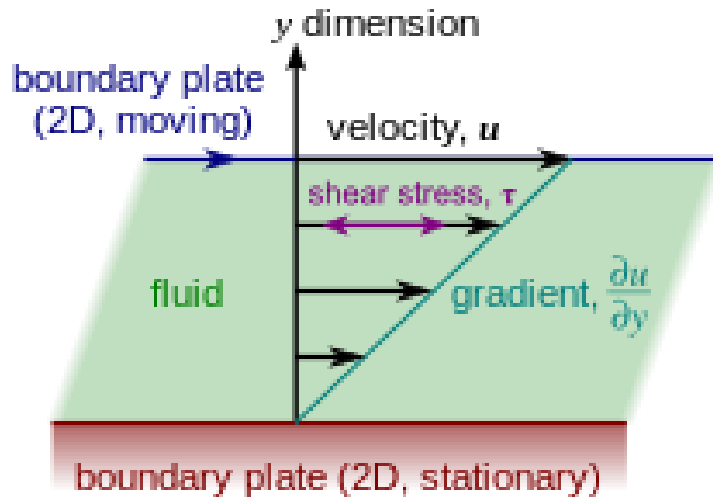
- **Ejecución del ensayo.**
 - Cerrar bien el orificio para evitar fugas antes de iniciar.
 - Llenado correcto: sobrellenar y enrasar con regla/espátula recta (sin dejar menisco)
 - Inicio y fin del cronometraje:
 - Iniciar al retirar el tapón (simultáneo)
 - Detener el tiempo en la primera ruptura del chorro
- Resolución del tiempo: usar cronómetro con discriminación de 0,2 s o mejor

Viscosidad dinámica – Rotacional



Se basa en la medición de la resistencia al movimiento (cizallamiento) que ofrece un fluido cuando es sometido a una rotación controlada de un elemento geométrico (husillo, cilindro, cono o plato) inmerso en la muestra

Viscosidad dinámica – Rotacional



1. Generación de cizalla

Un motor hace girar el elemento de medición a una velocidad angular conocida (rpm).

Al rotar, el elemento induce una tensión de cizalla en el fluido debido al rozamiento interno entre las capas del líquido.

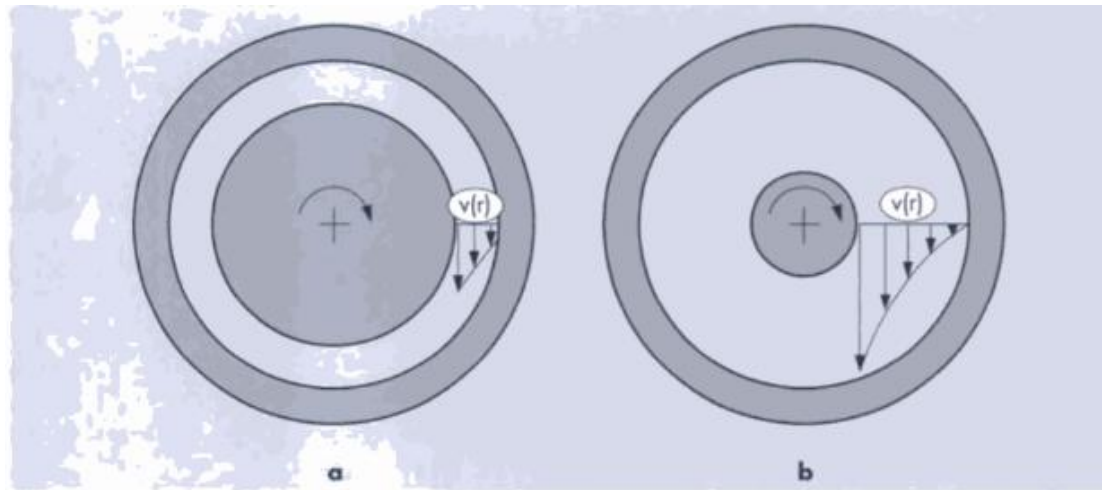
Viscosidad dinámica – Rotacional

2. Respuesta del fluido:

El fluido se opone al movimiento rotacional generando un par resistente (torque).

Este par es proporcional a la viscosidad del fluido y depende de:

- La velocidad de rotación (tasa de cizalla),
- La geometría del sistema de medición,
- La temperatura del fluido.



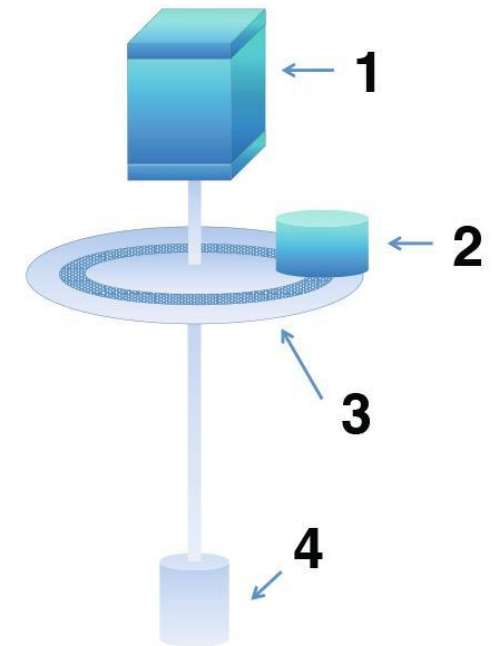
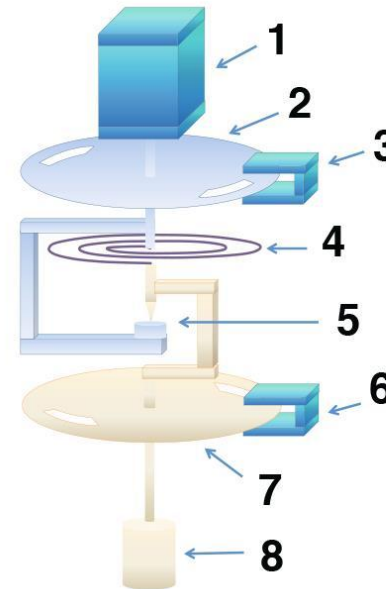
Viscosidad dinámica – Rotacional

3. Medición del torque

El instrumento mide el torque necesario para mantener la rotación constante.

El torque se detecta mediante:

- Resortes calibrados,
- Sensores electrónicos,
- Sistemas electromagnéticos de alta precisión.



Viscosidad dinámica – Rotacional

4. Cálculo de la viscosidad

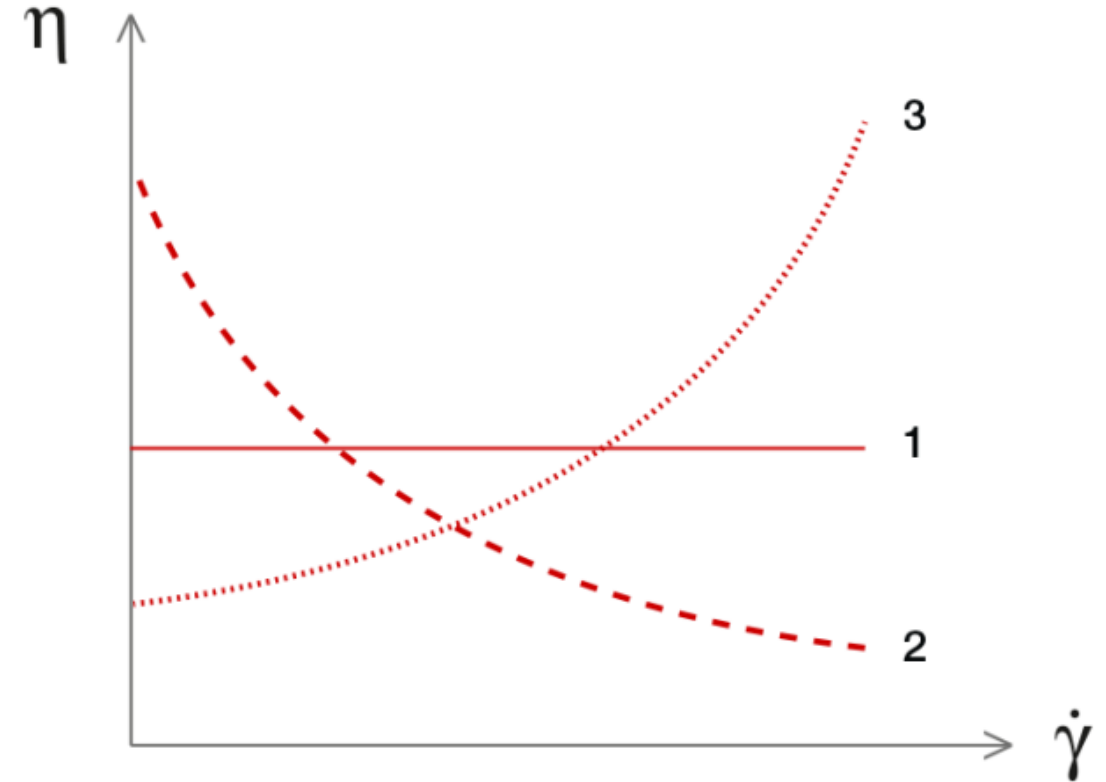
A partir del torque medido y la velocidad angular aplicada, el equipo calcula la viscosidad aparente del fluido.

Matemáticamente:

$$\text{Viscosidad } (\eta) = \text{Tensión de cizalla } (\tau) / \text{Tasa de cizalla } (\dot{\gamma})$$

Comportamiento reológico de fluidos

- **Fluidos newtonianos:** la viscosidad es constante e independiente de la velocidad de cizalla.
- **Fluidos no newtonianos:**
 - Pseudoplásticos: la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad.
 - Dilatantes: la viscosidad aumenta con la velocidad.
 - Tixotrópicos: la viscosidad disminuye con el tiempo bajo cizalla constante.



Factores que afectan a la medición de viscosidad rotacional

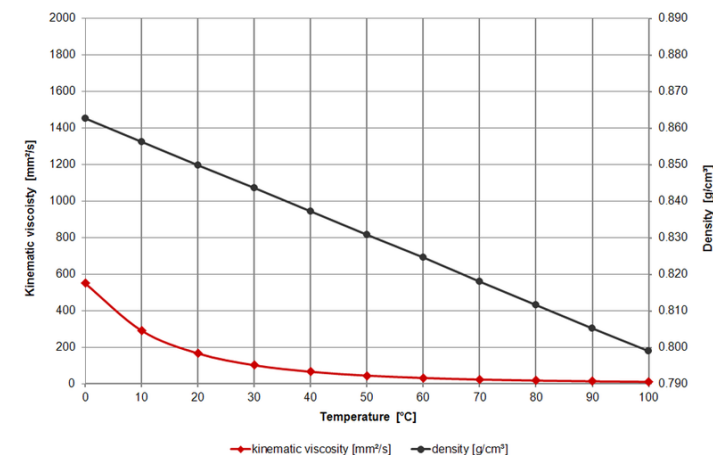
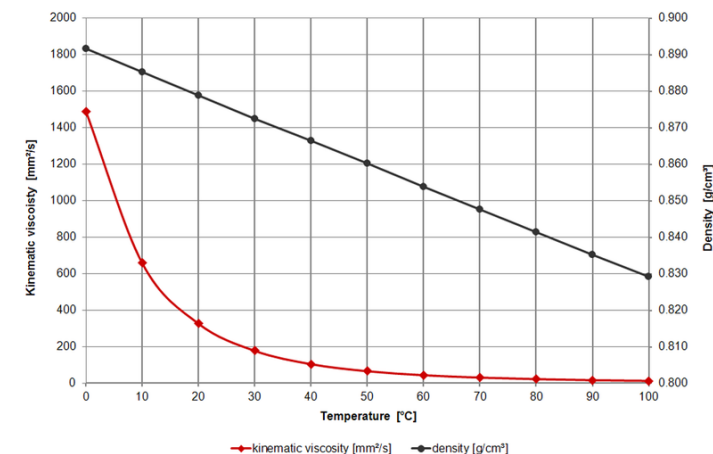
1. Temperatura de la muestra (factor más crítico)

La viscosidad es altamente dependiente de la temperatura.

Variaciones pequeñas ($\pm 0,1-0,2$ °C) pueden producir cambios significativos en el resultado.

Requisitos clave:

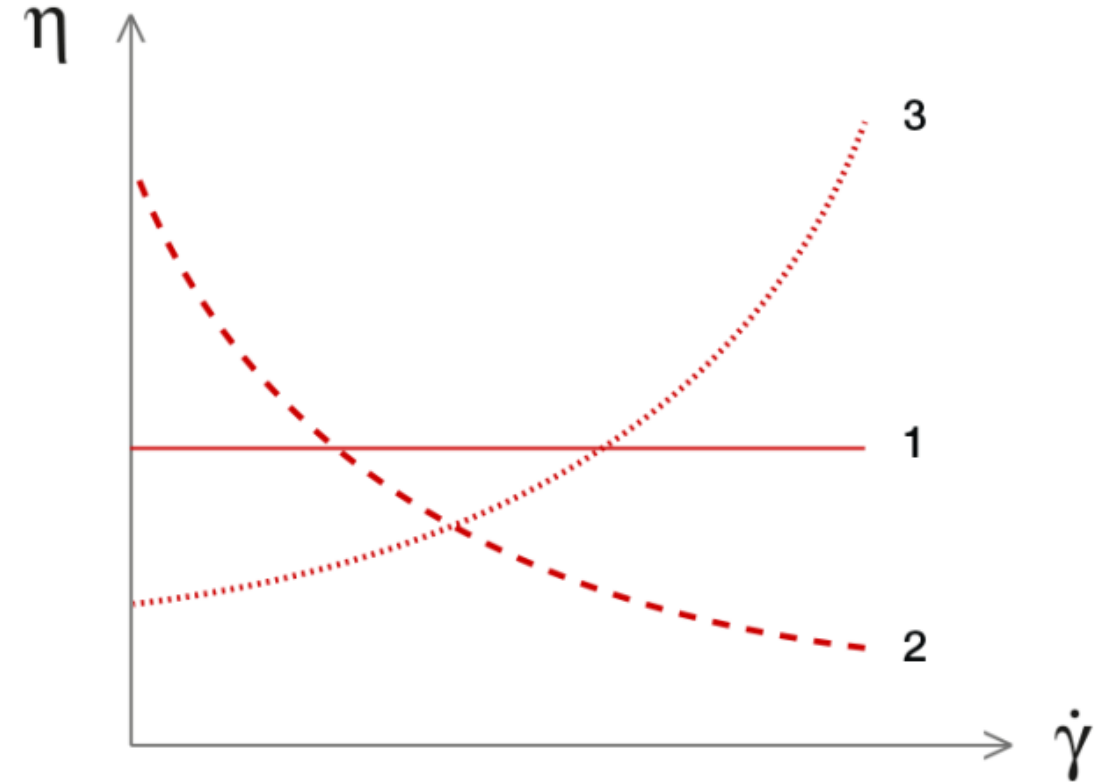
- Control y estabilidad térmica durante toda la medición.
- Medición de temperatura en la muestra, no solo en el ambiente.
- Tiempo suficiente de equilibrio térmico antes de medir.



Comportamiento reológico de fluidos

2. Velocidad de rotación / tasa de cizalla

- En fluidos no newtonianos, la viscosidad depende directamente de la tasa de cizalla aplicada.
- Cambios en rpm generan resultados distintos:
 - Definir rpm específicas en el método.
 - Mantener una historia de cizalla reproducible.



Comportamiento reológico de fluidos

3. Tipo y geometría del husillo (spindle)

- La geometría determina el campo de cizalla y el rango de medición.
- Husillos diferentes no son comparables entre sí.
- Factores asociados:
 - Diámetro y longitud del husillo.
 - Distancia a las paredes del recipiente.
 - Condición superficial (limpieza, desgaste).



Comportamiento reológico de fluidos

4. Nivel de torque (% de escala)

Los equipos tienen un rango óptimo de trabajo (típicamente 10–90 % del torque máximo)

- Torque muy bajo:
 - Mayor incertidumbre.
 - Sensibilidad a vibraciones.
- Torque muy alto:
 - Riesgo de sobrecarga.
 - Distorsión del flujo.

Comportamiento reológico de fluidos

5. Presencia de burbujas de aire

- Las burbujas reducen artificialmente el torque medido.
- Consecuencias:
 - Subestimación de la viscosidad.
- Prevención:
 - Agitación controlada.
 - Desgasificación previa.
 - Inserción lenta del husillo.

Comportamiento reológico de fluidos

6. Alineación y vibraciones del equipo

- Desalineaciones del eje o vibraciones externas generan errores de torque.
- El equipo debe estar:
 - Nivelado.
 - Sobre una superficie estable.
 - Alejado de equipos vibratorios.

Análisis de muestras – Densímetro rotacional

Condiciones analíticas

Modo	Parámetro	Condiciones
Automático	Modo de medición	TruMode (AM) – automatic speed search
	Velocidad de cizallamiento	Se ajusta aumentativamente hasta alcanzar un torque de 80 % durante la medición.
	Tiempo objetivo	1 minuto

Análisis de muestras – Densímetro rotacional

Selección de husillos

Husillo (Spindle)	Viscosidad mínima, cP	Viscosidad máxima, cP
L1	15	20.000
L2	50	100.000
L3	200	400.000
L4	1.000	2.000.000

Análisis de muestras – Densímetro rotacional

Factor de husillos

- Materiales de referencia certificados
- Ajuste de imperfecciones o cambios en el sistema de medición
- Verificación periódica
- Realizado por personal calificado



**MUCHAS
GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN**



+595 981 862345



www.weconsultores.com.py



asistencia@weconsultores.com.py



worldwide
excellence
consulting