

# REÓMETRO DE CORTE DINÁMICO (DSR) **MÓDULO COMPLEJO DE CORTE, $G^*$ , Y ÁNGULO DE FASE, $\delta$**

**EN 14770: Betunes y ligantes bituminosos.  
Determinación del módulo complejo de corte  
y del ángulo de fase usando un reómetro de corte  
dinámico (Dynamic Shear Rheometer (DSR)).**

## Resumen

El ensayo se utiliza para determinar el módulo complejo de corte,  $G^*$ , y el ángulo de fase,  $\delta$ , de betunes y ligantes bituminosos sometidos a una tensión oscilatoria a diferentes temperaturas.

El ensayo determina las características reológicas de betunes y ligantes bituminosos utilizando un Reómetro de Corte Dinámico (DSR) a unas temperaturas y frecuencias definidas.

El módulo complejo de corte,  $G^*$ , y el ángulo de fase,  $\delta$ , son los parámetros más comúnmente determinados.

El módulo complejo de corte,  $G^*$ , se utiliza generalmente para evaluar el comportamiento de ligantes bituminosos en un intervalo de temperaturas típico entre 10°C y 90°C; las frecuencias de ensayo están normalmente en el rango de 0,1 a 10 Hz. La frecuencia habitual en un ensayo de barrido de temperatura es de 1,59 Hz.

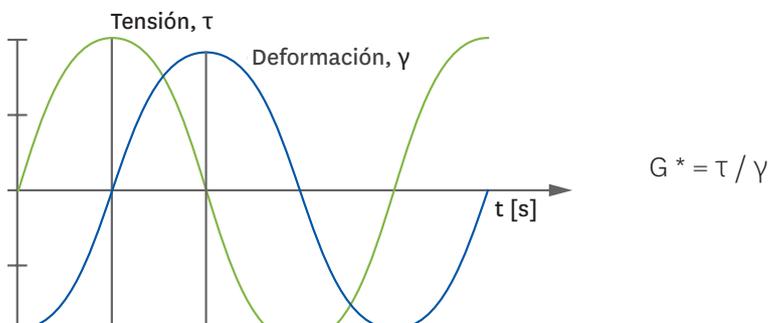
## Términos y Definiciones

**Módulo complejo de corte  $G^*$ :** El módulo complejo de corte,  $G^*$ , es el cociente entre la tensión máxima,  $\tau$ , y la deformación máxima,  $\gamma$ , ante una carga oscilatoria sinusoidal.

**Ángulo de fase  $\delta$ :** El ángulo de fase,  $\delta$ , es la diferencia de fase entre la tensión y la deformación durante el ensayo.

**Ensayo de barrido de temperatura (isocrono):** Ensayo en el que se varía la temperatura manteniendo constante la frecuencia.

**Ensayo de barrido de frecuencia (isotermo):** Ensayo en el que se varía la frecuencia manteniendo constante la temperatura.





## Información Práctica:

### La muestra de betún debe adherirse de manera completa y segura a los platos de ensayo, en caso contrario, el resultado no será válido.

- Se recomienda emplear moldes de silicona (o cualquier otro material antiadherente apropiado) para preparar la probeta de ensayo.
- No deben utilizarse grasas o agentes desmoldeantes.
- Los platos de ensayo deben estar limpios, ver sección 8.2 de la Norma EN 14770.
- Precalentar los platos utilizados en el ensayo para asegurar una buena adhesión, ver sección 8.1 de la Norma EN 14770.
- Una vez concluido el ensayo, se recomienda chequear los platos para verificar que la muestra estaba completamente adherida; si hay alguna evidencia de que no se encuentra completamente adherida, descartar los resultados.

### Preparación de la muestra para el análisis.

- El comportamiento reológico de la muestra puede verse afectado por las condiciones de almacenamiento. La sección 7.3 de la Norma EN 14770 proporciona información sobre los periodos máximos y mínimos y las temperaturas de almacenamiento.
- Las dimensiones de la probeta de ensayo son importantes, por lo que se recomienda utilizar moldes de silicona (o cualquier otro material antiadherente apropiado) para la preparación de las muestras.
- Después de colocar la probeta en la geometría de ensayo, y antes de establecer la separación entre platos (gap) definitiva, es necesario enrasarla en forma cilíndrica, ver sección 8.3 en la Norma EN 14770. Eurobitume recomienda enrasar la probeta de ensayo en la posición de gap 1,05 mm.
- La muestra no se debe enrasar después de situar la geometría en el gap de ensayo definitivo.

### Se seleccionarán la geometría del ensayo y el gap adecuados para las condiciones de ensayo.

- Normalmente se utilizan los platos de 25 mm con un gap de 1 mm, mientras que los platos de 8 mm requieren un gap de 2 mm. Investigaciones recientes han demostrado que platos de 4 mm, con un gap de entre 1 - 3 mm, son adecuados para ensayar ligantes con un módulo complejo en el intervalo de 10 MPa a 1 GPa.
- Se selecciona la geometría que permita llevar a cabo el ensayo dentro de los límites de complianza del equipo, véase el manual del equipo. Cuando se alcancen estos límites, se parará el ensayo y se seleccionará una nueva geometría para continuar el ensayo a las siguientes temperaturas, véase sección 8.5 de la Norma EN 14770.
- La sesión 8.5 de la Norma EN 14770 proporciona consejos prácticos sobre la selección de platos, basado en el módulo complejo de corte esperado para el ligante: 25 mm para  $G^*$  entre 1 kPa y 100 kPa, 8 mm para  $G^*$  entre 100 kPa y 10 MPa y 4 mm para  $G^*$  entre 10 MPa y 1 GPa.
- Es necesario establecer el zero gap para cada geometría de ensayo antes de colocar la muestra, ya que es esencial que el espesor de la probeta esté dentro de las tolerancias aceptables, ver sesión 6.4 de la Norma EN 14770.

### El comportamiento del betún es altamente dependiente de la temperatura, por tanto el control preciso de la temperatura de la muestra y de la estabilidad de la temperatura durante el ensayo son críticos.

- El dispositivo de medida de temperatura del Reómetro de Corte Dinámico se debe verificar y/o calibrar con regularidad, ver sección 6.3 de la Norma EN 14770.
- Es necesario que las probetas alcancen el equilibrio térmico antes del ensayo, se proporciona una descripción en el Anexo B de la Norma EN 14770. La Nota 1 en la sección 8.4 indica que un tiempo de entre 10-20 minutos es adecuado en la mayoría de los casos.
- La temperatura de ensayo debe registrarse durante todo el ensayo.
- El Anexo D de la Norma EN 14770 contiene información práctica sobre el cálculo de los parámetros reológicos  $T$  ( $G^* = X$ ) y  $\delta$  a  $T$  ( $G^* = X$ ).

### El ensayo debe realizarse en el rango de viscoelasticidad lineal del ligante bituminoso.

- El rango de viscoelasticidad lineal se define en la sección 3.7 de la Norma EN 14770.
- El rango de viscoelasticidad lineal debe determinarse antes del ensayo tal y como se describe en el Anexo C de la Norma EN 14770. Aquí se indica que pueden utilizarse los datos de experimentos previos para definir el rango viscoelástico lineal.
- En circunstancias excepcionales se puede realizar el ensayo fuera del rango de viscoelasticidad lineal, pero los resultados deben interpretarse con precaución.

