Pruebas oscilatorias.

Hasta ahora examinamos algunas pruebas experimentales para obtener información sobre el comportamiento viscoelástico de los materiales, en todas ellas se involucra la variación del esfuerzo ó la deformación con el tiempo cuando se impone súbitamente un cambio en el esfuerzo, deformación ó gradiente de velocidad. En procesos dinámicos este tipo de pruebas a un sistema es llamado "respuesta a un cambio en escalón".

Un tipo alternativo de pruebas dinámicas es la aplicación de una exitación osilatoria tipo senoidal al sistema y observar la respuesta como función del tiempo. En un sistema lineal la respuesta también deberá ser Senoidal pero generalmente está fuera de fase y atenuada en amplitud. Cuando estas cantidades son estudiadas como una función de la frecuencia, de la exitación, se dice que se estudia la dinámica del sistema en el "dominio de la frecuencia".

Una prueba oscilatoria ideal de un fluído viscoelástico consiste en imponerle una deformación senoidal y observar la variación del esfuerzo.

En un experimento oscilatorio, la deformación (ε) en función de la frecuencia (ω) es.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \text{ sen } \omega t \qquad (26)$$

El gradiente de velocidad es.

$$\dot{\varepsilon} = \varepsilon_0 \; \omega \cos \; \omega t \; = \dot{\varepsilon}_0 \; \cos \; \omega t \qquad (27)$$

Para un fluído puramente viscoso con viscosidad extensional, η , el esfuerzo debe ser

$$\sigma = \eta\dot{\varepsilon} = \eta\dot{\varepsilon}_o \ \mathrm{COS} \ \omega t = \sigma o \ \mathrm{COS} \ \omega t \qquad (28)$$

Esto es desfasado 90°con respecto a la deformación senoidal aplicada y la relación de amplitud es lineal con la frecuencia.

$$\frac{\sigma o}{\varepsilon o} = \eta\omega \qquad (29)$$

Para un material puramente elástico con módulo de Young E, el esfuerzo debe ser

$$\sigma = E\varepsilon = E\varepsilon_o \ \mathrm{sen} \ \omega t \qquad (30)$$

En este caso el esfuerzo está en fase con respecto a la deformación aplicada y la relación de amplitud constante e igual a E.

Para los materiales viscoelásticos el esfuerzo obtenido es intermedio entre el de un material puramente viscoso y elástico.

Si se tiene un comportamiento viscoelástico lineal, la respuesta en general puede ser representada por

$$\sigma = \sigma o \ \mathrm{sen} \ (\omega t + \emptyset) \qquad (31)$$

En experimentos oscilatorios de pequeña amplitud pueden medirse dos funciones materiales, el defasamiento y la relación de amplitud como una función de la velocidad de corte.

$$\emptyset = f_1 \ (\omega) \qquad (32)$$

$$\frac{\sigma o}{\varepsilon_o} = f_2 \ (\omega) \qquad (33)$$

la interpretación de los resultados experimentales en una prueba osci-latoria pueden presentar simplemente el defasamiento y la relación de amplitud como una función de la temperatura. Sin embargo es más común calcular otras funciones con mayor significado físico, tales como des-componer el esfuerzo obtenido en una componente en fase (elástica) y una defasada (viscosa).

La rotación de los vectores deformación ϵ (t) y esfuerzo σ (t) genera las curvas características del material Fig. 19. Los vectores de magnitud γo y σo , desfasados un ángulo $\emptyset$, pueden colocarse en un plano complejo con γ_o en el eje real, Fig. 20. Ahora el vector con magnitud σo tiene ambas partes real e imaginaria.

$$\sigma^* = \sigma' + i\,\sigma'' = \sigma o(\cos\emptyset + i \operatorname{sen}\emptyset) \qquad (34)$$

la parte real de σ^* corresponde a la componente en fase del esfuerzo, y la imaginaria corresponde a la defasada. Con esto podemos definir un "módulo complejo" como.

$$G^* = \frac{\sigma^*}{\gamma o} = G' + i\,G'' \qquad (35)$$

Ahora podemos definir una "viscosidad compleja" como.

$$\eta^* = \frac{\sigma^*}{\dot{\varepsilon}^*} = \frac{\sigma^*}{i\omega\varepsilon_o} = \eta' - i\eta'' \qquad (36)$$

La componente en fase ó real η' es llamada viscosidad dinámica, muy usada especialmente en el estudio de polímeros lineales (21), porque estos sistemas a muy bajas frecuencias η' se aproxima a η .

Los experimentos senoidales pueden también ser expresados en términos de una "compliance compleja"

$$J^* = \frac{\gamma^*}{\sigma_o} = \frac{1}{G^*} \qquad (37)$$

La tabla 14 presenta la Compliance compleja de algunos modelos viscoelásticos.

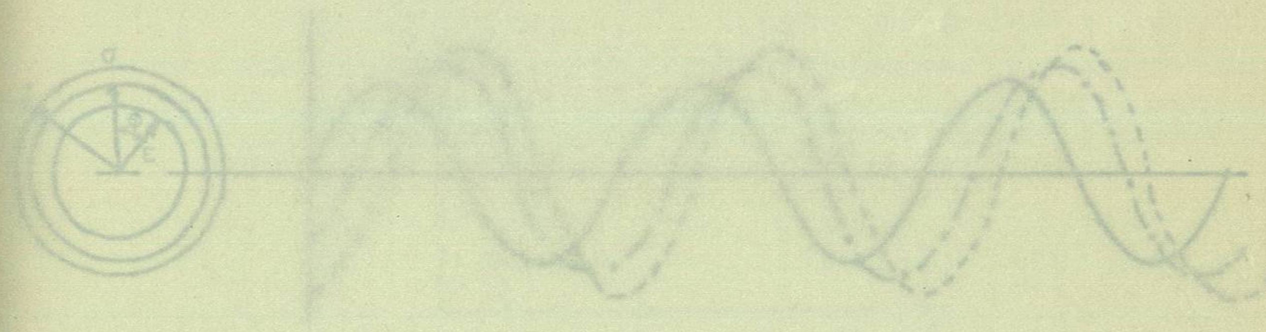

Fig. 19 Prueba oscilatoria.

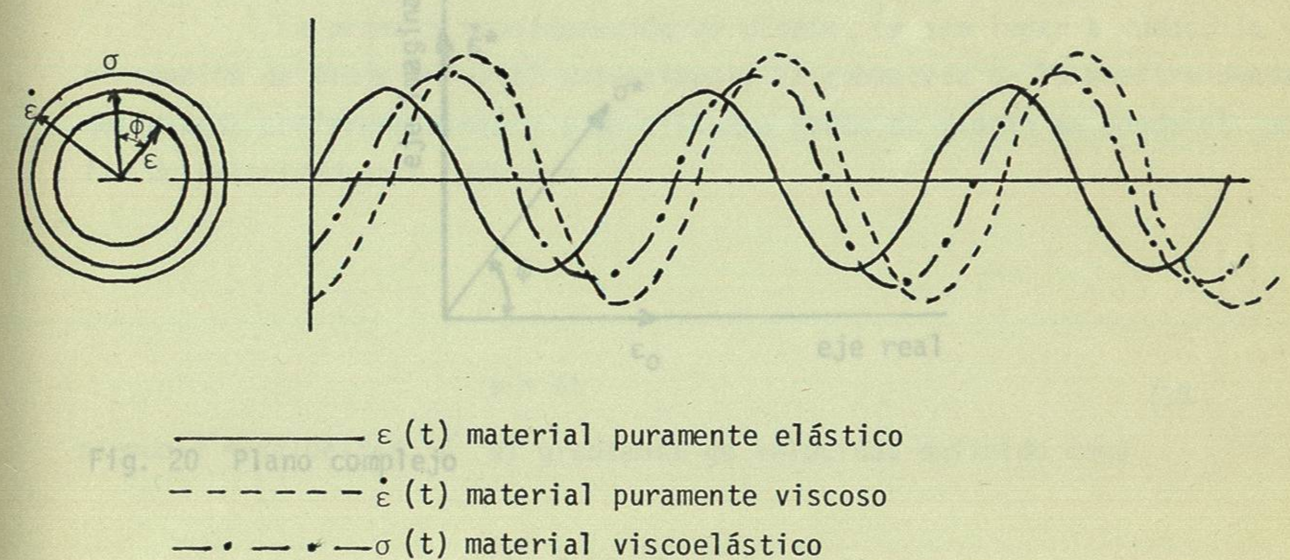

Fig. 19 Prueba oscilatoria.

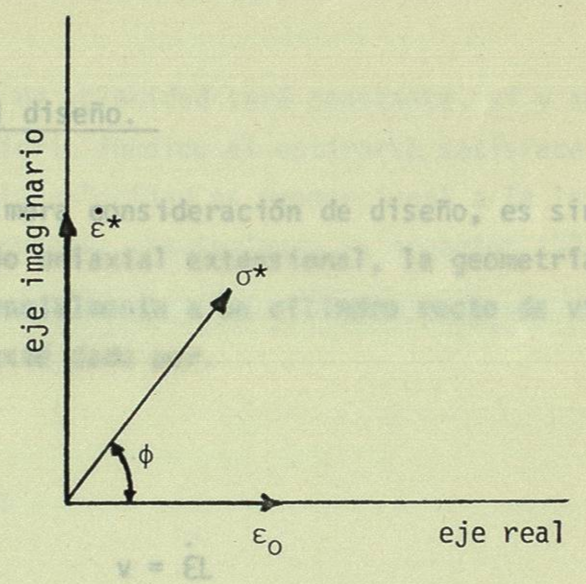

Fig. 20 Plano complejo