ATERIAL
UEVO

de la ecuación (8) implícita en la ecuación
rresponde al factor 1/3 solo es válida para fluí-
anos y si bien los gradientes de velocidad son - bajos lo cual implica que en estas condiciones casi cualesquier material es newtoniano, todavía estaría por demostrarse, en el vidrio para esfuerzos menores de $1 kg/cm^2$.

Por lo anterior, no existe una fundamentación sólida para - validar las mediciones de la viscosidad del vidrio en este rango - de temperatura usando los métodos anteriormente descritos y así poder ser usadas en las ecuaciones de movimiento.

c) <u>viscoelasticidad</u>

Un fluído ideal definido por ecuación (5) establece una respuesta instantánea del esfuerzo al someter el material a un gradiente de velocidad, Por otra parte un sólido ideal se comporta de acuerdo con la Ley de Hooke. Ecuación (4).
Los materiales que tienen un comportamiento intermedio entre sólido ideal y líquido se denomina viscoelásticos.

<u>Elementos Básicos en la Modelación del Comportamiento Viscoelástico</u>

Antes de intentar un modelo para explicar el comportamiento viscoelástico de un material, debemos examinar la respuesta en deformación ε de los sistemas ideales a un esfuerzo σ.

Un elemento elástico ideal está representado por un resorte que obedece a la Ley de Hooke. La deformación elástica es instantánea e independiente del tiempo. Fig. 12a. Una respuesta completamente viscosa es la de un fluído newtoniano, cuya deformación es li-

4.- La relación de la ecuación (8) implícita en la ecuación (10) que corresponde al factor 1/3 solo es válida para fluídos newtonianos y si bien los gradientes de velocidad son bajos lo cual implica que en estas condiciones casi cualesquier material es newtoniano, todavía estaría por demostrarse, en el vidrio para esfuerzos menores de 1kg/cm^2.

Por lo anterior, no existe una fundamentación sólida para validar las mediciones de la viscosidad del vidrio en este rango de temperatura usando los métodos anteriormente descritos y así poder ser usadas en las ecuaciones de movimiento.

c) viscoelasticidad

Un fluído ideal definido por ecuación (5) establece una respuesta instantánea del esfuerzo al someter el material a un gradiente de velocidad, Por otra parte un sólido ideal se comporta de acuerdo con la Ley de Hooke. Ecuación (4).
Los materiales que tienen un comportamiento intermedio entre sólido ideal y líquido se denomina viscoelásticos.

Elementos Básicos en la Modelación del Comportamiento Viscoelástico

Antes de intentar un modelo para explicar el comportamiento viscoelástico de un material, debemos examinar la respuesta en deformación ε de los sistemas ideales a un esfuerzo σ .

Un elemento elástico ideal está representado por un resorte que obedece a la Ley de Hooke. La deformación elástica es instantánea e independiente del tiempo. Fig. 12a. Una respuesta completamente viscosa es la de un fluído newtoniano, cuya deformación es li neal con el tiempo mientras se aplica el esfuerzo y es completamente irrecuperable. La analogía mecánica simple de un fluído newtoniano es un amortiguador, Fig. 12b.

Las pruebas a que regularmente se someten estos materiales son dos, la primera llamada Creep, en la cual se somete al material a un esfuerzo constante σ=cte y el Creep Compliance (J(t)) a algún tiempo t es la relación de la deformación a el esfuerzo constante. Cuando la curva Creep Compliance-tiempo para diferentes esfuerzos todas coinciden, el comportamiento es lineal viscoelástico, para muchos materiales el Creep Compliance a algún tiempo t dado, donde $t>0$ incrementa cuando el esfuerzo se incrementa, tales materiales muestran un comportamiento viscoelástico no lineal, y la interpretación de los datos experimentales es más difícil. Sin embargo, en muchos casos la desviación puede ser pequeña y el material puede ser considerado lineal viscoelástico para un rango de esfuerzos.

La segunda prueba se llama relajación de esfuerzos (γ (t)) y en ella se mantiene constante la deformación y se registra como decrece el esfuerzo con el tiempo.

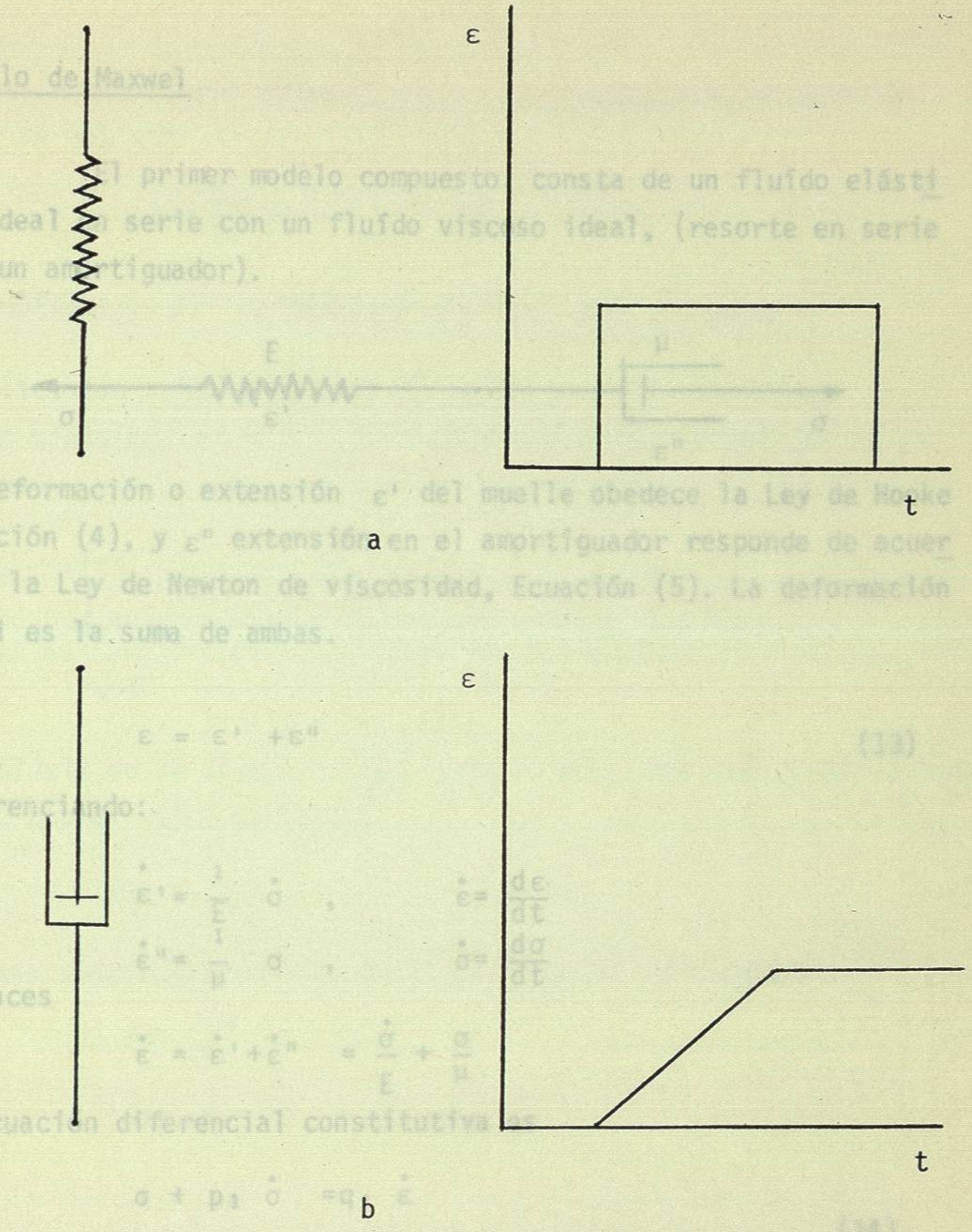
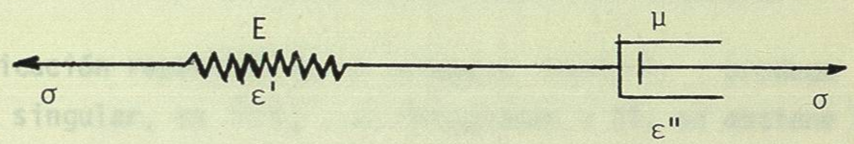


Fig.12 a) Analogía mecánica resorte y relación deformación-tiempo a tensión constante, con eliminación de dicha tensión a un tiempo t, para un fluído elástico ideal; b)Analogía - Mecánica (Amortiguador) y relación deformación-tiempo a tensión constante con eliminación posterior de dicha tensión a un tiempo t, para un fluído viscoso ideal.

Modelo de Maxwel

El primer modelo compuesto, consta de un fluído elástico ideal en serie con un fluído viscoso ideal, (resorte en serie con un amortiguador).



La deformación o extensión ε' del muelle obedece la Ley de Hooke Ecuación (4), y ε'' extensión en el amortiguador responde de acuerdo a la Ley de Newton de viscosidad, Ecuación (5). La deformación total es la suma de ambas.

$$\varepsilon = \varepsilon' + \varepsilon'' \tag{13}$$

Diferenciando:

$$\dot{\varepsilon}' = \frac{1}{E}\dot{\sigma} \quad , \qquad \dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt}$$

$$\dot{\varepsilon}'' = \frac{1}{\mu}\sigma \quad , \qquad \dot{\sigma} = \frac{d\sigma}{dt}$$

Entonces

$$\dot{\varepsilon} = \dot{\varepsilon}' + \dot{\varepsilon}'' = \frac{\dot{\sigma}}{E} + \frac{\sigma}{\mu}$$

la Ecuación diferencial constitutiva es

$$\sigma + p_1\dot{\sigma} = q_1\dot{\varepsilon} \tag{14}$$

$$p_1 = \frac{\mu}{E} \,, \quad q_1 = \mu$$

Primera prueba, fase creep, at=0, = $_{o}$e integrando la Ecuación (14), se obtiene

$$\varepsilon = \frac{\sigma o}{q_1} t + C_1, \quad t > 0 \tag{15}$$

Para determinar C_1 se necesita una condición frontera.

La aplicación repentina de un esfuerzo σo at=0 produce un - efecto singular, en $\dot{\sigma}(t)$, si integramos a 14, se obtiene lo siguiente.

$$\int_{-\tau}^{+\tau} \sigma dt + p_1 \left[\sigma(+\tau) - \sigma(-\tau) \right] = q_1 \left[\varepsilon(+\tau) - \varepsilon(-\tau) \right]$$

$$\tau \to 0$$

$$p_1 \sigma o = q_1 \varepsilon o$$

Un análisis en la Ecuación (15), para $t=0^{+}$, nos indica que $C_1 = \varepsilon o$ por lo que el valor de C_1 es.

$$C_1 = \frac{\sigma o \, p_1}{q_1} \tag{16}$$

Entonces sustituyendo C_1 en Ecuación (15), da lo siguiente.

$$\varepsilon = \frac{\sigma o}{q_1} (p_1 + t)$$

$$J(t) = \frac{p_1 + t}{q_1} = E + \frac{t}{\mu}$$