

Una manera de obtener este perfil de velocidad sería mediante el esquema siguiente. (18)

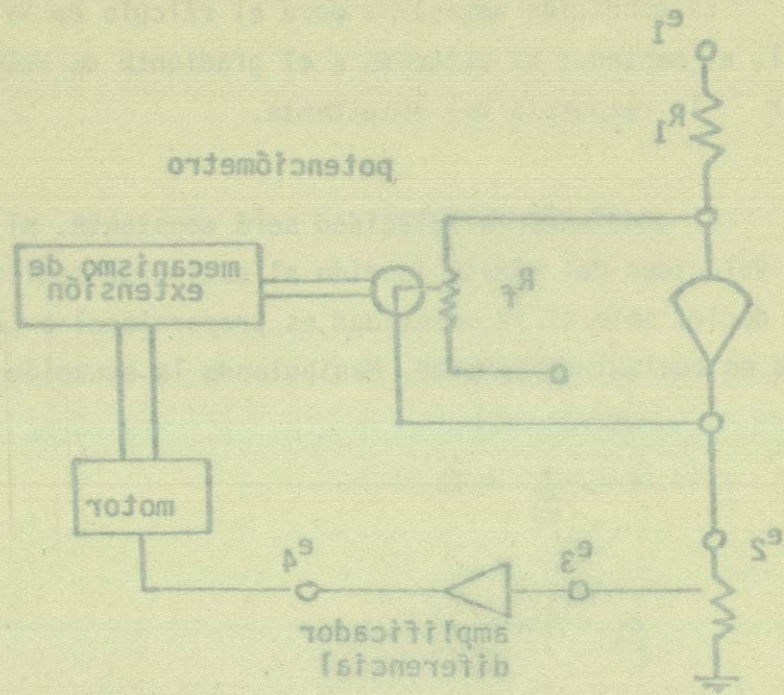


Figura 21. Circuito electrónico para una deformación a gradiente de velocidad constante.

Un voltaje inicial  $e_1$  es suministrado a través de un potenciómetro acoplado al mecanismo de extensión, pero dado que la salida de un amplificador operacional es proporcional a la resistencia de retroalimentación,

(21)

$$e_2 = \left( \frac{R_f}{R_1} \right) e_1$$

la resistencia del potenciómetro es la resistencia de retroalimentación del amplificador operacional. El voltaje resultante  $e_2$  es proporcional a la longitud, y a tiempo cero corresponde a la longitud inicial,  $L_0$ , de la muestra. A cualquier tiempo,  $t$ ,  $e_2(t)$  es proporcional a la elongación de la muestra,  $L(t)$ .

$$A_0 \cdot L_0 = A(t) \cdot L(t) \quad (46)$$

Este voltaje,  $e_2$ , es entonces dividido mediante otro potenciómetro. El voltaje resultante,  $e_3$ , es el producto  $\dot{E} \cdot L(t)$  a cualquier tiempo,  $t$ , y corresponde a la velocidad axial de acuerdo a la ecuación (41), la cual a tiempo cero, representa la velocidad inicial  $V_0 = \dot{E} \cdot L_0$ .

$$A(t) = \frac{A_0 \cdot L_0}{L(t)} \quad (47)$$

Este voltaje,  $e_3$ , es amplificado en un amplificador diferencial. El voltaje de salida,  $e_4$ , mueve el servo motor, el cual a su vez, mueve el mecanismo de extensión. El movimiento del mecanismo de extensión modifica la resistencia del potenciómetro del amplificador operacional y así los valores de  $e_2$ , y de esta manera cerrando el lazo de control.

$$\frac{F(t)}{A(t)} = \frac{F(t) \cdot L(t)}{A_0 \cdot L_0} \quad (48)$$

Si el servo-motor tiene tacómetro instalado, esta señal puede ser utilizada a su vez para controlar el lado izquierdo de la ecuación (41) y así obtener un mejor control.

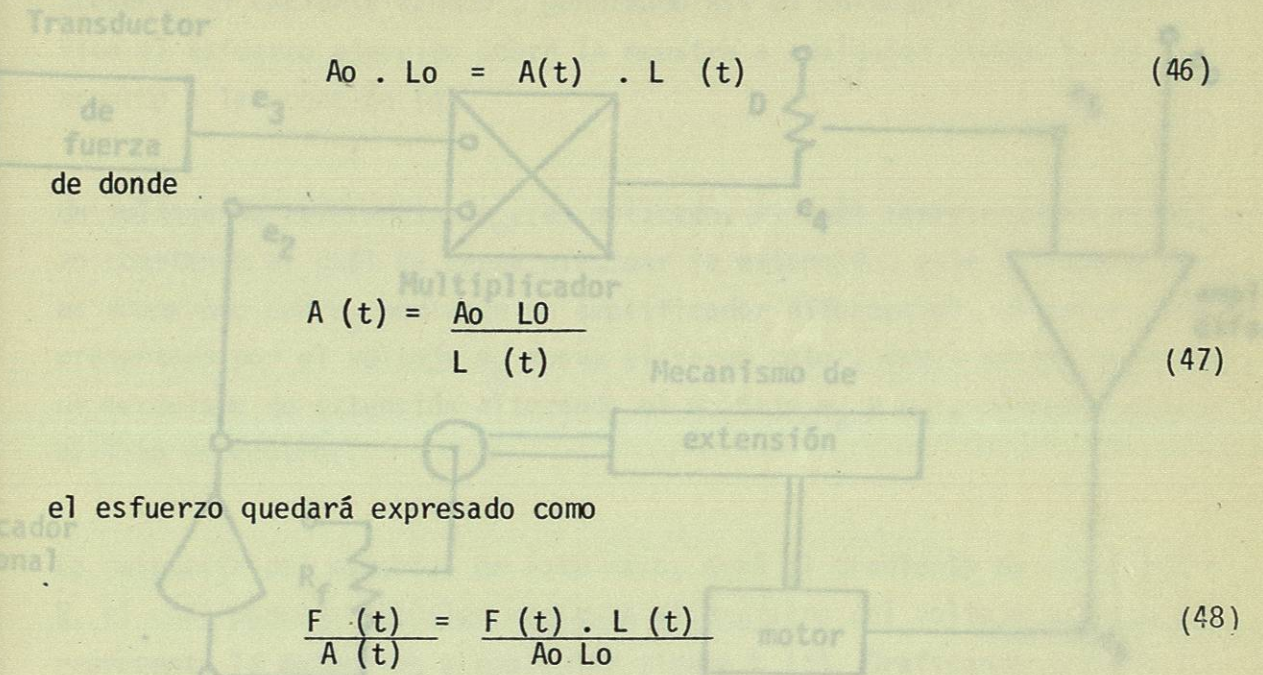
El valor de  $L(t)$  como se mencionó anteriormente puede ser registrado a partir del voltaje  $e_2$  y los valores de  $A_0$  y  $L_0$  son las dimensiones iniciales de la muestra. Este procedimiento resultará en una extensión con gradiente de velocidad constante, el cual puede ser fácilmente variado cambiando simplemente el valor del potenciómetro de referencia que nos representa,  $\dot{E}$ .

Es claro que la viscosidad extensional podrá ser calculada a partir de la velocidad de deformación  $\dot{E}$ . La finalidad de poder variar los valores del gradiente de velocidad  $\dot{E}$ , es con el propósito de identificar posible comportamiento no newtoniano, dado que si el vidrio fundido es newtoniano, la viscosidad extensional deberá ser independiente del gradiente de velocidad.



La ecuación (40) también nos indica que podemos llevar a cabo una extensión a esfuerzo constante, la cual puede ser obtenida mediante el siguiente circuito electrónico:

La respuesta del material a esta deformación será el esfuerzo, el cual podemos medir mediante el empleo de un transductor de fuerza que nos indique la fuerza ejercida sobre la muestra durante su extensión,  $F(t)$ , y mediante la ecuación de continuidad.



el valor de  $L(t)$  como se mencionó anteriormente puede ser registrado a partir del voltaje  $e_2$  y los valores de  $A_o$  y  $L_o$ , son las dimensiones iniciales de la muestra.

Es claro que la viscosidad extensional podrá ser calculada a partir de la ecuación (41) una vez que el valor del esfuerzo sea constante.

Figura 22. Circuito electrónico para una deformación a esfuerzo constante. De la misma manera que el caso anterior, el voltaje  $e_2$ , nos representa la longitud de la muestra a cualquier tiempo,  $t$ , el voltaje  $e_3$  que representa



La ecuación (40) también nos indica que podemos llevar a cabo una extensión a esfuerzo constante, la cuál puede ser obtenida mediante el circuito siguiente:

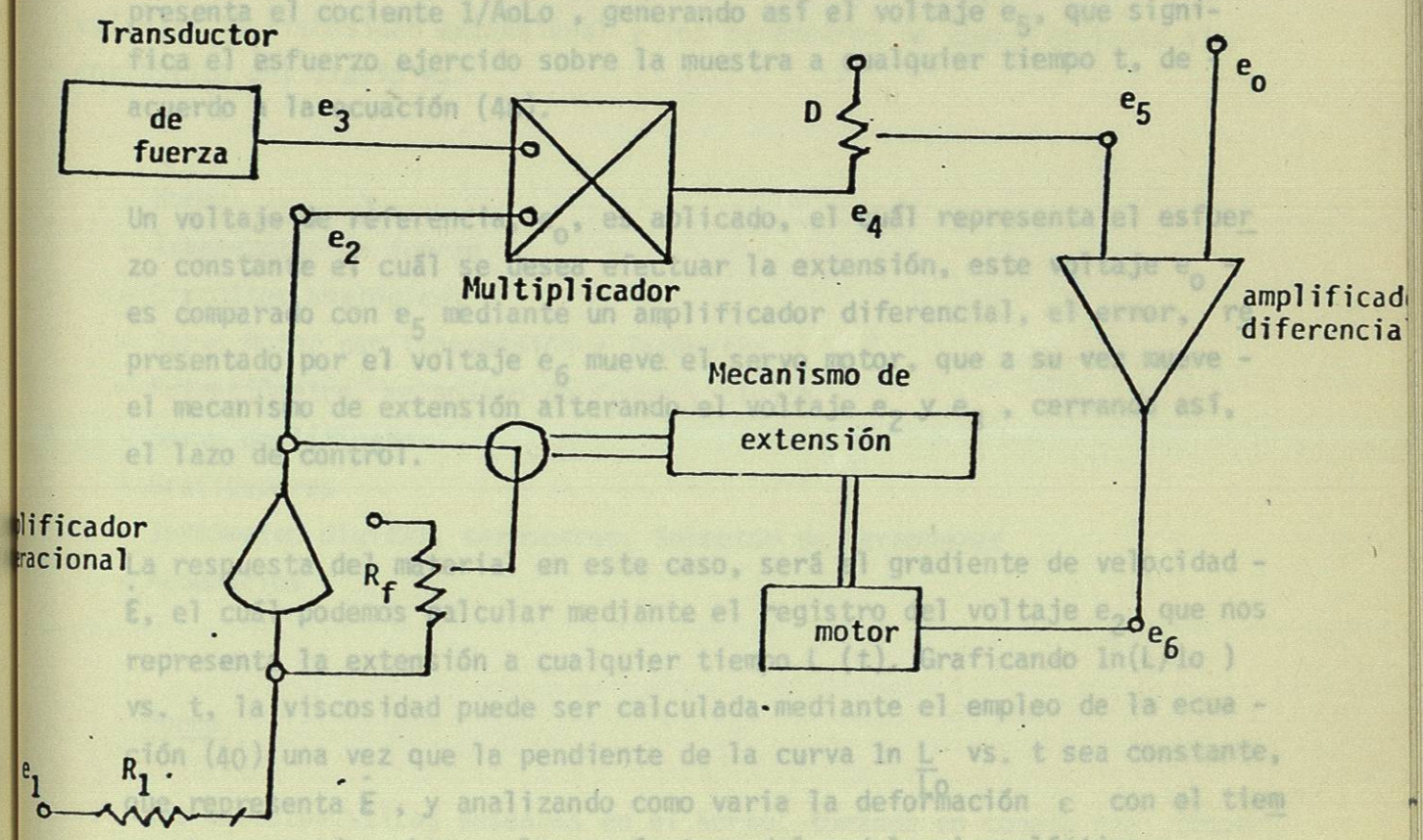


Figura 22. Circuito electrónico para una deformación a esfuerzo constante. De la misma manera que el caso anterior, el voltaje  $e_2$ , nos representa la longitud de la muestra a cualquier tiempo,  $t$ , el voltaje  $e_3$  que representa

La respuesta del material a esta deformación será el esfuerzo, el cual podemos medir mediante el empleo de un transductor de fuerza que nos indique la fuerza ejercida sobre la muestra durante su extensión,  $F(t)$ , y mediante la ecuación de continuidad.

(6A) 
$$A_0 \cdot L_0 = A(t) \cdot L(t)$$

(7A) 
$$A(t) = \frac{A_0 L_0}{L(t)}$$

(8A) 
$$\frac{F(t)}{A(t)} = \frac{F(t) \cdot L(t)}{A_0 L_0}$$

El valor de  $L(t)$  como se mencionó anteriormente puede ser registrado a partir del voltaje  $e_2$  y los valores de  $A_0$  y  $L_0$  son las dimensiones iniciales de la muestra.

Es claro que la viscosidad extensional podrá ser calculada a partir de la ecuación (81) una vez que el valor del esfuerzo sea constante.



b.- Selección de equipo.

La fuerza ejercida sobre la muestra es multiplicado por el voltaje  $e_2$ , dado así un voltaje  $e_4$ , que representa el producto  $F(t) \cdot L(t)$ , este voltaje  $e_4$ , es a su vez dividido mediante el potenciómetro D, que representa el cociente  $1/A_0L_0$ , generando así el voltaje  $e_5$ , que significa el esfuerzo ejercido sobre la muestra a cualquier tiempo  $t$ , de acuerdo a la ecuación (48).

Un voltaje de referencia,  $e_0$ , es aplicado, el cuál representa el esfuerzo constante el cuál se desea efectuar la extensión, este voltaje  $e_0$  es comparado con  $e_5$  mediante un amplificador diferencial, el error, representado por el voltaje  $e_6$  mueve el servo motor, que a su vez mueve el mecanismo de extensión alterando el voltaje  $e_2$  y  $e_3$ , cerrando así, el lazo de control.

- Graficadores

- Termómetro digital, termopares, Selector de Termopares

La respuesta del material en este caso, será el gradiente de velocidad  $\dot{\epsilon}$ , el cuál podemos calcular mediante el registro del voltaje  $e_2$  que nos representa la extensión a cualquier tiempo.  $L(t)$ . Graficando  $\ln(L/L_0)$  vs.  $t$ , la viscosidad puede ser calculada mediante el empleo de la ecuación (40) una vez que la pendiente de la curva  $\ln \frac{L}{L_0}$  vs.  $t$  sea constante, que representa  $\dot{\epsilon}$ , y analizando como varia la deformación  $\epsilon$  con el tiempo  $t$  se pueden obtener los parámetros del modelo viscoelástico.

drios que hay en el mercado, (tabla 9) y los accesorios que llevaría en la parte interna con el objeto de hacer la extensión son:

- Horno tubular
- Temperatura de trabajo 200 - 1200°C
- Longitud 24"
- Longitud con perfil de temperatura plano 12" como mínimo.
- Diámetro interno 3"
- Diámetro externo ?
- Control de temperatura con error de  $\pm 1^\circ\text{C}$

La ecuación (40) también nos indica que podemos llevar a cabo una extensión a esfuerzo constante, la cuál puede ser obtenida mediante el siguiente circuito:

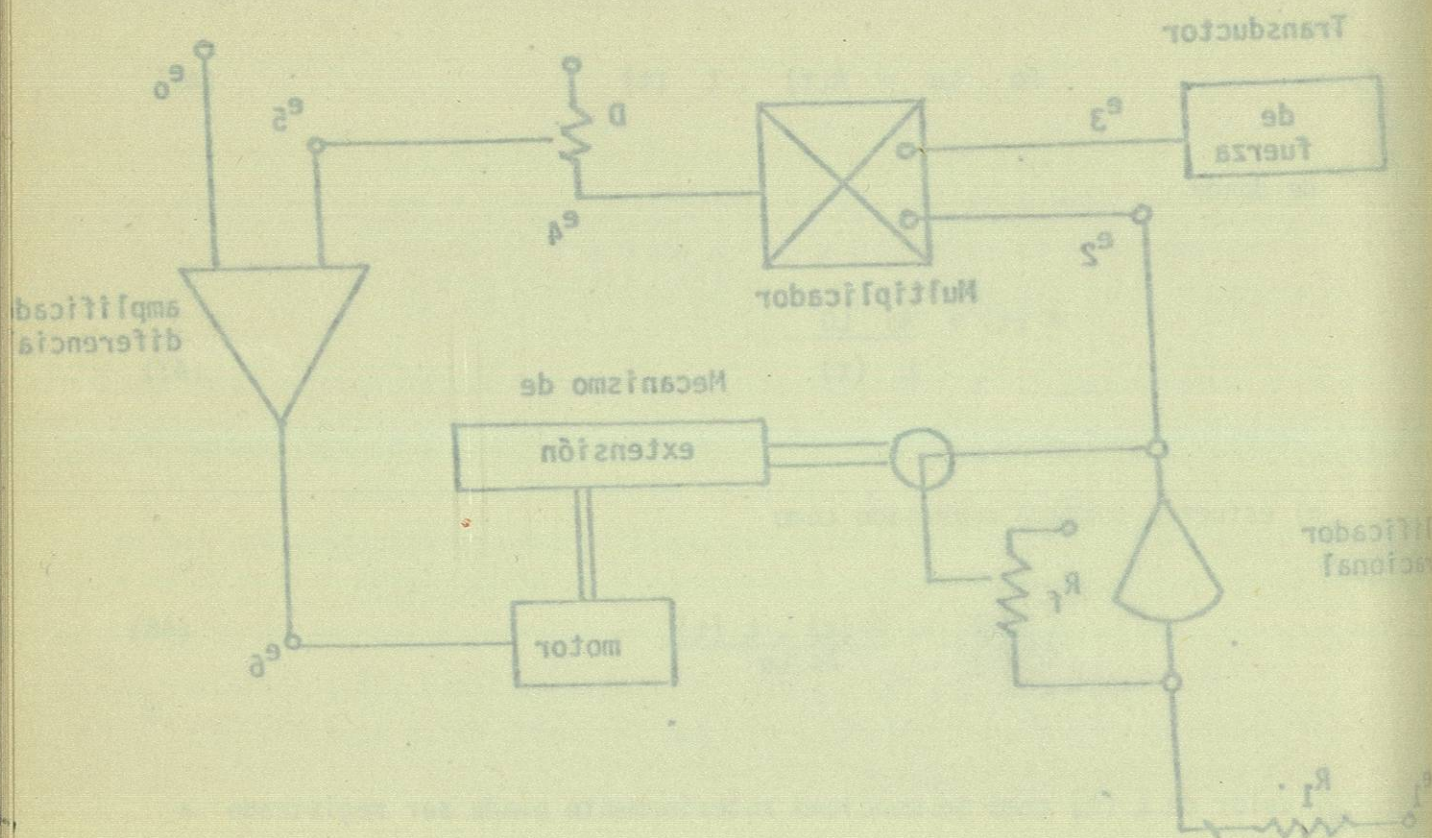


Figura 22. Circuito electrónico para una deformación a esfuerzo constante. De la misma manera que el caso anterior, el voltaje  $e_2$ , nos representa la longitud de la muestra a cualquier tiempo,  $t$ , el voltaje  $e_3$  que representa