

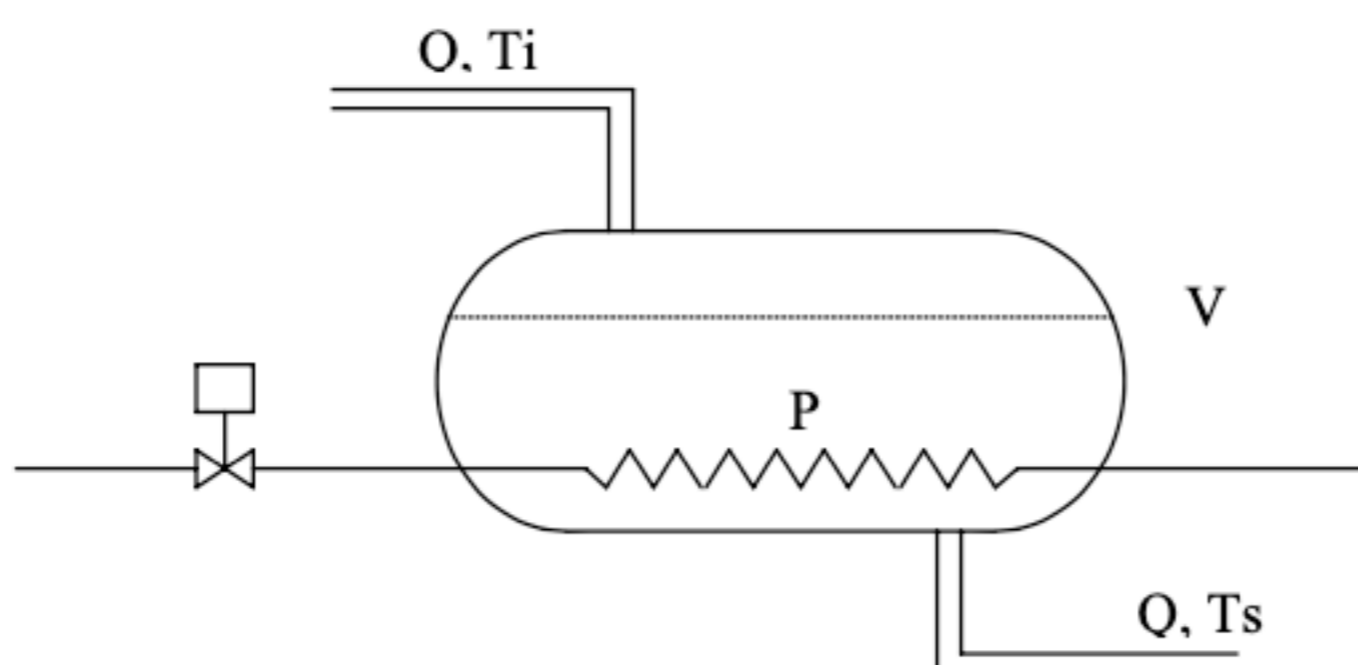
**Ejercicio 2 (10 puntos)**

Considere el sistema de la figura, un calentador a vapor. El tanque recibe un caudal Q de 10 L/s de agua a 15 °C, y se extrae el mismo caudal manteniendo en el receptor un volumen constante de agua equivalente a 5.000 litros. El objetivo es que la temperatura de salida sea de 70 °C ± 2 °C, calentando el agua a través de un serpentín de vapor que inyecta una potencia de 1.000 kcal/s con la válvula toda abierta.

Calcular la frecuencia a la que conmuta la válvula de vapor entre las posiciones abierta y cerrada.

Nota: Se desprecian las pérdidas de calor al exterior, y se asume que la temperatura del agua en el interior del tanque es homogénea e igual a la temperatura de salida.

Datos del agua:  
Capacidad calorífica específica: 1 cal/(kg.°C)  
Densidad: 1 kg/L



$$\begin{aligned} \rho &= 1 \text{ kg/L} \\ C &= 1 \text{ kcal/kgC} \\ Q &= 10 \text{ L/seg} \\ T_s &= T \\ T_i &= 15 \text{ C} \\ V &= 5000 \text{ L} \\ P &= 1000 \text{ kcal/seg} \end{aligned}$$

Balance de energía:  $V \rho C T' = q \rho C T_i - q \rho C T_s + P$

$$5000 T' = 10 ( 15 - T ) + P$$

Actuador encendido:  $5000 T' = 10 ( 15 - T ) + 1000 \quad \text{---} \rightarrow \quad 500 T' + T = 115 \quad t > 0$

$T(0) = 68$  grados

$T(0) = 68$

Condición inicial

Laplace:  $500 T(s) s - 500 * T(0) + T(s) = 115/s \quad = \quad 500 [ T(s) s - T(0) ] + T(s) = 115/s$

$$[ T(s) s - T(0) ] + T(s)/500 = 115/(500*s)$$

$$T(s) [s + 1/500] - T(0) = 115/(500*s)$$

$$T(s) = 68/(s+1/500) + 115/[ (500*s) * (s + 1/500) ]$$

$$T(s) = \frac{115}{(s) * (500s + 1)} + \frac{68}{s + 1/500}$$

Laplace ^-1:

$$T(t) = 115 ( 1 - e^{-t/500} ) + 68 e^{-t/500} \quad \longrightarrow \quad T(t) = 115 - 47 e^{-t/500}$$

$$T(t=A) = 72 \text{ grados} = 115 - 47 e^{-A/500}$$

$$e^{-A/500} = 43 / 47 \quad \longrightarrow \quad A = 44.5 \text{ seg}$$

Actuador apagado:  $5000 T' = 10 ( 15 - T ) \quad \text{---} \rightarrow \quad 500 T' = ( 15 - T )$

$T(0) = 72$  grados

$T(0) = 72$  grados

Laplace:

$$500 ( T(s) s - 72 ) = 15/s - T(s)$$

$$500 ( T(s) s ) + T(s) = 15/s + 500*72$$

$$T(s) [500s + 1] = 15/s + 500*72$$

$$T(s) = \frac{15}{s(500s+1)} + \frac{72}{s+1/500}$$

Laplace ^-1:

$$T(t) = 15 [ 1 - e^{-t/500} ] + 72 e^{-t/500}$$

$$T(t=B) = 68 \text{ grados} = 15 + 57 e^{-B/500}$$

$$e^{-B/500} = 53/57$$

$$B = 36,4 \text{ seg}$$

PERÍODO DE OSCILACIÓN DE LA VÁLVULA DE VAPOR  $A + B = 80.9 \text{ seg}$