

0. GLOSARIO Y UNIDADES

$A_A (m^2)$ → Área de paso del fluido en la configuración en la que circula únicamente agua.

$A_i (m^2)$ → Área de intercambio en intercambiador de calor.

$A_M (m^2)$ → Área de paso del fluido en la configuración en la que circula agua más anticongelante.

$A_n (m^2)$ → Área de paso del agua por la tubería en la configuración nueva (cálculo pérdida de carga).

$A_o (m^2)$ → Área de paso del agua por la tubería en la configuración original (cálculo pérdida de carga).

$A_p (m^2)$ → Área de paso ocupada por el fluido en la sección perpendicular al eje de la tubería.

$c_{pA} \left(\frac{kJ}{kg}\right)$ → Capacidad calorífica del fluido en la configuración en la que circula únicamente agua.

$c_{pM} \left(\frac{kJ}{kg}\right)$ → Capacidad calorífica del fluido en la configuración en la que circula agua más anticongelante.

$D_a (m)$ → Diámetro interior del tubo rígido asociado a la configuración original usada en sistemas indirectos (Figura 35).

$D_C (m)$ → Diámetro característico de la tubería.

$D_f (m)$ → Diámetro exterior del tubo flexible en el instante final (tras el proceso de congelación).

$D_h (m)$ → Diámetro hidráulico. Es un parámetro que se define por la siguiente relación.

$D_i (m)$ → Diámetro exterior del tubo flexible en el instante previo a congelación o inicial.

$D_{rig} (m)$ → Diámetro interior del tubo de cobre (se considerará constante al ser rígido durante todo el proceso).

$D_s (m)$ → Diámetro del serpentín.

$df(p)_{T_i}$ → Función usada para la resolución del modelo.

$E (Pa)$ → Módulo de Young.

$E_t (Pa)$ → Módulo de Young del teflón.

$E_{sil}(Pa)$ → Módulo de Young de la silicona.

f → Factor de fricción.

$g \left(\frac{m}{s^2}\right)$ → Aceleración de la gravedad.

$\Delta h_{roz}(mca)$ → Pérdida de presión total asociada al rozamiento del fluido en metros columna de agua.

$K(Pa)$ → Coeficiente de Bulk (compresibilidad).

$k_t(Pa^{-1})$ → Coeficiente de compresibilidad isoterma.

$k_{th}(Pa^{-1})$ → Coeficiente de compresibilidad isoterma del hielo.

$k_{tsil}(Pa^{-1})$ → Coeficiente de compresibilidad isoterma de la silicona.

$k_{tt}(Pa^{-1})$ → Coeficiente de compresibilidad isoterma del teflón.

$k_{tsol}(Pa^{-1})$ → Coeficiente de compresibilidad isoterma del sólido a estudiar.

$L(m)$ → Longitud.

$L_{tub}(m)$ → Longitud del montaje.

$L_s(m)$ → Longitud del serpentín.

$\dot{m}_A \left(\frac{kg}{s}\right)$ → Caudal másico de fluido en la configuración en la que circula únicamente agua.

$m_{agua}(kg)$ → Masa de agua localizada entre el tubo rígido y el flexible.

$\dot{m}_M \left(\frac{kg}{s}\right)$ → Caudal másico de fluido en la configuración en la que circula agua más anticongelante.

$m_s(kg)$ → Masa del material del que está hecho el tubo flexible en el interior de la tubería rígida para unas condiciones determinadas de T y p.

$m_{s0}(kg)$ → Masa de la sustancia de la que está compuesto el tubo flexible en el instante inicial.

$m_w(kg)$ → Masa de agua en el interior de la tubería en unas condiciones determinadas de T y p.

$m_{w0}(kg)$ → Masa de agua en el interior de la tubería rígida en el instante inicial.

n → Número de moles.

$p(Pa)$ → Presión.

p_0 (Pa) → Presión de referencia en el modelo planteado.

P_{0sol} (Pa) → Presión de referencia ecuación de estado coeficientes constantes

$$P_{0sol} = 101325 \text{ Pa}$$

Δp_{roz} (Pa) → Pérdida de carga debido al rozamiento del fluido en Pa.

$\frac{\Delta p_{rozn}}{\Delta p_{rozo}}_A$ → Relación entre la pérdida de carga en la nueva configuración y la original

considerando el uso de sistema directo.

$\frac{\Delta p_{rozn}}{\Delta p_{rozo}}_{original}$ → Relación entre la pérdida de carga en la nueva configuración y la original

mostrada en la expresión (3.70).

$Q_n \left(\frac{m^3}{s} \right)$ → Caudal volumétrico de fluido que circula por la configuración nueva (cálculo pérdida de carga).

$Q_o \left(\frac{m^3}{s} \right)$ → Caudal volumétrico de fluido que circula por la configuración original (cálculo pérdida de carga).

Re → Número de Reynolds

r_D → Relación entre diámetros $r_D = \frac{D_{rig}}{D_i}$

rr → Rugosidad relativa.

rr_{cu} → Rugosidad relativa de la superficie de cobre.

rr_n → Rugosidad relativa de la nueva configuración (cálculo pérdida de carga)

rr_{sil} → Rugosidad relativa de la superficie de silicona.

$r_{s0} = \frac{V_{s0}}{V}$ → Relación entre el volumen ocupado inicialmente por el tubo flexible y el volumen total interior de la tubería rígida.

r_V → Reducción de volumen $r_V = \frac{V_{tubo\ ini} - V_{tubo\ final}}{V_{tubo\ ini}}$

$r_{w0} = \frac{V_{w0}}{V}$ → Relación entre el volumen ocupado inicialmente por el agua y el volumen total interior de la tubería rígida.

T (K) → Temperatura.

T_i (K) → Valor de la temperatura concreta escogido del intervalo de temperaturas a estudiar.

$T_0(K)$ → Temperatura de referencia del modelo planteado.

$T_{0sol}(K)$ → Temperatura de referencia ecuación de estado coeficientes constantes

$T_{0sol} = 273,3 K$;

$v \left(\frac{m}{s}\right)$ → Velocidad del fluido en el interior de la tubería.

$v_A \left(\frac{m}{s}\right)$ → Velocidad del fluido en la configuración en la que circula únicamente agua.

$V_{afinal} (m^3)$ → Volumen de agua una vez que ha pasado a fase sólida (273 K).

$V_{aini} (m^3)$ → Volumen de agua con densidad máxima (278 K).

$v_{ecw} \left(\frac{m^3}{kg}\right)$ → Volumen específico del agua líquida a una temperatura de T (K) y a una presión de p (Pa) dado por la correlación (3.2).

$v_{es}(T, p) (m^3/kg)$ → Volumen específico del material del que está hecho el tubo bajo unas condiciones de T y p.

$v_{eoh} \left(\frac{m^3}{kg}\right)$ → Volumen específico del sólido a estudiar a temperatura T_{0sol} y presión P_{0sol} .

$v_{e0sol} \left(\frac{m^3}{kg}\right)$ → Volumen específico del sólido a estudiar a temperatura T_{0sol} y presión P_{0sol} .

$v_{esol} \left(\frac{m^3}{kg}\right)$ → Volumen específico del sólido a estudiar a una temperatura de T (K) y una presión de p (Pa).

$v_{ew}(T, p) (m^3/kg)$ → Volumen específico del agua bajo unas condiciones de T y p.

$v_M \left(\frac{m}{s}\right)$ → Velocidad del fluido en la configuración en la que circula agua más anticongelante.

$V_m \left(\frac{m^3}{mol}\right)$ → Volumen molar.

$v_n \left(\frac{m}{s}\right)$ → Velocidad de circulación del fluido por la configuración nueva (cálculo pérdida de carga).

$v_o \left(\frac{m}{s}\right)$ → Velocidad de circulación del fluido por la configuración original (cálculo pérdida de carga).

$V_{rig} (m^3)$ → Volumen el interior de la tubería rígida (ver Figura 32).

$V_s(T, p)(m^3)$ → Volumen ocupado por el material del que está hecho el tubo flexible a las condiciones de presión y temperatura dadas.

$V_s(T_0, p_0)(m^3) \rightarrow$ Volumen ocupado por el material del que está hecho el tubo flexible a las condiciones de presión y temperatura de referencia.

$V_{s0}(m^3) \rightarrow$ Volumen ocupado por la sustancia en la que está hecho el tubo flexible en el instante inicial.

$V_{tubo_{ini}}(m^3) \rightarrow$ Volumen ocupado por el tubo flexible en el instante inicial (previo congelación).

$V_{tubo_{final}}(m^3) \rightarrow$ Volumen ocupado por el tubo flexible en el instante final (tras congelación).

$V_w(T, p)(m^3) \rightarrow$ Volumen ocupado por el agua a las condiciones de presión y temperatura dadas.

$V_w(T_0, p_0)(m^3) \rightarrow$ Volumen ocupado por el agua a las condiciones de presión y temperatura de referencia.

$V_{w0}(m^3) \rightarrow$ Volumen ocupado por el agua situada en el interior de la tubería rígida en el instante inicial.

$\Delta V_a(m^3) \rightarrow$ Incremento de volumen que se produce entre estos dos instantes.

$\Delta v_{emax} \left(\frac{m^3}{kg} \right) \rightarrow$ Incremento de volumen específico máximo que se puede producir en el proceso de congelación.

$\alpha_L(K^{-1}) \rightarrow$ Coeficiente de expansión térmica lineal.

$\alpha_{Lt}(K^{-1}) \rightarrow$ Coeficiente de dilatación lineal del teflón.

$\alpha_{Lsil}(K^{-1}) \rightarrow$ Coeficiente de dilatación lineal de la silicona.

$\alpha_V(K^{-1}) \rightarrow$ Coeficiente de dilatación cúbica.

$\alpha_{Vh}(K^{-1}) \rightarrow$ Coeficiente de dilatación cúbica del hielo.

$\alpha_{Vsil}(K^{-1}) \rightarrow$ Coeficiente de dilatación cúbica de la silicona.

$\alpha_{Vsol}(K^{-1}) \rightarrow$ Coeficiente de dilatación cúbica del sólido a estudiar

$\alpha_{Vt}(K^{-1}) \rightarrow$ Coeficiente de dilatación cúbica del teflón.

$\varepsilon \rightarrow$ Reducción de diámetro $\varepsilon = \frac{D_i - D_f}{D_i}$

$\mu \left(\frac{Ns}{m^2} \right) \rightarrow$ Viscosidad del fluido que circula por la tubería.

$\Pi_{Cu} (m)$ → Perímetro mojado de la nueva configuración constituido por la superficie de la tubería de cobre.

$\Pi_m (m)$ → Perímetro mojado.

$\Pi_{nn} (m)$ → Perímetro mojado nueva configuración.

$\Pi_{sil} (m)$ → Perímetro mojado de la nueva configuración constituido por la superficie de la tubería de cobre.

$\rho \left(\frac{m^3}{kg} \right)$ → Densidad del fluido.

$\rho_A \left(\frac{kg}{m^3} \right)$ → Densidad del fluido en la configuración en la que circula únicamente agua.

$\rho_{ini} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$ → Densidad del agua en el instante inicial ($1000 \frac{kg}{m^3}$).

$\rho_M \left(\frac{kg}{m^3} \right)$ → Densidad del fluido en la configuración en la que circula agua más anticongelante.

$\rho_{0t} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$ → Densidad del teflón temperatura T_{0sol} y presión P_{0sol} .

$\rho_{0sil} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$ → Densidad de la silicona temperatura T_{0sol} y presión P_{0sol} .