

Hojas de formulas

Generadores de Vapor
2023

Balance General (combustible en base total)

$$\begin{aligned}
Q_p^s - Q_{perdidas} = & G_v \cdot (h_2 - h_1) + G_{H9H} \cdot [h_{H9H}(T_{ch}) - h_{H9H}(T_o)] + 9H \cdot h_{fg}(T_o) + \\
& + (H_2O)_{fuel} \cdot [h_{fg}(T_o) + c_{p_{vapor}} \cdot (T_{ch} - T_o) - c_{p_{liq}} \cdot (T_{fuel} - T_o)] + \\
& - [1 - (H_2O)_{fuel}] \cdot c_{p_{fuel}} \cdot (T_f - T_o) - G_{as} \cdot c_{pa} \cdot (T_a - T_o) + \\
& + G_{as} \cdot w_{as} \cdot c_{p_{vapor}} \cdot (T_{ch} - T_a) + G_{purga} \cdot (h_{liq.sat} - h_1) + \\
& + Ash \cdot c_{p_{ash}} \cdot (T_{ash} - T_o) + H_{qC'}^* + H_{qCO}^*
\end{aligned}$$

Balance al Hogar (combustible en base total)

$$\begin{aligned}
Q_p^s = & + Q_H + G_{H9H} \cdot [h_{H9H}(T_{SH}) - h_{H9H}(T_o)] + 9H \cdot h_{fg}(T_o) + \\
& + (H_2O)_{fuel} \cdot [h_{fg}(T_o) + c_{p_{vapor}} \cdot (T_{SH} - T_o) - c_{p_{liq}} \cdot (T_f - T_o)] + \\
& - [1 - (H_2O)_{fuel}] \cdot c_{p_f} \cdot (T_f - T_o) - G_{as} \cdot c_{pa} \cdot (T_{a'} - T_o) + \\
& + G_{as} \cdot w_{as} \cdot c_{p_{vapor}} \cdot (T_{SH} - T_{a'}) + \\
& + Ash \cdot c_{p_{ash}} \cdot (T_{ash} - T_o) + H_{qC'}^* + H_{qCO}^*
\end{aligned}$$

Calor hogar:

$$\dot{Q}_H = F_H \varepsilon_p \varepsilon_{ll} \sigma (T_g^4 - T_p^4)$$

$$\dot{Q}_H = 4,9 F_H \varepsilon_p \varepsilon_{ll} \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_p}{100} \right)^4 \right] \quad \text{en [kcal/h].}$$

Donde F_H representa el área corregida en función del área del hogar A_H y el factor de Hottel ε_{Hottel} :

- Hogares acuatubulares de tubos separados: $F_H = \varepsilon_{Hottel} A_H$
- Demás casos: $F_H = A_H$

La temperatura T_g es la media entre la temperatura de salida de los humos del hogar, T_{SH} , y la temperatura de llama adiabática T_{llad} :

$$T_g = \frac{T_{SH} + T_{llad}}{2}$$

Calor de vaporización:

$$Q_{vap} = Q_H + Q_{BC} = G_v \cdot (h_2 - h_{1'}) + G_{purga} \cdot (h_{liq.sat} - h_{1'}) + Q_{perdidas}$$

Donde $h_{1'}$ es la entalpía del agua antes de ingresar al domo.

Valores usuales**Calores específicos:**

- $c_{pfueloil} = 0,5 \text{ kcal/kg.K}$
- $c_{paire} = 0,24 \text{ kcal/kg.K}$
- $c_{pvapor} = 0,45 \text{ kcal/kg.K}$

Entalpía latente a 25°C:

- $h_{fgo} = 583,4 \text{ kcal/kg}$

Temperaturas de combustibles

- Fuel oil = 120 °C

- Otros - Temperatura ambiente (25°C)

Temperaturas de pared

- Hogar: $T_p = T_{SAT,VAP} + 20^\circ C$
- Tubos de humos: $T_p = T_{SAT,VAP} + 10^\circ C$
- Banco de convección: $T_p = T_{SAT,VAP} + 10^\circ C$
- Sobrecalentador: $T_p = T_{MED,VAP} + 50^\circ C$
- Economizador: $T_p = T_{MED,AG} + 10^\circ C$

Coefficientes de transferencia de calor por convección

Escurrecimiento dentro de tubos

$$h_{CONV} = 0,021(k/D)Re^{0,8}Pr^{0,43}(Pr/Pr_p)^{0,25} \quad \text{Régimen turbulento}$$

Escurrecimiento alrededor de tubos

$$h_{CONV} = 0,22(k/D)Re^{0,65}Pr^{0,36}(Pr/Pr_p)^{0,25} \quad \text{Tubos en Línea}$$

$$h_{CONV} = 0,40(k/D)Re^{0,60}Pr^{0,36}(Pr/Pr_p)^{0,25} \quad \text{Tubos en Tresbolillo}$$

Formulas para el método NTU

Co-Corriente

$$NTU = -\frac{Ln[1 - \varepsilon A_o]}{A_o} \quad \text{con } A_o = (1 + C_r)$$

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp(-NTU A_o)}{A_o} \quad \text{con } A_o = (1 + C_r)$$

Contra Corriente

$$NTU = \frac{1}{C_r - 1} Ln \left[\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon C_r - 1} \right]$$

$$\varepsilon = \frac{1 - A_1}{1 - C_r A_1} \quad \text{con } A_1 = \exp[-NTU((1 - C_r))]$$

Cr = 1

$$NTU = \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon}$$

$$\varepsilon = \frac{NTU}{1 + NTU}$$

Flujo Cruzado un paso [Cmax mezclado, Cmin sin mezclar]

$$NTU = -Ln \left[1 + \frac{1}{C_r} Ln(1 - \varepsilon C_r) \right]$$

$$\varepsilon = \frac{1}{C_r} [1 - \exp[-C_r (1 - \exp(-NTU))]]$$

Flujo Cruzado un paso [Cmax sin mezclar, Cmin mezclado]

$$NTU = -\frac{1}{C_r} Ln [C_r Ln(1 - \varepsilon) + 1]$$

$$\varepsilon = 1 - \exp \left[-\frac{1}{C_r} [1 - \exp(-C_r NTU)] \right]$$

Cr = 0

$$NTU = -Ln(1 - \varepsilon)$$

$$\varepsilon = 1 - \exp(-NTU)$$