

Problema 1

1) A una cámara de combustión entran aire y un combustible desconocido en un proceso de flujo estacionario a una presión de 1 atm. La temperatura del aire y del combustible a la entrada es 25 °C y la temperatura de los productos que salen es 800 K.

El análisis Orsat de los productos es: 3,43% CO₂ , 0% CO , 16% O₂.

El poder calorífico inferior del combustible es 44000 kJ/kg.

$M_{Carbono} = 12,011 \text{ kg/kmol}$ $M_{Hidrógeno} = 1,008 \text{ kg/kmol}$

Despreciando los cambios de energía cinética, se requiere:

- Calcular la relación gravimétrica de aire-combustible y el porcentaje de exceso de aire.
- Calcular la masa total de aire y combustible suministrado a la cámara por kmol de producto que sale.
- Demostrar que la entalpía de formación del combustible es (aproximadamente):

$$\bar{h}_f^o = -148866 \text{ kJ/kmol}$$

- Calcular el calor transferido por kg de combustible que entra a la cámara.

Datos:

$$T_{aire} = 25 \text{ }^\circ\text{C.} \quad M_C = 12,011 \text{ kg/kmol}$$

$$T_{comb} = 25 \text{ }^\circ\text{C.} \quad M_H = 1,008 \text{ kg/kmol}$$

$$T_{prod} = 800 \text{ K.}$$

Ensayo Orsat:

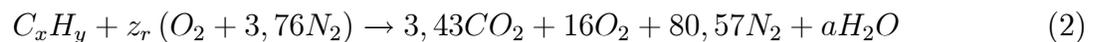
3,43% CO₂ , 0% CO , 16% O₂

Poder Calorífico Inferior: $PC_i = 44000 \text{ kJ/kg}$

Solución:

$$\%N_2 = 100 - \%CO_2 - \%CO - \%O_2 = 100 - 3,43 - 16 = 80,57 \quad (1)$$

Ecuación Real



Balanceando:

$$\begin{array}{lll} C : & x = 3,43 & x = 3,43 \\ H : & y = 2a & y = 7,993 \\ O : & 2z_r = 2 * 3,43 + 2 * 16 + a & a = 3,996 \\ N_2 : & 3,76z_r = 80,57 & z_r = 21,42 \end{array}$$

Ecuación Teórica



Balanceando:

$$\begin{array}{ll}
C : & 3,43 = a & a = 3,43 \\
H : & 7,993 = 2c & c = 3,996 \\
O : & 2z_t = 2 * a + c & z_t = 5,428 \\
N_2 : & 3,76z_t = b & b = 20,409
\end{array}$$

$$M_{comb} = x * M_C + y * M_H = 3,43 * 12,011 + 7,993 * 1,008 = 49,255 \text{ kg/kmol}$$

Parte a)

Relación aire-combustible:

$$AC = \frac{4,76 * z_r * M_{aire}}{n_{comb} * M_{comb}} = \frac{4,76 * 21,42 * 28,97}{1 * 49,255} \quad (4)$$

$$\boxed{AC = 59,969 \text{ kg}_{aire}/\text{kg}_{comb}} \quad (5)$$

Exceso de aire:

$$\%aire_{real} = \frac{z_r}{z_t} * 100 = \frac{21,42}{5,428} * 100 = 394,6\%$$

$$\%aire_{exceso} = \%aire_{real} - 100\% = 394,6\% - 100\%$$

$$\boxed{\%aire_{exceso} = 294,6\%} \quad (6)$$

Parte b)

Masa de aire por kmol de producto

$$n_{prod} = 3,43 + 16 + 80,57 + 3,996 = 103,996$$

$$\frac{m_{aire}}{kmol_{prod}} = \frac{4,76 * z_r * M_{aire}}{n_{prod}} = \frac{4,76 * 21,42 * 28,97}{103,996}$$

$$\boxed{\frac{m_{aire}}{kmol_{prod}} = 28,403 \text{ kg/kmol}} \quad (7)$$

Masa de combustible por kmol de producto

$$\frac{m_{comb}}{kmol_{prod}} = \frac{1 * M_{comb}}{n_{prod}} = \frac{1 * 49,255}{103,996}$$

$$\boxed{\frac{m_{comb}}{kmol_{prod}} = 0,4736 \text{ kg/kmol}} \quad (8)$$

Parte c)

Poder Calórico = -1 * calor de reacción teórico

Primera ley para la ecuación teórica considerando los reactivos y productos a 1 atm y 25 °C. (Se considera el agua en los productos en fase gaseosa ya que el poder calorífico dado, es el inferior).

$$\bar{q} = \sum n_p \bar{h}_p - \sum n_r \bar{h}_r \quad (9)$$

$$\bar{q} = -1 * PC_i * M_{comb} = 3,43 * \bar{h}_{f,CO_2}^o + 3,996 * \bar{h}_{f,H_2O(g)}^o - 1 * h_{f,comb}^o \quad (10)$$

$$-44000 * 49,255 = 3,43 (-393520) + 3,996 (-241820) - h_{f,comb}^o \quad (11)$$

$$\boxed{h_{f,comb}^o = -148866,32 \text{ kJ/kmol}} \quad (12)$$

Parte d)

Usando la ecuación real:

$$\bar{q} = \sum n_p \bar{h}_p - \sum n_r \bar{h}_r \quad (13)$$

$$\bar{q} = 3,43 (\bar{h}_f^o + \Delta \bar{h})_{CO_2} + 16 * \Delta \bar{h}_{O_2} + 80,57 * \Delta \bar{h}_{N_2} + 3,996 (\bar{h}_f^o + \Delta \bar{h})_{H_2O} - h_{f,comb}^o \quad (14)$$

$$\bar{q} = 3,43 (-393520 + 22806) + 16 * 15836 + 80,57 * 15046 + \quad (15)$$

$$3,996 (-241820 + 18002) - (-148866,32) \quad (16)$$

$$\bar{q} = -551427,208 \text{ kJ/kmol} \quad (17)$$

$$q = \frac{\bar{q}}{M_{comb}} = \frac{-551427,208 \text{ kJ/kmol}}{49,255 \text{ kg/kmol}} \quad (18)$$

$$\boxed{q = -11195,355 \text{ kJ/kg}} \quad (19)$$