

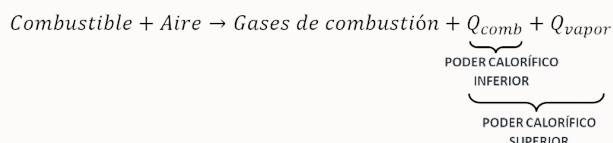
Nomenclatura

PCI [kcal/kg _{comb}]	Poder calorífico inferior
PCS [kcal/kg _{comb}]	Poder calorífico superior
H, S, C, O	% del elemento en peso por kilogramo de combustible (cant. centesimal)
H ₂ O	% de humedad en el combustible
G	Peso
m	Masa
C	Calor latente
c _p	Calor específico

UNIDAD 2

COMBUSTIBLES PARA GENERADORES DE CALOR

Poder calorífico



Relación entre los poderes caloríficos

$$PCI = PCS - Q_{\text{vapor}} = PCS - 579G$$

$$PCI = PCS - 579(9H + H_2O)$$

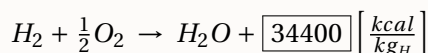
Q_{vapor} Calor de condensación del vapor de agua

G % en peso del agua formada por la combustión más la humedad del combustible.

579 Calor de condensación del agua a 0°C.

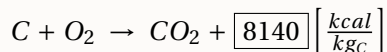
HIDRÓGENO

Reacción química de la combustión completa del hidrógeno

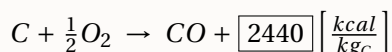


CARBONO

Reacción química de la combustión completa del carbono

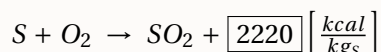


Reacción química de la combustión incompleta del carbono



AZUFRE

Reacción química de la combustión para el azufre.



Método analítico

FÓRMULA DE DULONG

PC de un combustible seco

$$PCS = PCI = 8140C + 34400 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2220S$$

PCI de un combustible húmedo

$$PCI = 8140C + 34400 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2220S - 600H_2O$$

FÓRMULA DE HUTTE

PCS de un combustible húmedo

$$PCI = 8100C + 29000 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500S - 600H_2O$$

FÓRMULA DE LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ALEMANES

PCI de un combustible húmedo

$$PCI = 8080C + 29000 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500S - 600H_2O$$

$\frac{O}{8}$ % de H_2 en peso combinado con el O_2 del combustible dando *agua de combinación*

$H - \frac{O}{8}$ % de *hidrógeno disponible* en peso que se oxida con el aire (O_2) para dar *agua de formación*

Método práctico

CALORÍMETRO DE MAHLER Y KROEKER

Supone que el calor Q generado dentro de la bomba calorimétrica es absorbido por los elementos que la rodean:

- Agua contenida
- Agitador
- Termómetro
- Bomba
- Recipiente

Y dicho calor es cedido por la combustión y el alambre:

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_{\text{combustible}} + Q_{\text{alambre}} \\
 &= (m_w c_{p_w} + E_{\text{aparato}}) \Delta t \\
 PCS &= \frac{Q_{\text{comb}}}{G_{\text{comb}}}
 \end{aligned}$$

$$PCS = \frac{(m_w c_{p_w} + E_{\text{aparato}}) \Delta t - m_{\text{alam}} C_{\text{alam}}}{G_{\text{comb}}}$$

$$PCI = PCS - 600 \frac{G_w}{G_{\text{comb}}}$$

G_w Peso total de agua existente
= *papel húmedo* – *papel seco*

G_{comb} Peso de combustible quemado

Relación entre los poderes caloríficos:

$$PCI = PCS - 597 \times G = PCS - 597(9H + H_2O)$$

Siendo:

597 Calor de condensación del agua a 0 °C
G Porcentaje en peso del agua formada por la combustión del H_2 más la humedad propia del combustible

Recordando: $G = 9H + H_2O$ ↑

9 Son los kilos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrógeno.
H % de hidrógeno contenido en el combustible.
H₂O % de humedad del combustible.

Método analítico

Formulas de Dulong

PCS comb. seco

$$PCS = 8,140 \times C + 34,400 \times (H - O/8) + 2,220 \times S$$

PCI comb. seco:

$$PCI = 8,140 \times C + 29,000 \times (H - O/8) + 2,220 \times S$$

PCI comb. húmedo:

$$PCI = 8,140 \times C + 29,000 \times (H - O/8) + 2,220 \times S - 600 \times H_2O$$

Formula de Hutte

PCI comb. húmedo

$$8,100 \times C + 29,000 \times (H - O/8) + 2,500 \times S - 600 \times H_2O$$

Formula de Asociación de Ing. Alemanes

PCI comb. húmedo

$$PCI = 8,080 \times C + 29,000 \times (H - O/8) + 2,500 \times S - 600 \times H_2O$$

C Cantidad centesimal de carbono en peso por kilogramo combustible

H Cantidad centesimal de hidrógeno total en peso por kilogramo de combustible

O Cantidad centesimal de oxígeno en peso por kilogramo combustible

S Cantidad centesimal de azufre en peso por kilogramo combustible

O / 8 Cantidad centesimal de hidrógeno en peso que se encuentra combinado con el oxígeno del mismo combustible dando “agua de combinación”

(H - O/8) Cantidad centesimal de “hidrógeno disponible”, en peso realmente disponible para que se oxide con el oxígeno del aire, dando “agua de formación”

Método práctico**CALORIMETRO DE MAHLER Y KROEGER**

$$Q = Q_{\text{agua}} + Q_{\text{termometro}} + Q_{\text{agitador}} + Q_{\text{recipiente}} + Q_{\text{vaso}}$$

$$Q = \Delta T (m_{\text{agua}} c_{p\text{agua}} + m_{\text{termometro}} c_{p\text{termometro}} + m_{\text{agitador}} c_{p\text{agitador}} + m_{\text{recipiente}} c_{p\text{recipiente}} + m_{\text{vaso}} c_{p\text{vaso}})$$

$$Q = (m_{\text{agua}} c_{p\text{agua}} + E_{\text{aparato}}) \Delta T$$

Para determinar el poder calorífico:

$$Q = Q_{\text{combustible}} + Q_{\text{alambre}}$$

$$Q_{\text{comb}} = Q - Q_{\text{alambre}}$$

Reemplazo:

$$Q_{\text{comb}} = (m_{\text{agua}} c_{p\text{agua}} + E_{\text{aparato}}) \Delta T - m_{\text{alambre}} C_{\text{alambre}}$$

Nos queda:

$$\text{PCS} = \frac{Q_{\text{combustible}}}{G_{\text{combustible}}}$$

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 600(9H + H_2O) = \text{PCS} - 600 \frac{G_{\text{agua}}}{G_{\text{combustible}}}$$

G_{agua} representa el peso del total de agua existente = (peso papel humedo - peso papel seco)

$G_{\text{combustible}}$ el peso de combustible quemado

Aire mínimo para una combustión perfecta

$$G_{t \text{ aire}} = 11,6g_c + 34,78g_{hd} + 4,35g_s \text{ [Kg}_{\text{aire}}/\text{Kg}_{\text{comb}}\text{]} \quad (1)$$

$$V_{t \text{ aire}} = 8,89g_c + 26,27g_{hd} + 3,34g_s \text{ [m}^3_{\text{aire}}/\text{Kg}_{\text{comb}}\text{]} \quad (2)$$

Donde

$$g_{hd} = g_h - \frac{g_{o_2}}{2}$$

g_c composición gravimétrica carbono

g_h composición gravimétrica hidrógeno

g_{o_2} composición gravimétrica oxígeno

g_s composición gravimétrica azufre

-

En la práctica es necesario trabajar con un exceso de aire para que asegurar la combustión perfecta:

$$V_{R \text{ aire}} = (1 + e) V_{t \text{ aire}} [m^3_{\text{aire}}/\text{Kg}_{\text{comb}}\text{]} \quad (3)$$

Gases de combustión

$$g_h = (3,67g_c + 9g_{hd} + 2g_s) + 3,35(2,67g_c + 8g_{hd} + g_s) + g_w \text{ [Kg}_{\text{humo}}/\text{Kg}_{\text{comb}}\text{]} \quad (4)$$

$$V_h = 1,897g_c + 11,2g_{hd} + 0,7g_s + 3,76(1,867g_c + 5,6g_{hd} + 0,7g_s) + 1,24g_w \text{ [m}^2_{\text{humo}}/\text{Kg}_{\text{comb}}\text{]} \quad (5)$$

Exceso de aire

g_h (kg de gases húmedos/ kg de combustible)
 e (coeficiente de exceso de aire)
 g'_S (kg gases secos / kg carbono)
 g''_S (kg gases secos / kmol combustible)
 μ (masa molecular) (kg/kmol)
 G_{AT} (kg de aire teórico / kg de combustible)
 g_S (kg gases secos/ kg de combustible)
 g_C kg de carbono / kg de combustible)
 g'_C (kg carbono / kmol combustible)
 g_w (kg de aire teórico/ kg combustible)
 r composición volumetrica

$$g_h = 1 + e G_{AT}$$

$$e = \frac{g_h - 1}{G_{AT}}$$

$$g_h = g_s + g_w$$

$$g_s = g'_S g_C$$

$$g'_S = \frac{G''_S}{g'_C}$$

$$g_i = \mu_i r_i$$

$$g''_S = \sum_{i=1}^n \mu_i r_i$$

$$g'_C = \sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}$$

$$g'_S = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i r_i}{\sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}}$$

$$g_h = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i r_i}{\sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}} g_C + g_w$$

$$g_w = 9 g_{he}$$

$$G_{AT} = 11,6 g_C + 37,38 g_{hd} + 4,35 g_S$$

para mi aca g_S es del azufre, no gases secos/comb.

Yo copié las formulas, pero los analisis dimensionales no dan en algunos...

Volumen humos combustión imperfecta