

**METODO DE CALCULO DEL SO<sub>2</sub> TEORICO CONTENIDO EN  
LOS GASES DE ESCAPE , EN LA COMBUSTION DEL FUEL-OIL**

**rb bertomeu S.L.  
Marzo-2000**

**DATOS NECESARIOS :**

1 – Análisis del Fuel-oil : **% C y % H<sub>2</sub>**

Si se desconoce el análisis se puede tomar el siguiente dato medio como  
análisis tipo :

$$\% C = 84,5 \%$$

$$\% H_2 = 11,5 \%$$

2 – Análisis de Azufre del Fuel-oil : **% S**

3 – Exceso de aire en los gases de escape : **% Exceso**

4 – Análisis medio de Oxígeno en los gases de escape : **% O<sub>2</sub>**

5 – Oxígeno de referencia para presentación de datos de emisión : **% O<sub>2</sub> Ref**

**CALCULO 1 :**

Cálculo del aire estequiométrico necesario para quemar 1 Kg de Fuel-oil , en  
función del análisis ( % C , % H<sub>2</sub> , % S ):

$$(a) \text{ Oxígeno para el C} = (\%C/100) \times 22,4 / 12 \quad \text{m}^3$$

$$(b) \text{ Oxígeno para el H}_2 = (\%H_2/100) \times 22,4 / 4 \quad \text{m}^3$$

$$(c) \text{ Oxígeno para el S} = (\%S/100) \times 22,4 / 32 \quad \text{m}^3$$

$$(d) \text{ Oxígeno total} = (a) + (b) + (c) = O_2$$

$$\text{Aire seco estequiométrico necesario} = (d) O_2 / 0,21 = \text{Aire Nm}^3 / \text{Kg Fuel-oil}$$

**CALCULO 2 : Gases escapados de la combustión**

**Volumen de gases formados en la combustión estequiométrica :**

$$(a') \quad CO_2 = (\%C/100) \times 22,4 / 12 \quad \text{N m}^3$$

$$(b') \quad H_2O = (\%H_2/100) \times 22,4 / 2 \quad \text{N m}^3$$

$$(c') \quad SO_2 = (\%S/100) \times 22,4 / 32 \quad \text{N m}^3$$

$$(d') \quad N_2 = \text{Aire estequiométrico} \times 0,79 \quad \text{N m}^3$$

$$\text{GHE} = \text{Gases húmedos esteq.} = (a') + (b') + (c') + (d') \text{ Nm}^3 / \text{Kg Fuel-oil}$$

$$\text{GSE} = \text{Gases secos esteq.} = (a') + (c') + (d') \text{ Nm}^3 / \text{Kg Fuel-oil}$$

**Aire en exceso :**

$$\text{Aire en exceso} = \text{Aire estequiométrico} \times \% \text{ Exceso} / 100$$

**Gases totales escapados de la combustión :**

$$\text{GHT} = \text{Gases húmedos totales escapados} = \text{Aire en exceso} + \text{GHE}$$

$$\text{GST} = \text{Gases secos totales escapados} = \text{Aire en exceso} + \text{GSE}$$

**CALCULO 3 : Emisión teórica de SO<sub>2</sub> con los gases de escape**

**ST = SO<sub>2</sub> máximo emitido =**

$$\% \text{ S} \times 10000 \times 64 / 32 = \% \text{ S} \times 20000 = \text{mg S} / \text{Kg Fuel-oil}$$

**Concentración de SO<sub>2</sub> máxima teórica en gases , referida al % O<sub>2</sub> medido :**

$$\text{A) Sobre gases húmedos : SO}_2 \text{ ( mg/Nm}^3\text{) = ST / GHT}$$

$$\text{B) Sobre gases secos : SO}_2 \text{ ( mg/Nm}^3\text{) = ST / GST}$$

**Concentración de SO<sub>2</sub> máxima teórica en gases , referida al % O<sub>2</sub> de Referencia :**

**C) Sobre gases húmedos :**

$$\text{SO}_2 \text{ ( mg/Nm}^3\text{) = (A) x (21 - \% \text{O}_2 \text{ Ref) / (21 - \% \text{O}_2 \text{ medido)}$$

**D) Sobre gases secos :**

$$\text{SO}_2 \text{ ( mg/Nm}^3\text{) = (B) x (21 - \% \text{O}_2 \text{ Ref) / (21 - \% \text{O}_2 \text{ medido)}$$

**NOTAS :**

- 1 - Las emisiones de SO<sub>2</sub> calculadas , normalmente se deben referir a gases secos .
- 2 - Las emisiones calculadas son las máximas teóricamente posibles con los datos de % S y % Exceso de aire aplicados . En la práctica , las emisiones reales son algo inferiores debido a que parte del SO<sub>2</sub> se transforma en Sulfatos (cálcico básicamente) y parte en SO<sub>3</sub> . El cálculo , pues , representa la emisión máxima de Azufre expresada como SO<sub>2</sub> .
- 3 - Los datos de emisión se referirán al % O<sub>2</sub> de referencia , de acuerdo con la legislación vigente en cada Comunidad Autónoma , para el tipo de instalación de combustión utilizada.

**EJEMPLO :**

**DATOS :**

**Análisis del fuel-oil :**

$$\begin{aligned} \% C &= 84,5 \% \\ \% H_2 &= 11,5 \% \\ \% S &= 2,3 \% \end{aligned}$$

**Análisis de los gases de escape :**

$$\begin{aligned} \% O_2 &= 13,4 \% \\ \text{Exceso de aire} &= 185 \% \end{aligned}$$

**Oxígeno de referencia para los datos finales de emisión :** 5 %

**CALCULO 1 : Aire estequiométrico necesario**

$$\begin{aligned} \text{Oxígeno para el C} &= (84,5/100) \times 22,4 / 12 &= 1,5773 \text{ Nm}^3 \\ \text{Oxígeno para el H}_2 &= (11,5/100) \times 22,4 / 4 &= 0,6440 \text{ Nm}^3 \\ \text{Oxígeno para el S} &= (2,3/100) \times 22,4 / 32 &= 0,0161 \text{ Nm}^3 \\ \text{Oxígeno Total} &= 1,5773 + 0,644 + 0,0161 &= 2,2374 \text{ Nm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Aire estequiométrico necesario} = 2,2374 / 0,21 = 10,654 \text{ Nm}^3 / \text{Kg de Fuel-oil}$$

**CALCULO 2 : Gases escapados de la combustión**

$$\begin{aligned} CO_2 &= (84,5/100) \times 22,4 / 12 &= 1,5773 \text{ Nm}^3 \\ H_2O &= (11,5/100) \times 22,4 / 2 &= 1,2880 \text{ Nm}^3 \\ SO_2 &= (2,3/100) \times 22,4 / 32 &= 0,0161 \text{ Nm}^3 \\ N_2 &= 10,654 \times 0,79 &= 8,4167 \text{ Nm}^3 \end{aligned}$$

Gases húmedos estequiométricos =

$$1,5773 + 1,288 + 0,0161 + 8,4167 = 11,2981 \text{ Nm}^3 / \text{Kg Fuel-oil}$$

Gases secos estequiométricos =

$$1,5773 + 0,0161 + 8,4167 = 10,0101 \text{ Nm}^3 / \text{Kg Fuel-oil}$$

$$\text{Aire en exceso} = 10,654 \times 185 / 100 = 19,7099 \text{ Nm}^3 / \text{Kg Fuel-oil}$$

Total gases escapados de la combustión :

GHT = Gases húmedos totales escapados =

$$19,7099 + 11,2981 = 31,008 \text{ Nm}^3 / \text{Kg Fuel-oil}$$

GST = Gases secos totales escapados =

$$19,7099 + 10,0101 = 29,720 \text{ Nm}^3 / \text{Kg Fuel-oil}$$

### **CALCULO 3 : Emisiones teóricas de SO<sub>2</sub>**

ST = SO<sub>2</sub> total máximo emitido =  $2,3 \times 20000 = 46000 \text{ mg} / \text{Kg Fuel-oil}$

Concentración de SO<sub>2</sub> referida al % O<sub>2</sub> real medido ( 13,4 % ) :

A) Sobre gases húmedos =  $46000 / 31,008 = 1483 \text{ mg} / \text{Nm}^3$

B) Sobre gases secos =  $46000 / 29,720 = 1548 \text{ mg} / \text{Nm}^3$

Concentración de SO<sub>2</sub> referida al % O<sub>2</sub> de referencia para datos ( 5 % ) :

C) Sobre gases húmedos =  $1483 \times (21-5) / (21-13,4) = 3122 \text{ mg} / \text{Nm}^3$

D) Sobre gases secos =  $1548 \times (21-5) / (21-13,4) = 3259 \text{ mg} / \text{Nm}^3$