

ESTUDIO DE EMISIONES

CALCULO

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

JULIO GARAVITO

## Resultados del muestreo preliminar (promedios)

**Cabeza de velocidad promedio  $(\sqrt{\Delta P})_{avg}$**

$$(\sqrt{\Delta P})_{avg} = (\sqrt{0,02} + \sqrt{0,03} + \sqrt{0,04} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,13} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,13} + \sqrt{0,14} + \sqrt{0,15} + \sqrt{0,15} + \sqrt{0,15} + \sqrt{0,14} + \sqrt{0,13} + \sqrt{0,15} + \sqrt{0,15} + \sqrt{0,15} + \sqrt{0,16} + \sqrt{0,13} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,13} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,13} + \sqrt{0,10} + \sqrt{0,11})/24 = 0,3400983 \text{ in } H_2O$$

**Presion estatica promedio  $(P_g)_{avg}$**

$$(P_g)_{avg} = ((-0,12) + (-0,13) + (-0,14) + (-0,14) + (-0,14) + (-0,15) + (-0,16) + (-0,16) + (-0,17) + (-0,16) + (-0,15) + (-0,16) + (-0,16) + (-0,17) + (-0,16) + (-0,17) + (-0,17) + (-0,15) + (-0,15) + (-0,15) + (-0,15) + (-0,15) + (-0,15) + (-0,14) + (-0,15))/24 = -0,15208 \text{ in } H_2O$$

**Temperatura en la chimenea promedio  $(t_s)_{avg}$**

$$(t_s)_{avg} = (161 + 192 + 200 + 310 + 334 + 344 + 395 + 402 + 406 + 406 + 407 + 406 + 409 + 406 + 407 + 410 + 412 + 411 + 392 + 357 + 304 + 252 + 234 + 228)/24 = 341,04 \text{ } ^\circ F$$

**Temperatura en el medidor promedio  $(t_m)_{avg}$**

$$(t_m)_{avg} = (67,5 + 69,5 + 70,5 + 71 + 71,5 + 72 + 72,5 + 72,5 + 73 + 73 + 73 + 73,5 + 74,5 + 75,5 + 76,5 + 77,5 + 78,5 + 79,5 + 80,5 + 81,5 + 82,5 + 83,5 + 84,5 + 85,5)/24 = 75,81 \text{ } ^\circ F$$

## Presiones y temperaturas absolutas - muestreo preliminar

Presion absoluta en la chimenea,

$$P_s = P_b + \frac{P_g}{13,6} = 22,04 + \frac{-0,15208}{13,6} = 22,028 \text{ in Hg}$$

Presion absoluta en el medidor,

$$P_m = P_b + \frac{\Delta H@}{13,6} = 22,04 + \frac{1,785}{13,6} = 22,171 \text{ in Hg}$$

Temperatura absoluta en la chimenea,

$$T_s = t_s + 460 = 801,04 \text{ } ^\circ R$$

Temperatura absoluta en el medidor,

$$T_m = t_m + 460 = 535,81 \text{ } ^\circ R$$

## Ecuacion de gases ideales y mezcla de gases

Contenido de nitrogeno

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%O_2 + \%CO)$$

$$\%N_2 = 100 - (13,5 + 3,5 + 0,0) = 83,0$$

Peso molecular del gas (base seca)

$$M_d = 0,440(\%CO_2) + 0,320(\%O_2) + 0,280(\%N_2 + \%CO)$$

$$M_d = 0,440(13,5) + 0,320(3,5) + 0,280(83,0 + 0,0) = 30,3 \text{ lb/lb-mol}$$

Peso molecular del gas (base humeda, condiciones de chimenea)

$$M_s = M_d(1 - B_{ws}) + 18B_{ws}$$

$$M_s = 30,3(1 - 0,0621) + 18(0,0621) = 29,54 \text{ lb/lb-mol}$$

## Diametro de la boquilla

Eleccion del diametro de la boquilla. Datos del muestreo preliminar

$$D_n = \sqrt{\frac{0,0358 Q_m P_m}{T_m C_p} \frac{1}{(1 - B_{ws})} \sqrt{\frac{T_s M_s}{P_s \Delta p_{avg}}}}$$

Donde  $Q_m$  es 0.75 cfm, o cualquier otro deseado.

$$D_n = \sqrt{\frac{0,0358 Q_m P_m}{T_m C_p} \frac{1}{(1 - B_{ws})} \frac{1}{(\sqrt{\Delta p})_{avg}} \sqrt{\frac{T_s M_s}{P_s}}}}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{(0,0358) (0,75)(22,171)}{(535,81)(0,85)} \frac{1}{(1 - 0,0621)} \frac{1}{(0,3400983)} \sqrt{\frac{(801,4)(29,54)}{(22,028)}}} = 0,3624 \text{ in}$$

## Ecuacion isocinetica de trabajo

Determinacion de la constante isocinetica de muestreo. Tener en cuenta que se elige una boquilla real de 0.375 in.,

$$\Delta H = \left[ 846,72 D_n^4 \Delta H @ C_p^2 (1 - B_{ws})^2 \frac{M_d T_m P_s}{M_s T_s P_m} \right] \Delta p$$

$$\Delta H = \left[ 846,72 (0,375)^4 (1,785) (0,85)^2 (1 - 0,0621)^2 \frac{30,3}{29,53} \frac{535,81}{801,04} \frac{22,028}{22,1171} \right] \Delta p$$

$$\Delta H = \left[ 12,95 \right] \Delta p$$

## Resultados del muestreo definitivo (promedio)

Cabeza de velocidad promedio  $(\sqrt{\Delta P})_{avg}$

$$(\sqrt{\Delta P})_{avg} = (\sqrt{0,06} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,13} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,11} + \sqrt{0,11} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,11} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,07} + \sqrt{0,07} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,05} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,04} + \sqrt{0,07})/24 = 0,2878 \text{ in } H_2O$$

Caída de presión en el medidor promedio  $(\Delta H)_{avg}$

$$(\Delta H)_{avg} = (0,78 + 0,78 + 0,78 + 0,78 + 0,78 + 1,3 + 1,3 + 1,7 + 1,6 + 1,6 + 1,4 + 1,4 + 1,3 + 1,4 + 1,3 + 1,6 + 1,3 + 0,91 + 0,91 + 0,78 + 0,65 + 0,78 + 0,52 + 0,91)/24 = 1,1067 \text{ in } H_2O$$

Presión estática promedio  $(P_g)_{avg}$ ,

$$(P_g)_{avg} = -0,15208 \text{ in } H_2O$$

Si las condiciones del muestreo definitivo no cambian substancialmente frente a las del muestreo preliminar, la presión estática es la misma.

## Resultados del muestreo definitivo (promedio)

Temperatura promedio en la chimenea  $(t_s)_{avg}$

$$(t_s)_{avg} = (197 + 209 + 229 + 283 + 297 + 308 + 313 + 331 + 339 + 343 + 335 + 397 + 421 + 410 + 380 + 378 + 374 + 392 + 391 + 372 + 326 + 292 + 228 + 186)/24 = 322,12 \text{ } ^\circ F$$

Temperatura promedio en el medidor  $(t_m)_{avg}$

$$(t_m)_{avg} = (87,5 + 92 + 92,5 + 94 + 95 + 97 + 98 + 99 + 100 + 101 + 101 + 101,5 + 101,5 + 101,5 + 102 + 102 + 102,5 + 102 + 102,5 + 102,5 + 102,5 + 103 + 103,5 + 103,5)/24 = 99,45 \text{ } ^\circ F$$



## Presiones y temperaturas absolutas - muestreo definitivo

Presion absoluta en la chimenea (no cambia),

$$P_s = P_b + \frac{P_g}{13,6} = 22,04 + \frac{-0,15208}{13,6} = 22,028 \text{ in Hg}$$

Presion absoluta en el medidor,

$$P_m = P_b + \frac{\Delta H}{13,6} = 22,04 + \frac{1,1067}{13,6} = 22,12 \text{ in Hg}$$

Temperatura absoluta en la chimenea,

$$T_s = t_s + 460 = 782,12 \text{ } ^\circ R$$

Temperatura absoluta en el medidor,

$$T_m = t_m + 460 = 559,45 \text{ } ^\circ R$$

## Otros calculos intermedios - muestreo definitivo

Volumen de muestra a condiciones estandar,  $V_m(std)$  dscf,

$$V_m(std) = V_m Y \frac{T_{std}}{T_m} \left( \frac{P_{bar} + (\Delta H/13,6)}{P_{std}} \right)$$

$$V_m(std) = V_m Y \frac{T_{std}}{P_{std}} \left( \frac{P_m}{T_m} \right) = (17,94) V_m Y \left( \frac{P_m}{T_m} \right)$$

$$V_m(std) = (17,94)(287,9 - 236,71) 1,002 \left( \frac{22,12}{559,45} \right) = 36,3830$$

Volumen de vapor de agua a condiciones estandar,  $V_w(std)$  scf

$$V_w(std) = V_{wc}(std) + V_{sg}(std)$$

Volumen de vapor de agua condensada,  $V_{wc}(std)$  scf

$$V_{wc}(std) = \frac{\rho_w R T_{std}}{M_w P_{std}} (V_f - V_i)$$

$$V_{wc}(std) = k1(V_f - V_i) = 0,04795(V_f - V_i) = 0,04795(40) = 1,918$$

## Otros calculos intermedios - muestreo definitivo

Volumen de vapor de agua en silica gel,  $V_{sg}(std)$  scf

$$V_{sg}(std) = \frac{R T_{std}}{M_w P_{std}} (W_f - W_i)$$

$$V_{sg}(std) = k_2(W_f - W_i) = 0,047988(W_f - W_i) = 0,047988(7,65) = 0,3671$$

$$V_w(std) = V_{wc}(std) + V_{sg}(std) = 1,918 + 0,3671 = 2,2851$$

Fraccion de humedad,

$$B_{ws} = \frac{V_w(std)}{V_m(std) + V_w(std)} = \frac{2,2851}{36,3830 + 2,2851} = 0,0590$$

## Resultados finales

Peso molecular del gas (base húmeda, condiciones de chimenea)

$$M_s = M_d(1 - B_{ws}) + 18B_{ws}$$

$$M_s = 30,3(1 - 0,0590) + 18(0,0590) = 29,57 \text{ lb/lb-mol}$$

Cabeza de velocidad promedio  $(\sqrt{\Delta P})_{avg}$

$$(\sqrt{\Delta P})_{avg} = (\sqrt{0,06} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,13} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,11} + \sqrt{0,11} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,11} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,12} + \sqrt{0,1} + \sqrt{0,07} + \sqrt{0,07} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,05} + \sqrt{0,06} + \sqrt{0,04} + \sqrt{0,07})/24 = 0,2878 \text{ in } H_2O$$

Temperatura en la chimenea promedio  $(t_s)_{avg}$

$$(t_s)_{avg} = (197 + 209 + 229 + 283 + 297 + 308 + 313 + 331 + 339 + 343 + 335 + 397 + 421 + 410 + 380 + 378 + 374 + 392 + 391 + 372 + 326 + 292 + 228 + 186)/24 = 322,12 \text{ } ^\circ F$$

Temperatura absoluta en la chimenea,

$$T_s = t_s + 460 = 782,12 \text{ } ^\circ R$$

## Resultados finales

Temperatura en el medidor promedio  $(t_m)_{avg}$ ,

$$(t_m)_{avg} = (87,5 + 92 + 92,5 + 94 + 95 + 97 + 98 + 99 + 100 + 101 + 101 + 101,5 + 101,5 + 101,5 + 102 + 102 + 102,5 + 102 + 102,5 + 102,5 + 102,5 + 103 + 103,5 + 103,5)/24 = 99,47^\circ F$$

Temperatura absoluta en el medidor,

$$T_m = t_m + 460 = 559,47^\circ R$$

Velocidad de los gases en la chimenea,  $ft/s$

$$v_s = K_p C_p (\sqrt{\Delta p})_{avg} \sqrt{\frac{T_s}{P_s M_s}}$$

$$v_s = (85,49) (0,85) ()_{avg} \sqrt{\frac{782,12}{(22,12) (29,57)}} = 22,86$$

## Resultados finales

Tasa volumetrica de gases a condiciones estandar,  $Q(std)$

$$Q(std) = 3600 (1 - B_{ws}) V_s A_s \left( \frac{T_{std}}{T_s} \right) \left( \frac{P_s}{P_{std}} \right)$$

$$Q(std) = 3600 (1 - 0,059) (22,86) (1,1573) \left( \frac{537}{782,12} \right) \left( \frac{22,028}{29,92} \right) = 45303,17 \text{ dcsfh}$$

Rata volumetrica a condiciones de chimenea,  $Q_s$

$$Q_s = 3600 V_s A_s = 3600 (22,86)(1,1573) = 95241,16cfh$$

Volumen de lavado de acetona, ( $V_{aw}$ ), 120 ml

Volumen de acetona blanco, 10 ml

Peso aportado por el acetona del blanco, 0.2 mg

Particulas contenidas en la acetona de lavado,  $120 \times 0.2 / 0.2 = 2.4 \text{ mg}$

## Resultados finales

### Particulas totales

$$Mn = Mf + Mp - Ma = 176,2 + 12,3 - 2,4 = 186,1$$

### Concentracion de particulsa a condiciones estandar, (mg/dscf)

$$C(std) = \frac{Mn}{V_m(std)} = \frac{186,1}{36,3830} = 5,1150$$

### Rata de emision de particulas,

$$RE = C(std)Q(std) = (45303,17) (5,1150) = 231725 \text{ mg/h}$$

$$RE = 231725 \text{ mg/h } 1,0E - 06 \text{ kg/mg} = 0,232 \text{ kg/h}$$

### Isocinetismo global

$$I = \frac{100[k3V_{ic} + (V_m/T_m)(P_{bar} + \Delta H/13,6)]}{60\Theta V_s P_s A_n}$$

$$I = 100 \frac{T_s}{60\Theta V_s P_s A_n} [0,002676 V_{ic} + V_m \frac{P_m}{T_m}]$$

$$I = 100 \frac{782,12}{60 (72) (22,86)(22,028)(0,000767)} [0,002676 (47,65) + (51,19) \frac{22,12}{559,45}] = 100,85$$