

## METODO 3 US-EPA

### ANÁLISIS DE GASES PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO MOLECULAR EN BASE SECA

Tomado del método No. 3 de la United States Environmental Protection Agency EPA.

#### RESUMEN

La velocidad promedio del gas en una chimenea se determina a partir de la densidad del gas y de la medición de la cabeza de velocidad promedio con un tubo Pitot tipo S (Stausscheibe o tipo inverso), junto con un manómetro inclinado y sensores de temperatura.

El análisis consiste una reacción química. El muestreo debe hacerse por triplicado en donde los pesos moleculares secos individuales no difieran del promedio en más de 0,3 g/g-mol.

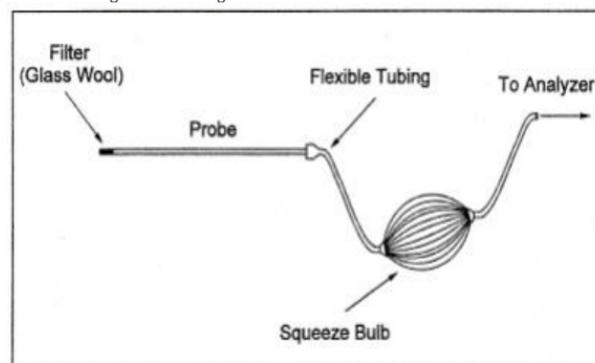
## 3. Procedimiento

### 3.1. Muestreo de un solo punto.

- El punto de muestreo en el conducto deberá estar en el centroide de la sección transversal o en un punto a no menos de 1 m de las paredes.
- Purgue la línea de muestreo el tiempo suficiente para permitir al menos cinco intercambios. Extraiga una muestra en el analizador y analícelo inmediatamente para determinar el porcentaje de CO<sub>2</sub> y el porcentaje de O<sub>2</sub>.

Si se utiliza un analizador Orsat, configure el equipo como se muestra en la siguiente Figura 2, asegurándose de que todas las conexiones delante del analizador estén apretadas, se recomienda verificar las fugas del analizador; sin embargo, la verificación de fugas es opcional.

Figura 2. Configuración tren de muestreo método 3.



Fuente: (US EPA, 2017).

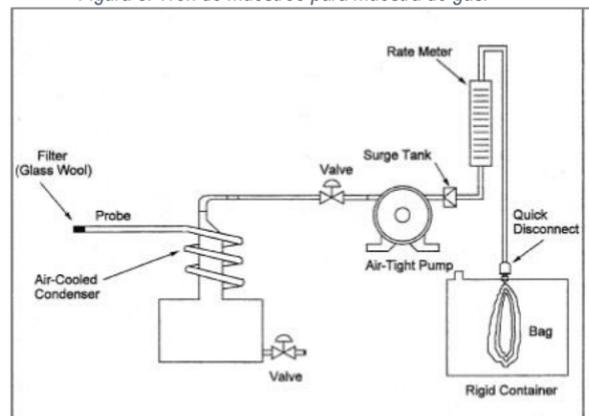
### 3.2. Procedimiento de muestreo integrado de un solo punto

- El punto de muestreo debe estar en el centroide de la chimenea o en un punto a no menos de 1 m de las paredes.
- Se debe realizar prueba de fugas a la bolsa flexible y al tren de muestreo.
- Purgar la línea lo suficiente como para no permitir interferencias ni alteraciones de la composición de la muestra.
- Se debe monitorear a un flujo constante durante la duración del muestreo.
- Se recomienda una recolección de al menos 28 L de gas de la chimenea.
- Se debe analizar la muestra durante las 8 horas siguientes al muestreo.

### 3.3. Procedimiento de muestreo integrado multipunto.

- El número y ubicación puntos transversales se utilizan los mismos determinados en el método 1.
- Se debe tomar la muestra en cada uno de los puntos transversales de manera paralela al muestreo teniendo en cuenta los mismos tiempos.
- Se sugiere una tasa de succión entre 0,5 – 1 L/min.

Figura 3. Tren de muestreo para muestra de gas.



Fuente: (US EPA, 2017).

### 3.4. Determinación del peso molecular seco del gas en chimenea.

En la ecuación 3.1. se determinan el peso molecular seco del gas en chimenea.

$$M_d = 0.44(\%CO_2) + 0.32(\%O_2) + 0.28(\%N_2 + \%CO)$$

- M<sub>d</sub> = Peso molecular del gas en chimenea, g/g-mol.
- %CO<sub>2</sub> = Porcentaje de CO<sub>2</sub>.
- %O<sub>2</sub> = Porcentaje O<sub>2</sub>.
- %N<sub>2</sub> = Porcentaje N<sub>2</sub>.
- %CO = Porcentaje de CO.

## 4. Método 3B US EPA

Análisis de gases para la determinación del factor de corrección de la tasa de emisión o exceso de aire.

- Este método es usado para calcular el exceso de aire del gas muestreado.
- Sigue los mismos procedimientos del método US EPA 3, con la diferencia que las pruebas de fugas ya no son opcionales sino obligatorias.

Determinación del exceso de aire (%EA):

$$\%EA = \left[ \frac{(\%O_2 - 0.5\%CO)}{(0.264\%N - (\%O_2 - 0.5\%CO))} \right] * 100$$

Ecuación 3.2

Determinación el factor de combustible Fo:

$$F_o = \frac{(20.9 - \%O_2)}{\%CO_2}$$

Ecuación 3.3

%O<sub>2</sub>: Porcentaje de O<sub>2</sub> por volumen en base seca.

%CO<sub>2</sub>: Porcentaje de CO<sub>2</sub> por volumen en base seca.

20,9: Porcentaje de O<sub>2</sub> por volumen en el aire ambiente.

Luego de determinar el Fo calculado se compara con el Fo esperado de acuerdo con el combustible empleado.

Tabla 1. Factor (Fo) de verificación de orsat para fuentes de combustión simple.

Tipo de combustible	Variación de Fo
<b>Carbón</b>	
antracita y el lignito	1.016 - 1.130
bituminoso	1.083 - 1.230
<b>Petróleo</b>	
Destilado	1.260 - 1.413
residual	1.210 - 1.370
<b>Gas</b>	
Gas natural	1.600 - 1.836
Propano	1.434 - 1.586
Butano	1.405 - 1.553
<b>Madera</b>	1.000 - 1.120
Corteza de madera	1.003 - 1.130

Fuente: (IDEAM, 2011).

## Bibliografía

IDEAM. (2011). *MÉTODO 3B - ANÁLISIS DE GASES PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA TASA DE EMISIÓN O EXCESO DE AIRE*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527666/M%C3%A9todo+3B.pdf/1b960928-ee4e-4a01-ab5a-1f1ba98433ed>

Ridaline Instrumentacion Cientifica. (2024). Obtenido de <https://www.ridaline.com.uy/productos/analizadores-de-gases/aparato-segundo-orsat-q332/>

ROWHER SAISONSDUMONDE FR. (2024). Obtenido de <https://rowher.saisonsdumonde.fr/mx/analizador-de-gases-de-combustion.html>

State of California Air Resources Board. (07 de 1998). Obtenido de [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/stasrc/meth\\_02.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/stasrc/meth_02.pdf)

Universidad Nacional Experimental del Tachira. (s.f.). Obtenido de <http://www.unet.edu.ve/~rarevalo/Documentos/ANALISIS%20ORSAT.pdf>

US EPA. (08 de 2017). *Air Emission Measurement Center*. Obtenido de <https://www.epa.gov/emc/method-2-velocity-s-type-pitot>



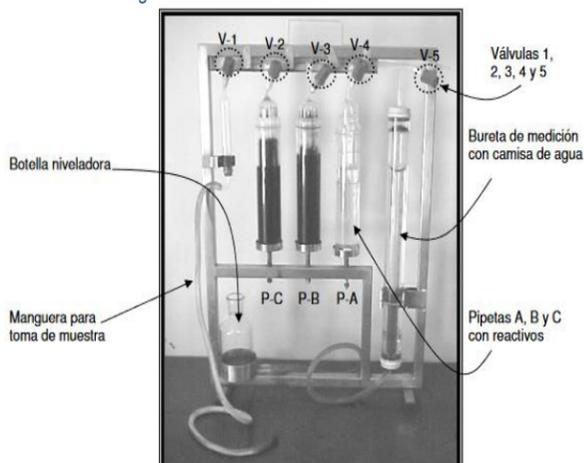
## 1. Aplicabilidad

- Este método es aplicable para la determinación de concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> así como el peso molecular base seca de una muestra de una corriente de gas proveniente de la combustión de combustibles fósiles u otros procesos.
- Aplicable para determinar el contenido de CO a partir de concentraciones relativamente altas, del orden de 0.5 %.
- Otros métodos, así como modificaciones al procedimiento descrito, son también aplicables para todas las determinaciones anteriores. Ejemplos de métodos específicos y modificaciones incluyen: (1) un método de muestreo multipunto usando un analizador Orsat para analizar las muestras obtenidas en cada punto; (2) Un método que usa CO<sub>2</sub> o O<sub>2</sub> y cálculos estequiométricos para determinar el exceso de aire. Estos métodos modificados pueden usarse pero están sujetos a la aprobación por parte de la autoridad ambiental que corresponda.

## 2. Equipamiento y Suministros

- Bolsa Tedlar, Mylar o teflón.
- Pera de extracción.
- Analizador ORSAT o electroquímico.
- Sonda de muestreo.
- Reactivo Hidróxido de potasio (KOH).
- Reactivo: Hidróxido de potasio (KOH) + Pirogalol.
- Reactivo: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + Metil naranja.

Figura 1. Analizador Orsat.



Fuente: (Universidad Nacional Experimental del Tachira, s.f.)

Figura 1. Analizador de Combustión.



Fuente: (ROWHER SAISONSDUMONDE FR, 2024)