

Nota: Esta Norma fue modificada de Norma Oficial Mexicana a Norma Mexicana, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de Noviembre de 1992.

NORMA MEXICANA NMX-AA-54-1978

"CONTAMINACION ATMOSFERICA.- DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS GASES QUE FLUYEN POR UN

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma establece el método gravimétrico para determinar la humedad contenida en los gases que fluyen por un conducto.

En el caso de corrientes gaseosas sobresaturadas de agua se determina el contenido total.

2.- REFERENCIAS

Esta norma se complementa con la Norma Mexicana en vigor siguiente:

NMX-AA-10 Norma Mexicana para determinar la emisión de partículas sólidas contenidas en los gases que se descargan por un conducto.

3.- DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establece la siguiente definición:

3.1 Humedad.

Masa de vapor de agua contenida en el gas por unidad de masa de gas seco.

4.- SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

H Peso total de humedad, en gramos.

M1 Peso inicial del sistema de captación expresado en gramos.

M2 Peso final del sistema de captación expresado en gramos.

n Número de moles.

VAC Volumen de agua condensada y absorbida, a condiciones de referencia expresado en litros.

P1 Presión de referencia 101 360 Pa (760 mm de Hg).

P2 Presión absoluta del gasómetro, expresado en Pa o en mm de Hg.

T1 Temperatura de referencia 273 K (0°C).

T2 Temperatura del gasómetro en K.

V2 Volumen del vapor de agua a condiciones del gasómetro, expresado en litros.

Vgc Volumen registrado por el gasómetro corregido por su factor de calibración, expresado en litros.

Pv Presión de vapor de agua a la temperatura del gasómetro (ver tabla No. 1), expresado en Pa o en mm de Hg.

Pm Presión manométrica ejercida en el lado de succión del gasómetro, expresada en Pa o en mm de Hg.

Vc Volumen del agua condensada, en el condensador, a condiciones del gasómetro, expresado en litros.

Pb Presión barométrica correspondiente al lugar en que se realice el muestreo (ver tabla No. 2), expresada en Pa o en mm de Hg.

Va Volumen del agua arrastrada por los gases a través del gasómetro, expresado en litros.

5.- FUNDAMENTO

Se basa en el pesado del agua obtenida por la condensación adsorción del vapor de agua contenido en la corriente gaseosa.

6.- REACTIVOS

6.1 Sustancias adsorbentes: Cloruro de Calcio Anhidro o Gel de Sílice preferentemente provista de indicador de humedad (ver apéndice A 1).

6.2 Sustancias refrigerantes: agua, hielo o amoníaco (ver apéndice A 1).

7.- APARATOS Y EQUIPO

7.1 Sonda de muestreo.

Tubo de acero inoxidable o de vidrio refractario cuyo diámetro debe ser de 8 a 10 mm.

7.2 Medio filtrante.

Para su selección ver inciso 5.3.1 de la Norma Mexicana en vigor NMX-AA-10.

7.3 Cámara calefactora.

Medio de calentamiento con capacidad suficiente para mantener la temperatura de los gases a 105°C antes de llegar al medio de enfriamiento.

7.4 Condensador.

Medio de enfriamiento que en algunos casos puede ser suplementario, complementario u opcional.

7.5 Impactores o frascos lavadores.

Frascos con capacidad de 500 cm³ cada uno.

Se requiere un mínimo de tres.

7.6 Rotámetro previamente calibrado, cuyo intervalo de medición esté de acuerdo con las condiciones de muestreo.

7.7 Gasómetro seco.

Con capacidad mínima de 100 litros por minuto provisto de termómetro y manómetro con las características señaladas en el inciso 3.1.5.2 de la Norma Mexicana NMX-AA-10 en vigor.

7.8 Fuente de succión.

De capacidad suficiente para vencer las fricciones del tren de muestreo y para mantener un gasto mínimo de 150 litros por minuto.

7.9 Válvula de regulación de flujo.

7.10 Conexiones flexibles a prueba de fugas.

7.11 Balanza Granataria.

7.12 Cronómetro.

8.- PROCEDIMIENTO

8.1 Preparación del tren de muestreo.

8.1.1 Poner en el primer frasco 100 cm³ de agua destilada, dejar el segundo frasco vacío, en el tercer frasco y en los adicionales cuando se utilicen, poner en cada uno aproximadamente 175 g de gel de sílice previamente secada a 125°C.

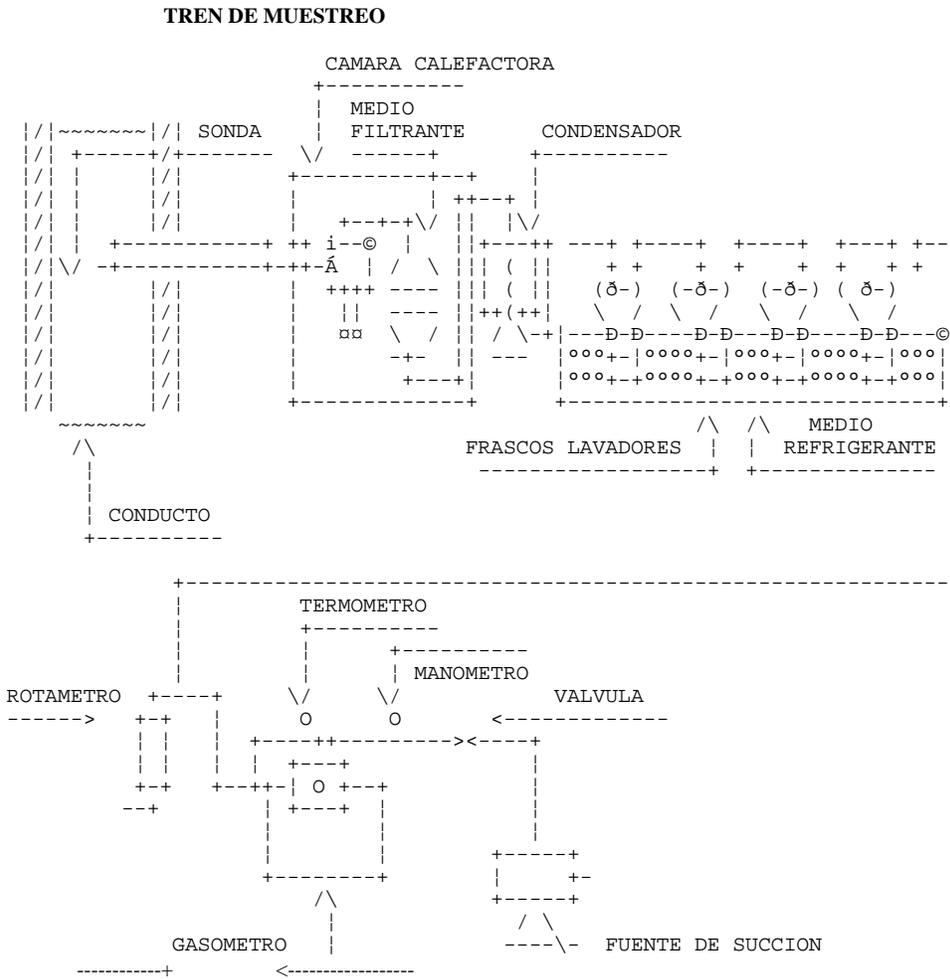
8.1.2 Pesar cada uno de los frascos preparados según 8.1.1 y registrar la suma de los valores obtenidos, como M1.

8.1.3. Utilizar las conexiones flexibles para montar el tren de muestro de acuerdo a la figura No. 1.

8.1.4 Verificar la hermeticidad colocando un tapón en la entrada de la sonda de muestreo, haciendo funcionar la fuente de succión hasta que la lectura del manómetro llegue a su valor máximo estable. Cerrar la válvula de regulación de flujo, después de lo cual la lectura del manómetro no debe variar de lo contrario será indicativo de que existen fugas, las que se deben localizar y eliminar.

8.2 Colección de la muestra.

8.2.1 Poner a funcionar el medio de calentamiento hasta que se alcance una temperatura estable de 105°C.



8.2.2 Sin accionar la fuente de succión, colocar la sonda en el punto seleccionado para la extracción de la muestra.

8.2.3 Poner a funcionar la fuente de succión y muestrear a un gasto de 10 a 25 litros por minuto, hasta obtener una cantidad de muestra tal, que casi sature el medio adsorbente.

8.2.4 Durante el muestreo tomar un mínimo de 3 lecturas de la temperatura y de la presión existentes en el gasómetro (ver apéndice A3).

8.3 Recuperación de la muestra.

Desmontar los frascos lavadores y obtener su peso registrando la suma de los mismos como valor M2.

9.- CALCULOS

9.1 Obtener el peso total de humedad H mediante la fórmula:

$$H = M2 - M1 \dots\dots\dots (1)$$

9.2 Determinar el número de moles (n) a que equivale la humedad colectada, dividiendo el peso total H entre el peso molecular del agua.

$$n = \frac{H}{18} \dots\dots\dots (2)$$

9.3 Multiplicar el valor obtenido en el inciso 9.2 por 22.4, para obtener el valor VAC, que es volumen del vapor a que equivale el agua condensada y adsorbida a condiciones de referencia, 273 K v 101 360 Pa (0°C, 760 mm de Hg).

$$VAC = n \times 22.4 \dots\dots\dots (3)$$

9.4 Calcular el valor obtenido con (3) y en las condiciones a que se encuentra el gasómetro, mediante:

$$V2 = \frac{P1 \quad T2 \quad VAC}{P2 \quad T1} \dots\dots\dots (4)$$

9.5 Calcular el por ciento en volumen de la humedad, en relación al volumen total de los gases que circulan por el conducto, mediante:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{V2}{Vgc + V2} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

10.- CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

No existe norma internacional al respecto, por lo que la presente norma no concuerda con ninguna.

11.- BIBLIOGRAFIA

11.1 1972 Annual Book of ASTM Standard American Society for Testing and Materials: Part 23. Philadelphia Pa. 1972. 852-878.

11.2 Cooper H. B. H. Rossano Jr. Source Testing for Air Pollution Control. McGraw - Hill Book Company, Washington, D.C. 1974, 23-46

11.3 Brenchley D. L., Turley C. A. and Yarmac R. F. Industrial Source Sampling. Ann Arbor Science, Michigan 1973, 119-125.

11.4 Guía para muestreo isocinético (edición 1973) Ing. David Barrón Orozco.

11.5 U. S. Code of Federal Regulation, Title 40 Protection of Environment. Part 60 appendix A. Ref. Method 4. Rev. 14/July 1976.

APENDICE A

A.1 Se pueden utilizar otras substancias adsorbentes y refrigerantes siempre y cuando los resultados que se obtengan sean equivalentes.

A.2 En la práctica frecuentemente se presentan procesos en los que se puede utilizar únicamente un serpentín de condensación y omitir los frascos lavadores, en cuyo caso se debe obtener la humedad arrastrada hacia el gasómetro, utilizando la siguiente ecuación:

$$Va = \frac{(Pv) \times (Vgc)}{Pb - Pm} \dots\dots\dots (6)$$

El por ciento de humedad se calcula con la fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{Vc + Va}{Vc + Vgc} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

A.3 El número de lecturas de la temperatura y de la presión del gasómetro dependen de las fluctuaciones que se presentan en estas variables durante el muestreo.

APENDICE B

B.1 Ejemplo de cálculo. En las mediciones realizadas en cierto proceso, no se utilizó el tren de frascos lavadores, sólo se empleó un serpentín de condensación y se obtuvieron los siguientes datos iniciales:

Peso del serpentín M1 = 300 g.

Peso del serpentín con el agua condensada M2 600 g.

Aplicando la fórmula (1) se tiene:

$$H = 600 - 300 = 300 \text{ g.}$$

Aplicando la fórmula (2) tenemos:

$$n = \frac{300}{18} = 16.67 \text{ moles}$$

Mediante la fórmula (3) obtenemos:

$$VAC = 16.67 \times 22.4 = 373.41 \text{ litros (a condiciones de referencia).}$$

Para obtener V2 aplicamos la fórmula (4):

$$V2 = \frac{P1 \times T2 \times VAC}{P2 \times T1} = \frac{760 \times T2 \times 373.41}{(760 - Pm) \times 273}$$

La presión manométrica correspondiente al gasómetro fue de 180.3 mm de mercurio y la temperatura correspondiente al gasómetro fue de 21.6°C, por lo tanto sustituyendo valores se tiene:

$$V2 = 528.28 \text{ litros.}$$

Utilizando la fórmula (6) se calcula el agua arrastrada hacia el gasómetro.

En este caso; la presión de vapor de agua correspondiente a la temperatura del gasómetro de 21.6°C (ver tabla No. 1) es de Pv = 19.34 mm de mercurio.

El gasto total medido en el gasómetro fue de:

$$Vgc = 2227 \text{ litros.}$$

La altura sobre el nivel del mar, del lugar en que se efectuó el muestreo fue de 2300 m, a la cual corresponde una presión barométrica Pb = 574.56 mm de Hg.

Sustituyendo valores en (6) tenemos:

$$Va = \frac{19.34 \times 2227}{574.56 - 180.3} = 109.24 \text{ litros}$$

Sustituyendo valores en (7) se obtiene:

$$528.28 + 109.24$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{-----}}{528.28 + 2227} \times 100 = 23.13\%$$

que es el % en volumen de la humedad en relación al volumen total de los gases que circulan por el conducto.

TABLA No. 1**Presiones de Vapor de Agua a Diferentes Temperaturas**

Temp. °C	Presión de vapor de agua mm Hg	Temp. °C	Presión de vapor de agua mm Hg	Temp. °C	Presión de vapor de agua mm Hg
-	-	-	-	-	-
0	4.6	65	187.3	205	12914.0
2	5.3	70	233.5	210	14289.4
4	6.1	75	288.9	215	15778.1
6	7.0	80	355.1	220	17386.6
8	8.0	85	433.5		
10	9.2	90	525.8		
12	10.5	95	634.0		
14	11.9	100	760.0		
16	13.6	105	906.1		
18	15.5	110	1074.4		
20	17.5	115	1267.8		
22	19.8	120	1488.9		
24	22.3	125	1740.4		
26	25.1	130	2025.6		
28	28.2	135	2347.4		
30	31.7	140	2709.6		
32	35.5	145	3115.6		
34	39.7	150	3568.7		
36	44.4	155	4073.2		
38	49.5	160	4633.7		
40	55.1	165	5252.9		
42	61.3	170	5936.3		
44	68.0	175	6688.7		
46	75.4	180	7513.9		
48	83.5	185	8417.1		
50	92.3	190	9404.2		
55	117.8	195	10478.7		
60	149.2	200	11646.7		

-4

NOTA: Un pascal = 74.98×10^{-4} mm de Hg.

TABLA No. 2**Datos de Presiones Barométricas con sus Alturas Correspondientes**

Altura m	Presión Barométrica mm Hg	Altura m	Presión Barométrica mm Hg
0	760.00	2,100	589.00
100	751.20	2,200	581.78
200	742.39	2,300	574.56
300	733.59	2,400	567.33
400	724.79	2,500	560.11
500	715.99	2,600	553.25
600	707.61	2,700	546.40
700	699.23	2,800	539.52
800	690.85	2,900	532.65
900	682.47	3,000	525.79
1,000	674.09	3,100	519.27

1,100	666.11	3,200	512.75
1,200	658.13	3,300	506.23
1,300	650.14	3,400	499.71
1,400	642.16	3,500	493.19
1,500	634.18	3,600	487.00
1,600	626.59	3,700	480.82
1,700	619.00	3,800	474.63
1,800	611.41	3,900	468.45
1,900	603.82	4,000	462.26
2,000	596.23		
