

Determinación de glicol éteres (1-metoxi-2-propanol, 2-etoxietanol) en aire - Método de adsorción en carbón activo / Cromatografía de gases

MTA/MA-017/A89

Palabras clave: Glicol éteres, 1-metoxi-2-propanol, 2-etoxietanol, aire, cromatografía de gases.

PRESENTACIÓN

Los glicol éteres son compuestos frecuentemente utilizados en diversos procesos industriales tales como la fabricación de jabones y detergentes líquidos industriales, fabricación de tintas de serigrafía, etc. Por esta razón, resulta de interés disponer de un método ensayado y validado para la determinación de vapores de glicol éteres en aire, con el fin de poder evaluar la exposición laboral a este tipo de compuestos.

Este método de análisis se ha desarrollado para la determinación específica de este tipo de compuestos en aire, ya que el procedimiento analítico más universalmente aceptado para la determinación de vapores orgánicos en aire, que incluye la utilización de sulfuro de carbono como disolvente de desorción, da lugar a recuperaciones muy bajas de estos compuestos del carbón activo. Para el estudio y evaluación del método, se ha considerado como compuestos representativos de esta familia orgánica el 1-metoxi-2-propanol y el 2-etoxietanol. Sin embargo, este método de análisis puede aplicarse a compuestos de la misma familia como por ejemplo 2-metoxietanol, 2-butoxietanol, etc.

El método "*Determinación de glicol éteres (1-metoxi-2-propanol, 2-etoxietanol) en aire - Método de adsorción en carbón activo/ Cromatografía de Gases*", es un **MÉTODO ACEPTADO** por el [Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo \(INSHT\)](#). Como **MÉTODO ACEPTADO** se entiende un método utilizado en el INSHT y que ha sido sometido a un protocolo de validación por organizaciones oficiales competentes en el área de la normalización de métodos analíticos, o bien ha sido adoptado como método recomendado por asociaciones profesionales dedicadas al estudio y evaluación de riesgos por agentes químicos, así como, aquellos métodos recomendados por la CEE o basados en métodos ampliamente conocidos y evaluados por especialistas en este tipo de análisis.

Índice

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

2. DEFINICIÓN

3. FUNDAMENTO

4. REACTIVOS Y PRODUCTOS

4.1. Gases

4.2. Reactivos

4.3. Disoluciones

5. APARATOS Y MATERIAL

5.1. Aparatos y material para la toma de muestras

5.2. Aparatos y material para el análisis

6. TOMA DE MUESTRA

7. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

7.1. Preparación de muestras y blancos

7.2. Calibración

7.3. Análisis cromatográfico

7.4. Determinación de la eficacia de desorción

8. CÁLCULOS

8.1. Cálculo de la eficacia de desorción

8.2. Determinación de la concentración de analito presente en la disolución de desorción

8.3. Determinación de la cantidad de analito presente en la muestra

8.4. Determinación de la concentración de analito en aire exhalado

9. PRECISIÓN

10. BIBLIOGRAFÍA

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Se describe en este método el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la captación en tubo de carbón activo y análisis por cromatografía de gases, de vapores en aire de cualquier mezcla de glicol éteres presentes en ambientes laborales en unos intervalos de concentración de:

32 mg/m³ a 760 mg/m³ de 1-Metoxi-2-propanol (Nº CAS 107-98-2)

1,5 mg/m³ a 40 mg/m³ de 2-Etoxietanol (Nº CAS 110-80-5)

en muestras de diez litros de aire. Los datos de validación para estos intervalos se incluyen en el [anexo A](#).

El límite superior del intervalo útil depende de la capacidad de adsorción del carbón utilizado, que se establece en función del volumen de ruptura ([véase apartado 2](#) y [tabla 1 del anexo A](#)), el cual no debe excederse durante el muestreo.

El límite inferior del intervalo útil depende de una serie de factores tales como: nivel de ruido del detector, blancos de la muestra y reactivos, eficacia de desorción y las interferencias en el análisis cromatográfico.

Este método de análisis se ha desarrollado para determinar concentraciones medias ponderadas en el tiempo de vapores de glicol éteres en aire, mediante la utilización de equipos de muestreo de bajo caudal, tanto en toma de muestras personales como en lugares fijos. No puede ser utilizado para medir concentraciones instantáneas o fluctuaciones de concentración en periodos cortos de tiempo.

Se considera como interferencia cualquier otro compuesto orgánico, que presente el mismo o próximo tiempo de retención que los compuestos a analizar, en las condiciones de operación descritas en este método. Estas interferencias pueden minimizarse seleccionando las condiciones y columnas cromatográficas adecuadas.

Otra interferencia a tener en cuenta es la humedad que influye negativamente en la recuperación de los glicol éteres del carbón activo ([véase nota del apartado 7.4](#), [anexo A](#) y [anexo C](#)).

2. DEFINICIÓN

El volumen de ruptura del tubo de carbón, es el volumen de aire contaminado que puede pasarse a través de la primera sección del tubo, antes de que la concentración del contaminante en el aire eluyente alcance el 5% de la concentración de entrada.

3. FUNDAMENTO

La muestra se recoge haciendo pasar una cantidad conocida de aire a través de un tubo relleno de carbón activo, mediante una bomba de muestreo personal, quedando los vapores orgánicos adsorbidos sobre el carbón. Posteriormente se desorben con una solución que contiene el 5% (V/V) de metanol en diclorometano ([10.1](#)) y se analiza la disolución resultante en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

Se obtiene la áreas de los picos de los analitos de interés y del patrón interno, determinando la cantidad presente en la muestra.

A partir de la masa de los analitos presentes en la muestra se obtienen las concentraciones ambientales.

4. REACTIVOS Y PRODUCTOS

4.1. Gases

4.1.1. Nitrógeno purificado

4.1.2. Hidrógeno purificado

4.1.3. Aire sintético puro

4.2. Reactivos

Todos los reactivos serán de calidad analítica como mínimo.

4.2.1. Metanol

NOTA: EXTREMADAMENTE INFLAMABLE, MUY TOXICO. Frases (R) 11 - 23/25. Frases (S) 2-7-16-24. Real Decreto 2216/1985 (10.2).

4.2.2. 1-Hexanol (patrón interno)

NOTA: SUSTANCIA NOCIVA. Frases (R) 22. Frases (S) 24,25. Real Decreto 2216/1985 (10.2).

4.2.3. Diclorometano

NOTA: SUSTANCIA NOCIVA. Frases (R) 20. Frases (S) 24. Real Decreto 2216/1985 (10.2).

4.2.4. 2-Etoxietanol

NOTA: SUSTANCIA IRRITANTE. Frases (R) 10 - 36. Frases (S) 24. Real Decreto 2216/1985 (10.2).

4.2.5. 1-Metoxi-2-propanol

NOTA: Frases (R) 10. Frases (S) 24. Real Decreto 2216/1985 (10.2).

4.3. Disoluciones

4.3.1. Disolución desorbente: de 5% (V/V) de metanol en diclorometano y contenido el patrón interno en una concentración de 1µl/ml.

4.3.2. Disolución patrón para la calibración a un nivel de concentración. Se prepara añadiendo mediante microjeringas de precisión, una cantidad determinada de cada analito a un volumen de disolución desorbente (4.3.1.), a fin de obtener una disolución patrón de concentración similar a la muestra a analizar. Dicha concentración se debe expresar en términos de mg/ml de disolución desorbente.

4.3.3. Disoluciones patrón para la calibración multinivel. Se preparan cinco disoluciones añadiendo mediante microjeringas de precisión diferentes cantidades de cada analito a un volumen de disolución desorbente (4.3.1.) a fin de obtener disoluciones patrón de concentraciones que cubran el intervalo de aplicación del método. Dichas concentraciones se deben expresar en términos de mg/ml de disolución desorbente.

5. APARATOS Y MATERIAL

5.1. Aparatos y material para la toma de muestra

5.1.1. Bomba de muestreo. Se requiere una bomba de muestreo portátil capaz de mantener un funcionamiento continuo durante todo el tiempo de muestreo. El caudal de la bomba ha de mantenerse constante dentro de un intervalo $\pm 5\%$.

Para conectar la bomba y el tubo de carbón (o el soporte del tubo) se utilizará un tubo de goma o plástico de longitud y diámetro

adecuado, a fin de evitar estrangulamientos y fugas en las conexiones.

Para la calibración de la bomba se utilizará preferentemente un medidor de burbuja de jabón.

5.1.2. Tubos de muestreo.

Se utilizarán tubos de vidrio con los dos extremos cerrados a la llama de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno, conteniendo dos secciones de carbón activo separadas por una porción de espuma de poliuretano de 2 mm. La primera sección contiene 100 mg de carbón activo 20/40 mallas y la segunda 50 mg (tubo tipo NIOSH 10.1). Entre el extremo de salida del tubo y la segunda sección se coloca una porción de 3 mm de espuma de poliuretano. Delante de la primera sección se coloca un tapón de lana de vidrio silanizada.

Los tubos deberán disponer de tapones de polietileno que ajusten bien, para prevenir fugas durante el transporte y almacenamiento de las muestras.

Se dispondrá de algún elemento de sujeción a fin de mantener el tubo de muestreo en disposición vertical en la zona de respiración del trabajador.



5.2. Aparatos y material para el análisis

5.2.1. Tubos con tapón roscado de 2 ml de capacidad o mayores, con junta recubierta de politetrafluoroetileno.

5.2.2. Cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama capaz de detectar una inyección de 5 ng de 2-etoxietanol con una relación señal-ruido de al menos 5 a 1.

5.2.3. Columna cromatográfica de acero inoxidable de 6,1 m por 3,17 mm de diámetro externo, empaquetada con 10% de FFAP en Chromosorb W AW DMCS 80/100 mallas o cualquiera otra capaz de separar los analitos de interés.

5.2.4. Integrador electrónico u otro sistema equivalente para la medida de las áreas de los picos



6. TOMA DE MUESTRA

6.1. Calibrar la bomba portátil conectada a un tubo de muestreo (5.1.2) en condiciones representativas de la toma de muestra, utilizando un medidor de caudal externo (medidor de burbuja de jabón).



6.2. Romper los dos extremos del tubo de carbón justo antes de comenzar el muestreo. Conectar la bomba al tubo de carbón con un tubo de goma o plástico de tal forma que la sección menor del tubo (segunda sección) sea la más próxima a la bomba. Evitar toda conexión, anterior a la entrada del tubo de carbón a fin de evitar posibles adsorciones de contaminantes en la misma, que conlleven a errores en las determinaciones



6.3. Colocar verticalmente el tubo de muestreo en la zona de respiración del trabajador (por ejemplo, sujeto a la solapa). La bomba de muestreo se sujeta en el cinturón del trabajador o en su bolsillo. En el caso de muestras estáticas debe elegirse un lugar de muestreo adecuado.



6.4. Poner en marcha la bomba y controlar la duración del muestreo. Normalmente el caudal no debe exceder de 200 ml/min recomendándose un volumen de muestra de 10 litros (véase tabla 1 del anexo A.)



6.5. Anotar y registrar los tiempos, temperaturas, humedad (véase nota en 7.4), caudal y presión barométrica antes y después de la toma de muestra.



6.6. Finalizado el muestreo, desconectar la bomba, retirar los tubos de muestreo y cerrar ambos extremos con los tapones de polietileno. Etiquetar convenientemente cada tubo.



6.7. Con cada lote de muestras debe prepararse un blanco de muestra, utilizando tubos idénticos a los usados para el muestreo y sometidos a las mismas manipulaciones, excepto que no se ha pasado aire a su través.

6.8. Las muestras deben almacenarse refrigeradas y analizarse dentro de los siete días siguientes a su captación (véase tabla 4 del anexo A).

7. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

7.1. Preparación de muestras y blancos

Añadir 1 ml de la disolución desorbente (4.3.1) a un tubo roscado y cerrarlo inmediatamente. Hacer una muesca en el tubo de carbón enfrente de la primera sección de carbón activo y romper el tubo. Se saca y se desecha la lana de vidrio. Añadir la primera sección de carbón al tubo con la disolución desorbente y volver a cerrar. Agitar el tubo ocasionalmente durante un período de 30 minutos para asegurarse que la desorción sea máxima. Repetir el mismo procedimiento para la segunda sección de carbón utilizando otro tubo roscado.

7.2. Calibración

7.2.1. Calibración a un nivel de concentración. Para minimizar errores en la adición del patrón interno en muestras y patrones se recomienda la utilización de la disolución desorbente (4.3.1), que lleva incorporado 1-hexanol como patrón interno, tanto para la desorción de las muestras como para la preparación de la disolución patrón.

La disolución patrón se prepara por triplicado según 4.3.2 analizándose en las mismas condiciones que las muestras, con el fin de obtener una respuesta media de cada analito (8.2.1.1).

7.2.2. Calibración multinivel. Cada una de las cinco disoluciones patrón preparadas según 4.3.3 se analizan en las mismas condiciones que las muestras. Cada curva de calibración se construye representando en una gráfica las concentraciones del compuesto de interés en mg/ml de disolución, frente a las relaciones de áreas entre el pico del analito y el pico del patrón interno (véase anexo B).

7.3. Análisis cromatográfico

7.3.1. Condiciones cromatográficas

Las condiciones típicas de trabajo para el cromatógrafo de gases equipado según se indica en 5.2.2 y 5.2.3 son las siguientes:

Temperatura del inyector:	230 °C
Temperatura del horno:	100 °C
Temperatura del detector:	250 °C
Gas portador, nitrógeno:	30 ml/min
Hidrógeno:	40 ml/min
Aire sintético:	300 ml/min

7.3.2. Inyección

Inyectar una alícuota de 1 a 5 µl tanto de las disoluciones resultantes de las desorciones del tubo de carbón (7.1) como de las disoluciones patrón en el cromatógrafo de gases. Determinar las áreas de los picos de las analitos de interés y del patrón interno.

7.4. Determinación de la eficacia de desorción

La eficacia de desorción de los vapores de glicol éteres puede variar con el tipo y lote de carbón usado, siendo necesario calcularla para cada lote de carbón y para cada analito sobre el intervalo de aplicación del método.

Para calcular dicha eficacia de desorción, se inyectan diferentes cantidades de los analitos de interés en al menos tres tubos conteniendo 100 mg de carbón (primera sección de un tubo de muestreo) para cubrir el intervalo de aplicación del método. Una vez adicionados los contaminantes a los tubos de carbón, se guardan refrigeradas durante toda la noche para asegurar la completa adsorción. Estos tubos se tratan como muestras. Paralelamente debe prepararse un tubo blanco por cada concentración, de la misma

manera que las muestras, excepto que no se le ha añadido contaminante.

Asimismo, se preparan dos o tres patrones inyectando el mismo volumen de los contaminantes en 1 ml de disolución desorbente, con la misma microjeringa utilizada en la preparación de las muestras.

Tanto los tubos blancos como de muestra, se desorben con 1 ml de disolución desorbente de la forma descrita en 7.1 analizándose dichas disoluciones, así como las disoluciones patrón de la misma manera que se ha descrito en el apartado 7.3.

NOTA: En los estudios de validación de este método, se ha comprobado que altas humedades ($H_r > 70\%$) durante el muestreo dan lugar a recuperaciones mas bajas de estos analitos del carbón activo. En el [anexo C](#) se describe un procedimiento de cálculo de la eficacia de desorción que incluye el paso de aire húmedo a través del tubo de muestreo, que debe ser utilizado para corregir los resultados obtenidos en el análisis de muestras captadas en condiciones de alta humedad.

8. CÁLCULOS

8.1. Cálculo de la eficacia de desorción

La eficacia de desorción (ED) se calcula en base a los resultados obtenidos en el apartado 7.4, mediante la siguiente expresión:

$$ED = \frac{m_i - m_b}{m}$$

donde:

m_i es la cantidad promedio (mg) de analito recuperada en la primera sección del tubo de carbón (tubo tratado como muestra).

m es la cantidad promedio (mg) de analito añadida al patrón.

m_b es la cantidad de analito (mg) encontrada en el blanco

En base a los datos de la [tabla 2 del anexo A](#), puede considerarse que la eficacia de desorción para cada uno de los contaminantes objeto de este método es constante en todo su intervalo de aplicación.

Por tanto, la eficacia de desorción para cada contaminante se calcula promediando los valores obtenidos sobre todo su intervalo de aplicación, estos valores promedios son: 1,008 para el 1-metoxi-2-propanol y 0,990 para el 2-etoxietanol.

En cualquier caso se recomienda calcular dichos valores en cada laboratorio, no utilizándose aquellos tubos cuya eficacia de desorción sea inferior a 75% (ED 0,75).

8.2. Determinación de la concentración de analito presente en la disolución de desorción

8.2.1. Calibración a un nivel de concentración.

8.2.1.1. Determinación del factor de respuesta. Se calcula el factor de respuesta para cada analito y para el patrón interno con los datos obtenidos en 7.2.1. mediante la expresión:

$$\bar{F}_R = \frac{m}{\bar{A}}$$

donde:

m es la cantidad de analito o de patrón interno en las disoluciones patrón

\bar{A} es el área promedio correspondiente al pico del analito o patrón interno en las disoluciones patrón

8.2.1.2. Determinación del factor de respuesta relativo.

Se calcula para cada compuesto utilizando la expresión:

$$f_i = \frac{\bar{F}_R \text{ analito}}{\bar{F}_R \text{ patrón interno}}$$

8.2.1.3. Determinación de la concentración en miligramos por mililitro de cada analito.

La concentración en miligramos por mililitro de cada analito en las disoluciones de desorción de cada sección del tubo de muestreo, se determina según la expresión:

$$c_i = \frac{A_i c_0 f_i}{A_0}$$

donde:

c_i es la concentración del analito en mg/ml de disolución desorbente.

c_0 es la concentración de patrón interno en mg/ml de disolución desorbente.

A_i es el área correspondiente al pico de cada analito.

A_0 es el área correspondiente al pico del patrón interno.

f_i es el factor de respuesta relativo.

8.2.2. Calibración multinivel.

Leer la concentración en miligramos por mililitro correspondiente a cada sección del tubo de muestreo en la curva de calibración (véase 7.2.2. y anexo B).



8.3. Determinación de la cantidad de analito presente en la muestra

Una vez determinada la concentración de analito en la disolución de desorción, se calcula la cantidad en mg de compuesto en el tubo de muestreo mediante la siguiente expresión:

$$m_s = \frac{c_f + c_p - c_b}{ED} V_d$$

donde:

m_s es la cantidad de analito presente en la muestra en mg.

c_f es la concentración de analito en mg/ml en la sección frontal del tubo de muestreo.

c_p es la concentración de analito en mg/ml en la sección posterior del tubo de muestreo.

c_b es la concentración de analito en mg/ml en las dos secciones del blanco.

ED es la eficacia de desorción.

V_d es el volumen de disolución desorbente en ml.



8.4 Determinación de la concentración de analito en aire

Se calcula la concentración de analito en aire muestreado, en miligramos por metro cúbico, por medio de la siguiente ecuación:

$$C_{\text{aire}} = \frac{m_s}{V}$$

donde:

C_{aire} es la concentración de analito en el aire muestreado en mg/m^3 .

m_s es la cantidad total de analito presente en la muestra en mg .

V es el volumen de aire muestreado en m^3 .

La concentración de analito en aire, expresada en mililitro por metro cúbico (ppm), se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$C_{\text{ppm}} = C_{\text{aire}} \times \frac{24,0}{M} \times \frac{101,30}{P} \times \frac{t + 273,15}{293,15}$$

donde:

P es la presión del aire muestreado en kPa ($10^3 \text{ N}/\text{m}^2$).

t es la temperatura del aire muestreado en $^{\circ}\text{C}$.

M es el peso molecular del analito en g/mol .

9. PRECISIÓN

El coeficiente de variación del método, calculado a partir de los datos intralaboratorio de muestras captadas en atmósferas de glicol éteres de concentraciones conocidas, es inferior a 5% en todo el intervalo de aplicación del método (véase [tabla 3 del anexo A](#)).

10. BIBLIOGRAFÍA

- 10.1. National Institute for Occupational Safety and Health. **Manual of Analytical Methods**. 3ª ed. Method 1.403
- 10.2. Real Decreto 2216/1985⁽¹⁾ de 23-10 (Presid BB.OO. 27-2-85, rect. 9-5-86) "**Reglamento sobre declaración de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas**". Actualizado por Orden de 9-12-92 (M. Relac. Cortes B.O.E. 17-12-92).
- 10.3. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo "**Protocolo de validación para la determinación de gases y vapores orgánicos en aire mediante su captación en un adsorbente sólido utilizando un sistema activo**" [MTA/PV-I \(2\)/98](#)
- 10.4. Chapman, Linda M. "**Validation of gas and vapour sampling methods under field insult conditions**" Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 41, 630 (1980).

ANEXO A

En este anexo se recogen las tablas de los datos obtenidos en las experiencias llevadas a cabo para el desarrollo del método, siguiendo los criterios indicados en el protocolo de validación para vapores orgánicos captados en un adsorbente sólido mediante un sistema activo ([10.3](#)).

Tabla 1
Volumen de Ruptura V_R ⁽¹⁾
 V_R obtenido para una mezcla de tres compuestos

Compuesto	H_R %	C mg/m^3	Q_{TM} (l/min)	V_R (l)
-----------	------------	-------------------------------	---------------------------------------	-------------------------

1-Metoxi-2-propanol		650,0		27,5
2-Etoxietanol	87	38,5	0,200	>39,0
2-Butoxietanol		260,0		>50,0
1-Metoxi-2-propanol	60	675,0		29,0
2-Etoxietanol		40,0	0,200	>39,0
2-Butoxietanol		271,0		>49,0
1-Metoxi-2-propanol		675,0		>45,0
2-Etoxietanol	35	40,0	0,200	>65,0
2-Butoxietanol		271,0		>73,0
1-Metoxi-2-propanol		660,0		27,0
2-Etoxietanol	87	20,0	0,500	>34,0
2-Butoxietanol		222,0		>34,0
1-Metoxi-2-propanol		660,0		>26,0
2-Etoxietanol	87	20,0	0,1	>26,0
2-Butoxietanol		222,0		>26,0

(1) Véase definición en [apartado 2](#)

H_R Humedad relativa

C Concentración de cada contaminante expresada en mg/m^3 generada en la atmósfera

Q_{TM} Caudal de toma de muestra

Tabla 2
Eficacia de desorción (ED) de glicol éteres

Compuesto	C (mg)	C_R ⁽¹⁾ (mg)	ED	s	CV (%)
1-Metoxi-2-propanol	6,9810	6,9554	0,996	0,0040	0,40
	3,6437	3,5708	0,980	0,0255	2,60
	1,8325	1,8453	1,007	0,0068	0,67
	0,4003	0,4203	1,050	0,0111	1,06
2-Etoxietanol	0,3679	0,3627	0,986	0,0000	0,00
	0,1836	0,1785	0,972	0,0344	3,54
	0,0946	0,0935	0,988	0,0052	0,53
	0,0217	0,0220	1,015	0,0133	1,31

(1) El nº de muestras en cada experiencia ha sido de 3

C Cantidad de compuesto añadida a 100 mg de carbón expresado en mg

C_R Cantidad de compuesto recuperada, expresada en mg

ED Eficacia de desorción media

Tabla 3
Muestreo/Análisis. Datos Intralaboratorio

Compuesto ⁽¹⁾ ,	H_R %	C_A ⁽²⁾	C_R ⁽²⁾	R	s	CV %
----------------------------	---------	----------------------	----------------------	---	---	------

1-Metoxi-2-propanol	30	728,06	699,67	0,961	0,0191	1,99
2-Etoxietanol		37,98	35,66	0,939	0,0121	1,29
1-Metoxi-2-propanol	70	756,83	701,58	0,927	0,0099	1,07
2-Etoxietanol		39,48	36,64	0,928	0,0093	1,00
1-Metoxi-2-propanol	30	340,65	329,75	0,968	0,0056	0,58
2-Etoxietanol		17,61	16,11	0,915	0,0072	0,79
1-Metoxi-2-propanol	70	354,28	326,65	0,922	0,0069	0,75
2-Etoxietanol		18,32	17,07	0,932	0,0103	1,10
1-Metoxi-2-propanol	30	169,19	163,61	0,967	0,0056	0,58
2-Etoxietanol		8,75	8,08	0,923	0,0041	0,44
1-Metoxi-2-propanol	72	179,96	167,00	0,928	0,0166	1,79
2-Etoxietanol		9,31	8,61	0,925	0,0188	2,03
1-Metoxi-2-propanol	30	32,54	29,84	0,917	0,0072	0,78
2-Etoxietanol		1,69	1,60	0,948	0,0179	1,89
1-Metoxi-2-propanol	73	32,54	30,07	0,924	0,0072	0,78
2-Etoxietanol		1,69	1,56	0,925	0,0409	4,42

C_A: Concentración de cada contaminante expresada en mg/m³, generada en la atmósfera.

C_R: Concentración media recuperada de cada contaminante expresada en mg/m³.

R: Recuperación media del muestreo y análisis expresada en tanto por uno.

(1): Todos los datos se refieren a la mezcla de los dos contaminantes presentes en la atmósfera muestreada

(2): El n° de muestras para cada experiencia ha sido de 6.

Tabla 4
Estudio de la estabilidad de las muestras

Compuesto ⁽¹⁾	t ⁽²⁾ días	C _R ⁽³⁾ mg/m ³	R	s	CV %
1-Metoxi-2-propanol	0	661,5	0,929	0,0030	0,32
2-Etoxietanol		34,75	0,946	0,0030	0,32
1-Metoxi-2-propanol	7(a)	676,81	0,951	0,0096	1,01
2-Etoxietanol		34,05	0,927	0,0095	1,02
1-Metoxi-2-propanol	7	669,69	0,941	0,0127	1,35
2-Etoxietanol		34,08	0,928	0,0264	2,84
1-Metoxi-2-propanol	14	679,65	0,955	0,0051	0,53
2-Etoxietanol		33,83	0,921	0,0125	1,36

1-Metoxi-2-propanol	21	678,94	0,954	0,0075	0,79
2-Etoxietanol		33,86	0,922	0,0098	1,06

(1): Concentraciones de glicol éteres en la atmósfera: 1-metoxi-2-propanol 711,68 mg/m³, 2-etoxietanol 36,73 mg/m³. La humedad relativa de la atmósfera ha sido 72%

(2): Las muestras han estado almacenadas refrigeradas y analizadas al cabo de un tiempo t, excepto las muestras (a) que ha sido analizadas después del transporte y vuelta al laboratorio.

(3) El número de muestras por experiencia ha sido de 4 excepto en el caso t=0 que ha sido 2

ANEXO B DESARROLLO DE UNA CURVA DE CALIBRADO

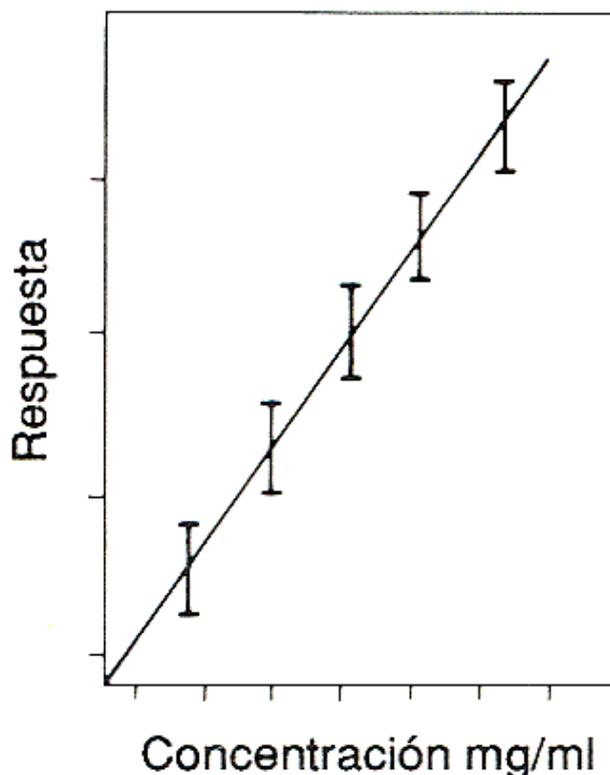
En este anexo se describe el procedimiento a seguir para el desarrollo de una curva de calibrado y control de la estabilidad de la misma a lo largo del tiempo.

Para el desarrollo de la misma, se preparan cinco disoluciones de calibración de los analitos de interés que cubran el intervalo de concentraciones de aplicación del método.

Analizar los patrones en las mismas condiciones que las muestras. Se recomienda un mínimo de seis inyecciones.

Calcular para cada concentración y analito el promedio de las respuestas obtenidas y la desviación típica correspondiente. Las curvas de calibración se construyen representando los intervalos de los Valores promedios ± 2 desviaciones típicas, frente a las concentraciones en mg/ml de cada analito.

Comprobar diariamente la curva de calibrado mediante el análisis de uno de los patrones de calibración. El valor obtenido para cada analito debe encontrarse dentro del intervalo asociado a ese patrón.



ANEXO C CALCULO DE LA EFICACIA DE DESORCIÓN CON HUMEDAD

Se describe en este anexo el procedimiento a seguir para el cálculo de la eficacia de desorción, según un método dinámico, que estudia el efecto del contenido de vapor de agua en el aire muestreado en la recuperación de los glicol éteres del carbón activo.

Para calcular dicha eficacia de desorción, se inyectan lentamente mediante una microjeringa de precisión, alícuotas conocidas de los analitos de interés en los taponos de lana de Vidrio que preceden a las primeras secciones de carbón, de al menos tres tubos de muestreo (5.1.2). Cada tubo muestra se conecta a una bomba de muestreo (5.1.1), según se especifica en el apartado 6.2, y se hace pasar aire en las mismas condiciones referentes a temperatura, humedad relativa, caudal y volumen de muestreo que las medidas durante la captación de las muestras. Paralelamente, debe prepararse un tubo en blanco de la misma manera que los tubos muestra excepto que no se le ha añadido contaminante. Asimismo, se preparan un mínimo de tres patrones inyectando el mismo volumen de contaminantes en 1 ml de disolución desorbente, con la misma microjeringa utilizada en la preparación de las muestras.

Tanto los tubos muestra, como el blanco, se desorben con 1 ml de disolución desorbente de la forma descrita en 7.1, analizándose dichas disoluciones, así como la disoluciones patrón de la misma manera que se ha descrito en el apartado 7.3. La eficacia de desorción se calcula por comparación de la cantidad recuperada en las muestras con la cantidad encontrada en los patrones, es decir como se especifica en el apartado 8.1.



ADENDA

Revisión normativa

La disposición siguiente han sufrido modificaciones después de la edición de este método en formato papel:

⁽¹⁾ Real Decreto 2216/1985: Derogado por el [Real Decreto 363/1995](#)



Para cualquier observación o sugerencia en relación con este Método puede dirigirse al

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

[Centro Nacional de Verificación de Maquinaria](#)

Camino de la Dinamita, s/n Monte Basatxu-Cruces - 48903 BARACALDO (VIZCAYA)

Tfn. 944 990 211 - 9 44 990 543 Fax 944 990 678

Correo electrónico.- cnvminsht@mtas.es