



Prevención frente al cáncer en el lugar de trabajo:

protección contra

el butadieno, óxido de

etileno y acrilonitrilo

El butadieno, el óxido de etileno y el acrilonitrilo (los llamados compuestos orgánicos volátiles, COV) son componentes importantes en la fabricación de plásticos y productos intermedios en la industria química. Los tres materiales son cancerígenos, pero no se pueden sustituir en el proceso de producción. En este tipo de trabajos, que deben realizarse de forma habitual en entornos contaminados, como los servicios de mantenimiento de bridas y tuberías o la limpieza de tanques, deben establecerse límites de exposición estrictos. El cumplimiento de estos límites es posible gracias a un control eficaz con estrategias y dispositivos de medición específicos.

Productos químicos en bruto importantes en la producción de plásticos

El butadieno, el óxido de etileno y el acrilonitrilo se producen activamente como productos químicos en bruto en la industria y se almacenan en tanques hasta su posterior procesamiento. Debido a las altas presiones de vapor, se presentan en forma gaseosa. Durante el transporte por las instalaciones de la planta, pueden producirse **escapes** en los puntos de transferencia y a través de las válvulas. Como resultado, las sustancias peligrosas también pueden estar presentes en el aire en espacios abiertos. Los **tanques** o los contenedores en los que se transportan estas sustancias también deben limpiarse y someterse a mantenimiento cada cierto tiempo. En todos los casos, antes de realizar trabajos de mantenimiento e inspecciones en dichos entornos, se deben efectuar mediciones de control de gases y, a continuación, se debe supervisar a los empleados a medida que realicen su trabajo.

Un reto excepcional: la viabilidad técnica

Debido a las propiedades cancerígenas de estos materiales, se debe poner especial atención en los **límites de exposición profesional** y el cumplimiento de estos límites. La mayoría de las **tecnologías de medición** no tienen la capacidad técnica para observar y monitorizar estos valores de forma precisa y continua. En un momento en el que la protección de los trabajadores es cada vez más importante en todo el mundo, la industria química se enfrenta a un reto excepcional: ¿qué se puede hacer para proteger a los empleados de los peligros que conllevan sus tareas de trabajo diarias? ¿Y cómo podemos aplicar esta protección de una manera, a poder ser, rentable?

Límites de exposición profesional nacionales seleccionados

País	Sustancia peligrosa/Parámetro de referencia		
	1,3-Butadieno	Óxido de etileno	Acrilonitrilo
Australia	10 ppm (TWA)	1 ppm (TWA)	2 ppm (TWA)
Dinamarca	10 ppm (TWA)		2 ppm (TWA)
Alemania (nivel de aceptación)	0,2 ppm	0,1 ppm	0,12 ppm
Alemania (nivel de tolerancia)	2 ppm	1 ppm	1,2 ppm
Corea del Sur	2 ppm (TWA)	2 ppm	2 ppm
EE. UU. (OSHA)	1 ppm (TWA)	1 ppm	2 ppm
Reino Unido	10 ppm (TWA)	5 ppm (TWA)	2 ppm (TWA)

Fuentes: Dräger VOICE^{®1}, Gestis/IFA², TWA: Promedio ponderado en el tiempo (turno de 8 horas)



Imperativo: mediciones de control de gases en espacios confinados y del entorno inmediato

Antes de comenzar el trabajo, especialmente en el caso de la limpieza de tanques, es esencial realizar una medición de control de gases. A partir de dicha medición se puede decidir si, y en su caso, qué equipo de protección debe utilizarse al entrar en las zonas contaminadas. Al estar cerrados y tener poca ventilación, los espacios confinados como los tanques siempre están asociados a peligros potenciales de explosión, toxicidad y oxígeno. En el caso de las sustancias cancerígenas butadieno, óxido de etileno y acrilonitrilo, es necesario proteger a los trabajadores de los efectos tóxicos agudos, así como prevenir los efectos crónicos sobre la salud a largo plazo.

Solo a través de las mediciones de control de gases podemos saber a ciencia cierta que se respetan los límites locales de exposición al butadieno, óxido de etileno y acrilonitrilo en el lugar de trabajo y que los empleados están protegidos frente a las concentraciones de estas sustancias que ponen en peligro su vida. De lo contrario, es necesario adoptar otras medidas, como la ventilación de los tanques hasta que alcancen una concentración mínima aceptable o el uso de equipos de protección adecuados. Esto se aplica tanto a los empleados que trabajan en el interior como a cualquier persona que trabaje en las inmediaciones del lugar de trabajo. Los límites de exposición ocupacional, en particular para las sustancias cancerígenas, se están endureciendo continuamente en muchos países industrializados, por lo que los requisitos para las estrategias y los métodos de medición también están aumentando.

Estrategias de medición óptimas para las mediciones de control de gases en el lugar de trabajo

Para la detección de los **compuestos orgánicos volátiles (COV)** como el butadieno, el óxido de etileno y el acrilonitrilo, resulta útil llevar a cabo inicialmente una prueba previa de la suma de todos los COV. Mientras que el acrilonitrilo y el óxido de etileno se pueden medir con un sensor electroquímico tipo OV u OV-A, en el caso del 1,3-butadieno, es aconsejable usar un **sensor PID** (detector de fotoionización) porque registra concentraciones de apenas 0,05 ppm. La elección de los sensores también debe tener en cuenta siempre las sensibilidades cruzadas deseadas o no deseadas con respecto a otras sustancias presentes.

Debido a que estos sensores solo miden la concentración actual de todos los compuestos orgánicos volátiles sumados, se precisa otro análisis diferenciado. Solo así es posible evaluar los riesgos potenciales de cada una de las sustancias peligrosas presentes. Si la lectura de medición de la suma del sensor PID o OV es demasiado alta, es necesario realizar mediciones selectivas posteriores para dilucidar exactamente qué sustancia cancerígena representa la proporción más alta de la concentración total.

Estrategias de medición selectiva para la evaluación específica de una situación

Para la medición selectiva, los tubos detectores de gas de corta duración que pueden medir concentraciones muy bajas son adecuados para sustancias peligrosas específicas, como el Dräger-Tubes® Acrilonitrilo 0,5/a, Óxido de etileno 1/a o para el 1,3-butadieno, o el Dräger-Tube Cloropreno 5/a.

La ventaja de los dispositivos de tubos de corta duración es que son más económicos. Sin embargo, debido a las emboladas de la bomba y a los tiempos de reacción, el proceso de medición puede durar unos minutos. Otra opción, para obtener un análisis exacto, consiste en enviar un recolector de muestras a un laboratorio. Esta sigue siendo una metodología común porque la precisión analítica contribuye de manera positiva a la seguridad general. Sin embargo, en muchos casos, los requisitos en cuanto a tiempo y coste de este método, sobre todo cuando se necesitan varias mediciones, son factores que pueden repercutir negativamente en la eficiencia del proceso.

En el caso del 1,3-butadieno, es posible sustituir la medición por el uso de un sensor PID con un cromatógrafo de gases combinado. Este dispositivo combina pruebas previas con pruebas selectivas, lo que simplifica y acorta los procesos de medición. Dos modos de medición, uno de **medición de ancho de banda** en modo de búsqueda y otro de medición selectiva en modo de análisis, permiten no tener que realizar pruebas manuales con tubos y aumentan la seguridad mediante resultados de medición en **calidad de laboratorio**. Los costes de adquisición son más elevados, pero con una frecuencia de uso más alta, si se hace un desglose por cada medición, podría merecer la pena.

En las grandes empresas que requieren muchas mediciones, las obligaciones de documentación implican que una gran cantidad de datos puede generar unos gastos administrativos elevados. Los métodos digitales modernos de transferencia de datos reducen el potencial de error durante la documentación y ahorran tiempo gracias a que se necesitan menos pasos manuales.

Seguimiento del trabajo en áreas de riesgo

Después de realizar con éxito la medición de control de gases de una zona y de obtener la consiguiente autorización de trabajo, el trabajo puede comenzar. Las áreas de trabajo se clasifican como peligrosas según la evaluación de riesgos de cada área.

Es posible lograr una **monitorización** personal continua mediante el uso de dispositivos de detección de gases que cada trabajador lleva instalados en su cuerpo (monitorización personal de área = PAM). La monitorización continua de un área de trabajo se realiza normalmente con un sensor OV de menor coste pero también menor sensibilidad. El umbral de alarma se ajusta dependiendo del riesgo. Cuando se activa una alarma, el trabajo debe detenerse de inmediato. Debido a la menor sensibilidad de los sensores OV, también deben realizarse mediciones de control selectivas periódicas. Su frecuencia depende de los riesgos precisos según las evaluaciones de riesgos, lo que también determina los métodos de medición preferidos. En principio, estas mediciones repetidas corresponden al método de medición de control de gases.

Conclusión

La estrategia de medición elegida por el responsable de seguridad de la planta depende de tres factores clave:

- La calidad de la medición, que se orienta hacia el nivel de seguridad deseado en función de la evaluación de riesgos. La forma en que se muestran los resultados, la precisión del indicador y la selectividad requerida determinan la calidad.
- La comodidad a la hora de llevar a cabo las mediciones. Esto incluye el número de pasos, la rapidez con la que los datos están disponibles in situ y si la operación es a prueba de fallos.
- La frecuencia de uso de los dispositivos, que determina el coste por medición. Los costes de adquisición más elevados pueden amortizarse rápidamente cuando se calculan en relación con el coste por uso continuo.

Apoyo a la toma de decisiones: ¿Qué estrategia de medición es adecuada para cada finalidad?

Método	Laboratorio	Tubos de detección de gases con bomba	Dispositivos de medición para mediciones totales y mediciones selectivas de COVs	PID con cromatógrafo de gases
Ejemplo de equipo		Dräger-Tubes® con Dräger accuro	Dräger X-am® 8000	Dräger X-pid® 9000/9500
Costes de adquisición ³	<i>Ninguno</i> (si se utiliza como servicio externo)	<i>Bajos</i> Bomba: Set Dräger accuro: aprox. 300 €.	<i>En la media</i> Dräger X-am® 8000 con sensores Ex, O ₂ , CO, H ₂ S y PID: aprox. 3000 €. ⁴ incl. dispositivo de carga	<i>Altos</i> Dräger X-pid® 9000/9500: aprox. 18 000 €. ⁴
Costes por medición ³	<i>Muy altos</i> , aprox. 70 €	<i>Promedio</i> : dependiendo del uso Coste por tubo: 5-10 € Tiempo necesario: 4-8 minutos → 4 € Supuesto: 10,50 € por medición de media	<i>Bajos</i> Supuesto: 6,58 € por medición de media ⁷	<i>Muy bajos</i> Supuesto: 0,66 € (solo costes de mano de obra)
Especificaciones	Medición muy precisa de sustancias específicas, largos plazos de espera debido a las rutas de transporte	Buena calidad de medición, medición selectiva, sin mantenimiento ni plazo de entrega	Rápida debido a la prueba previa Cuenta con un asistente digital.	Lecturas precisas en el rango bajo, selectivas, inmediatamente disponibles in situ, fáciles de usar. No se necesitan elementos desechables. Compensa los factores externos (temperatura y humedad)

Otros aspectos	Error potencial durante el muestreo, formación necesaria, por lo tanto, mayores costes para los proveedores de servicios	Requiere práctica, se necesitan varios minutos por medición, se necesitan elementos desechables. Los factores externos, como la temperatura y la humedad, afectan a los resultados de la medición.	Solo opción de prueba previa, sin selectividad, combinación ocasional con pre-tubos seleccionados. Se necesita formación. Pasos de mantenimiento y preparación necesarios. Posibilidad de transferencia digital de datos	Posibilidad de transferencia digital de datos Pasos de mantenimiento y preparación necesarios
Evaluación de la calidad de las mediciones en total⁹	10	5	6	9
Evaluación de la facilidad de la medición en total⁸	1	5	7	10

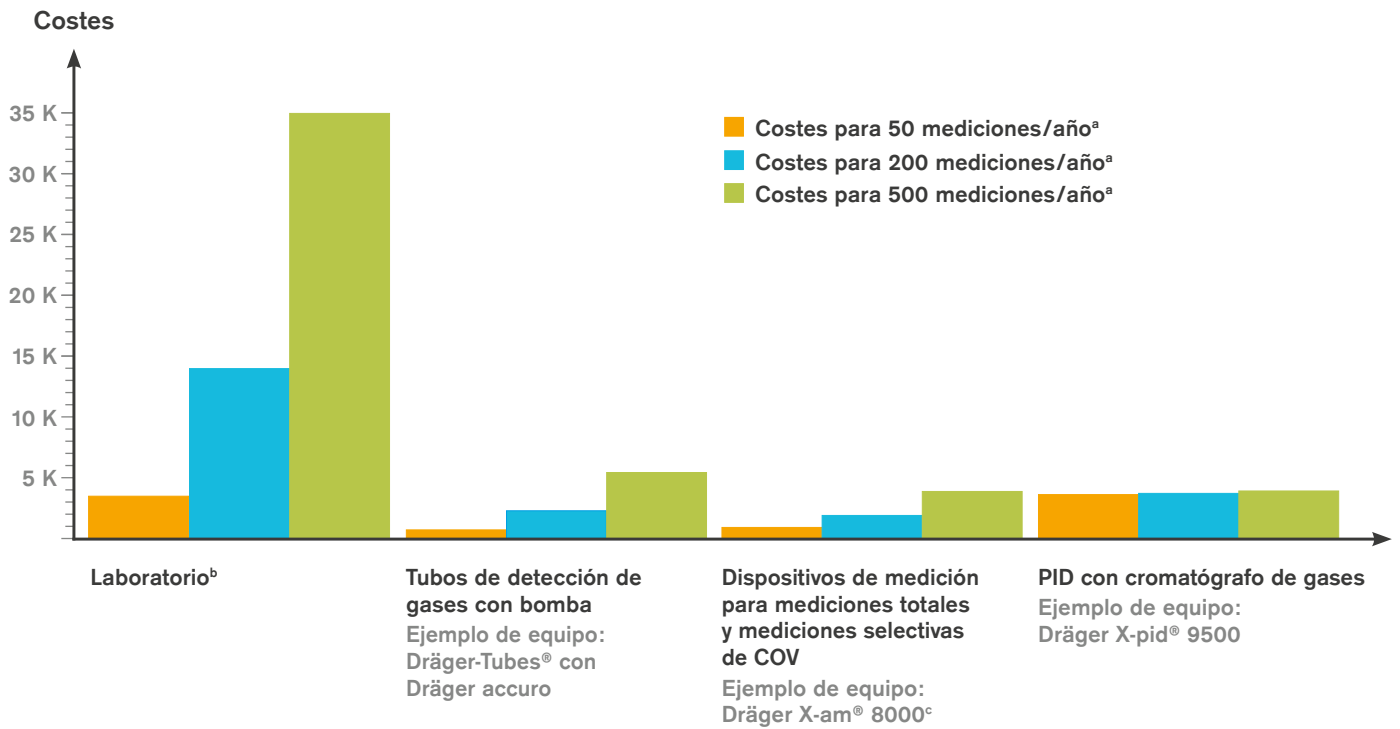
Apoyo a la toma de decisiones: usar la frecuencia como punto de referencia

Para las empresas con importantes necesidades de medición (más de 500 mediciones al año) e instalaciones con alto riesgo de toxicidad por sustancias cancerígenas como butadieno, óxido de etileno y acrilonitrilo, el uso de un sensor electrónico PID u OV es adecuado para una prueba previa, con la implementación de nuevas mediciones selectivas caso por caso. En el ejemplo utilizado, cada segunda medición se verificaba de forma selectiva. El uso de un dispositivo de medición PID combinado con un cromatógrafo de gases es especialmente eficaz en este caso, ya que no se generan costes adicionales con cada nueva medición. Al mismo tiempo, se mejoran los niveles de seguridad, ya que cada medición selectiva puede llevarse a cabo de una manera fácil, rápida y segura.

Con una frecuencia de uso media (aprox. 200 mediciones/año) también es adecuado un dispositivo de medición con un sensor PID. Las pruebas previas y las pruebas selectivas se realizan en un solo paso de trabajo. Con lecturas relativamente frecuentes, esto puede suponer un ahorro potencial en comparación con las mediciones selectivas exclusivas.

Con una frecuencia de uso baja (alrededor de 50 mediciones al año), las pruebas selectivas con tubos de detección, así como las pruebas de laboratorio complementarias ocasionales para asegurar la precisión de la medición, resultan un método de medición adecuado. Los dispositivos complementarios de pruebas previas no selectivas muy fáciles de usar son una alternativa viable.

Elección de los dispositivos de medición con respecto a la frecuencia de uso



LEYENDA:

- a) Coste de 50, 200 y 500 mediciones resultantes de los costes de compra/año + número de mediciones x costes por mediciones
 b) Ejemplo de costes de laboratorio por servicio externo
 c) Ejemplo: medición selectiva, según sea necesario para el 50 % de los casos de uso

¹https://www.draeger.com/de_de/Alcohol-and-Drug-Detection/Online-Service/VOICE-Gefahrstoffdatenbank;

consultado el: 07/08/2018

²<https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>; consultado el: 07/08/2018

³Costes de compra pura del dispositivo como punto de referencia global, divididos a lo largo de la vida útil prevista de 5 años del dispositivo; los costes de mantenimiento

y los costes de las piezas de recambio no se incluyen a efectos de transparencia.

⁴Precio medio estimado de mercado. Producto aún no disponible en el mercado. Situación en 2018.

⁵Costes medios estimados por medición, incluidos elementos desechables y el tiempo de trabajo. Tiempo de trabajo = duración de la medición

x salario medio (supuesto: 40 €/h). Una medición con tubo dura una media de 6 minutos, lo que equivale a 4 € de mano de obra.

⁶Una medición con tubo tarda una media de 6 minutos => 4 € de mano de obra

⁷Supuesto en el ejemplo de cálculo: Una de cada dos mediciones totales de suma es validada por una medición de tubo selectiva. Costes medios: 1. Medición de la suma total (2 min.) = 1,33 €, 2. Medición del tubo 6,50 € + 4 € / 2 (según sea necesario para el 50 % de los casos de uso)

⁸En una escala del 1 al 10 10 = muy alta; 1 = muy baja

INFORMACIÓN EDITORIAL

ALEMANIA
 Drägerwerk AG & Co. KGaA
 Moislinger Allee 53–55
 23542 Lübeck

www.draeger.com