

# PID COMO HERRAMIENTAS DE RESPUESTA A MATERIALES PELIGROSOS

Los detectores de fotoionización (PID) miden niveles bajos (0 a 2000 ppm) de COV (compuestos orgánicos volátiles) y de otros gases tóxicos. Muchos de los incidentes de materiales peligrosos (HatMat) son debidos a los COV, y la sensibilidad de los PID a los COV los convierte en una herramienta de inestimable valor para la toma de decisiones para materiales peligrosos, incluyendo:

- Evaluación inicial del EPP (equipo de protección personal)
- Detección de fugas
- Establecimiento y mantenimiento de un perímetro
- Delimitación de derrames
- Descontaminación
- Recuperación

Aunque los PID ya están siendo utilizados por algunos equipos de materiales peligrosos, hallazgos recientes en la tecnología PID aumentan su utilidad al hacerlos más robustos, fiables y económicos. Gracias a estos descubrimientos, el número de equipos de respuesta a materiales peligrosos que desean incorporar nuevos PID a su inventario de monitores de gases puede ser cada vez mayor.

## ¿CUÁLES SON LOS COV MÁS COMUNES?

Los COV son compuestos químicos que mantienen a la industria en marcha y que incluyen:

- Combustibles
- Aceites, desengrasantes, fluidos de transferencia de calor
- Disolventes, pinturas
- Plásticos, resinas y sus precursores

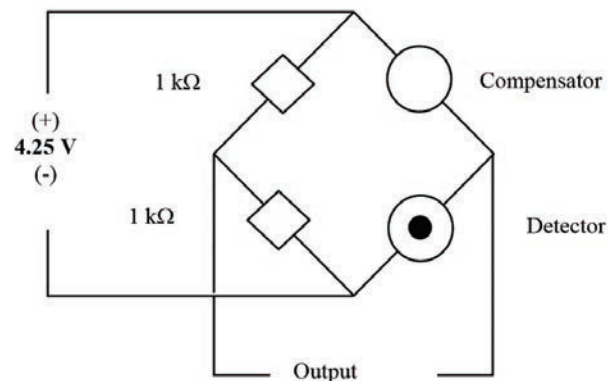
## ¿POR QUÉ NO USAR UN MONITOR LEL?

Muchos COV son inflamables y pueden ser detectados por sensores LEL (límite inferior de explosividad) o de gases combustibles, encontrados en casi todos los monitores de varios gases. Sin embargo, los sensores LEL no resultan especialmente adecuados para medir la toxicidad, ya que su sensibilidad no es suficiente.

## Los sensores LEL miden la explosividad, no la toxicidad

Los sensores LEL miden el porcentaje de LEL. Así, por ejemplo, la gasolina tiene un LEL del 1,4%. Por ello, el 100% de LEL es 14.000 ppm de gasolina, el 10% de LEL es 1.400 ppm de gasolina y el 1%

de LEL es 140 ppm de gasolina. 140 ppm de gasolina es la cantidad mínima de vapor que puede "ver" el monitor LEL. La gasolina presenta un TWA (promedio en el tiempo) de 300 ppm y un STEL (límite de exposición a corto plazo) de 500 ppm; estos valores hacen que los sensores LEL no sean adecuados para medir los vapores de gasolina, simplemente porque no ofrecen una sensibilidad adecuada.



## Los sensores LEL miden la explosividad, no la toxicidad

Muchos COV son potencialmente tóxicos a niveles que se encuentran muy por debajo de sus niveles de explosividad, y por debajo de la sensibilidad de los sensores LEL.

## Los sensores LEL se diseñaron para medir metano

Los sensores LEL se diseñaron originalmente para resolver el problema de medición de los niveles de metano en las minas de carbón. La mayor parte de los sensores LEL utilizan un puente de Wheatstone para medir el calor liberado cuando se quema un gas inflamable en una perla catalítica. El aumento de temperatura provoca un cambio en la resistencia, que es medido y convertido a % de LEL.



## Sensores LEL simplificados

Un sensor de puente de Wheatstone es una sencilla y fina resistencia eléctrica con dos elementos quemadores. Un elemento tiene un catalizador (por ejemplo, platino) y el otro no. Ambos elementos se calientan a una determinada temperatura que, normalmente, no soportaría la combustión. De esta manera, el elemento con

catalizador “quema” el gas a una temperatura inferior y se calienta con respecto al elemento que no presenta catalizador. El elemento más caliente presenta mayor resistencia y el puente de Wheatstone mide la diferencia entre la resistencia de ambos elementos. Así, este sensor mide la temperatura a la que se quema el gas.

**Limitaciones de los sensores LEL**

Existen dos mecanismos que afectan al rendimiento de los sensores LEL con puente de Wheatstone y que reducen su efectividad cuando se aplican a cualquier otro gas que no sea metano:

- **Los gases se queman generando diferente calor**  
 Algunos gases arden calientes, mientras que otros arden relativamente fríos. Estas diferentes características físicas se convierten en dificultades cuando se usan sensores LEL. Por ejemplo, el 100% de LEL de metano (5% de metano en volumen) arde generando el doble de calor que el 100% de LEL de propano (2% de propano en volumen).
- **Los vapores de hidrocarburos “más pesados” tienen dificultades para difundirse en el sensor LEL y limitan la salida de LEL**

Algunos vapores de hidrocarburos “más pesados” tienen dificultades para difundirse a través del controlador de llamas de metal sinterizado en los sensores LEL. Este controlador de llamas es necesario para evitar que el sensor inicie un fuego por sí mismo y no previene que gases como el metano, propano y etano alcancen el puente de Wheatstone. Sin embargo, hidrocarburos como la gasolina, diesel, disolventes, etc. se difunden más lentamente hacia el controlador de llamas, de forma que la cantidad de vapor que llega al puente de Wheatstone es menor y la salida del sensor también lo es.

**Sensibilidad del sensor LEL con puente de Wheatstone con respecto al metano**

De acuerdo con la siguiente tabla, la gasolina produce menos de la mitad del calor que el metano en un sensor con puente de Wheatstone.

Gas/Vapor	LEL (%vol)	Sensibilidad (%)
Acetona	2.2	45
Benceno	1.2	40
Diesel	0.8	30
Gasolina	1.4	45
<b>Metano</b>	<b>5.0</b>	<b>100</b>
MEK	1.8	38
Propano	2.0	53
Tolueno	1.2	40

Si un monitor LEL se calibra para metano y se usa para medir vapores de gasolina, el monitor mostrará únicamente el 45% de la lectura real.

Por ejemplo: tras un calibrado de metano, si un sensor LEL muestra el 45% de LEL en una mezcla de gasolina y aire, el LEL real es de aproximadamente el 100%, ya que la gasolina sólo produce el 45% de la salida en el sensor con respecto al metano.

Las lecturas de LEL se pueden corregir eligiendo gases de calibrado que sean más apropiados para el gas que se está midiendo. La tabla anterior muestra que la respuesta LEL del propano se aproxima mucho más a la de los COV comunes que la del metano. Por este motivo, algunos fabricantes calibran sus sensores LEL para propano. Los factores de corrección (factores de respuesta) también se pueden usar durante el calibrado o aplicar electrónicamente por un monitor de gases para corregir la lectura esperada del gas objetivo mientras se sigue calibrando para metano. El calibrado para metano es más adecuado porque se detecta antes un fallo en el sensor. No obstante, incluso con el factor de corrección adecuado, los sensores LEL no poseen la sensibilidad necesaria para medir los niveles de ppm (partes por millón) necesarios para proteger a los trabajadores de la toxicidad de los COV.

**MEDICIÓN EN PPM: LA MADUREZ DE LOS MONITORES DE GASES**

Cuando los monitores para espacios reducidos llegaron al mercado de la seguridad por primera vez, el objetivo era que dejara de morir gente en espacios reducidos debido a los graves efectos (inmediatos) provocados por los gases tóxicos o explosivos. Dicho en pocas palabras, los sensores LEL garantizaron que los trabajadores volvieran a casa cada noche. A medida que el control de gases adquiere madurez, los profesionales de materiales peligrosos, seguridad e higiene son cada vez más conscientes de los efectos crónicos (a largo plazo) de numerosos gases y vapores. La medición de estos bajos niveles requiere el uso de herramientas de medición de gases que midan en ppm. Así, para medir COV (compuestos orgánicos volátiles) a niveles de ppm podemos usar los siguientes métodos:

- **Tubos colorimétricos:** carecen de precisión y presentan otras deficiencias.
- **Sensores de óxido de metal (MOS):** carecen de precisión y sensibilidad
- **Cromatografía de gases / Espectrometría de masas (GC/MS) portátil:** selectivos y muy precisos, pero muy caros y no continuos.

- **FID (detector de ionización de llama):** limitado para grandes tamaños y pesos, necesita llevar hidrógeno
- **PID:** usado adecuadamente, un PID es la mejor elección para ofrecer confianza a los equipos de respuesta en numerosos entornos de materiales peligrosos.

### ¿Por qué no usar tubos colorimétricos?

Los tubos colorimétricos (a menudo denominados tubos “Dräger”) han sido la base de la detección de gases para respuesta a materiales peligrosos durante años. Se trata de un medio aceptado y probado de medir numerosos gases y vapores tóxicos a niveles de ppm. Los tubos colorimétricos son económicos, pero presentan limitaciones:

- Los tubos sólo ofrecen imágenes instantáneas, como una cámara Polaroid. No pueden ofrecer un análisis de calidad o un control continuo con alarmas. Un tubo no se le puede colocar al trabajador y esperar que suene la alarma cuando las condiciones resulten peligrosas.
- La naturaleza de “comprobación in situ” de los tubos también los hace más propensos a los errores de muestreo. Los monitores continuos, que miden a 100-500 cc/min, tienen menos probabilidad de volverse “locos” debido a una lectura falsa alta o baja, a un pequeño volumen de muestra, a las corrientes de aire o a una técnica errónea de muestreo.
- Los tubos son de respuesta lenta. La visualización de las lecturas requiere minutos en lugar de segundos.
- Las bombas de los tubos de tipo fuelle proporcionan una precisión máxima del 25% y los tubos de tipo pistón/jeringa ofrecen una precisión del 15%. Por ello, si la concentración real de un gas es 100 ppm, el tubo de tipo fuelle puede leer entre 75 y 125 ppm.
- Las lecturas de los tubos están sujetas a interpretación.
- Los tubos generan fragmentos de vidrio y desechos químicos.
- Tener un gran stock de tubos resulta caro.
- Los tubos caducan.
- Existe un número limitado de sustancias químicas para tubos, por lo que los tubos no son tan específicos como muchos quieren creer.

### ¿Por qué no usar un sensor MOS?

Los sensores semiconductores, o de óxido de metal (MOS) son una de las tecnologías de medición más antiguas y económicas en los instrumentos portátiles. Aunque los sensores MOS pueden detectar una amplísima variedad de contaminantes, también presentan un cierto número de deficiencias que limitan su uso eficaz en la respuesta a materiales peligrosos:

- Presentan una sensibilidad limitada, con límites de detección en el rango de las decenas de ppm.
- Generan una salida no lineal y no son especialmente precisos, por lo que los sensores MOS son más bien un indicador bruto de la existencia de gases y vapores tóxicos. La toma de decisiones basadas en su salida puede resultar peligrosa, ya que su salida no lineal es como intentar medir el papel con una regla de goma.
- Son lentos para reaccionar (con respecto a un PID).
- Responden positivamente a la humedad y la temperatura.
- Se pueden intoxicar y ensuciar y no se limpian fácilmente.
- Los sensores MOS son el primer verdadero sensor de “banda ancha”, ya que responden a una gran variedad de compuestos.

### GC/MS portátil

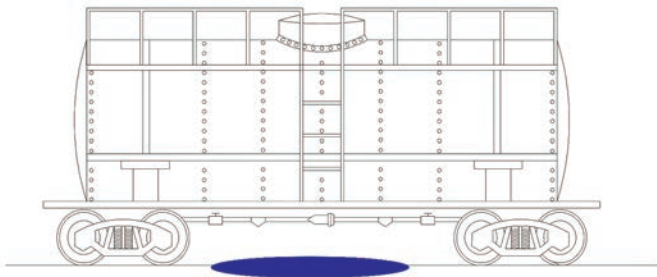
La cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS) posee la característica de ser selectiva pero no continua. Sólo puede tomar “fotos instantáneas” y es incapaz de proporcionar un control continuo con alarmas. La naturaleza de “comprobación in situ” de la GC/MS también la hace propensa a los errores de muestreo. Los monitores continuos, que miden a 100-500 cc/min, tienen menos probabilidad de volverse “locos” debido a una lectura falsa alta o baja, a un pequeño volumen de muestra, a las corrientes de aire o a una técnica errónea de muestreo. Además, ningún GC/MS es suficientemente portátil o robusto como para ser llevado de forma continua por un trabajador. Por ello, un GC/MS también es una forma de protección más reactiva que proactiva. Sólo puede informar de forma intermitente acerca de lo que está sucediendo. Un GC/MS puede contar una historia por medio de fotos instantáneas, en lugar de hacerlo con un vídeo continuo instantáneo. Finalmente, el GC/MS tiende a ser prohibitivamente caro.

### Detectores de ionización de llama (FID)

Los detectores de ionización de llama (FID) responden a un amplio rango de compuestos orgánicos, pero no son selectivos. Mientras que su linealidad es excelente, su uso está limitado por su gran tamaño y peso, y requieren el uso de una botella de hidrógeno. Los FID son relativamente caros y con un mantenimiento intensivo, limitándose por ello su uso en numerosas industrias. Los PID y FID se denominan frecuentemente analizadores de vapores orgánicos u OVA. Son muchos los que desean conocer la diferencia entre estas dos técnicas, y la diferencia es, básicamente, una cuestión de preferencia. La diferencia entre un FID y un PID es similar a la diferencia entre una varilla graduada y una vara de medir. Las dos miden de forma eficaz las mismas cosas. No obstante, y dado que los PID son más pequeños, fáciles de usar y significativamente menos caros, su utilidad en la industria es potencialmente mayor que la de los FID.

## Detectores de fotoionización (PID)

Un PID es, esencialmente, un cromatógrafo de gases sin su columna de separación y, por ello, puede ofrecer una excelente precisión. Algunos dicen que, mientras que el PID es claramente sensible y preciso para muchos gases y vapores tóxicos a niveles de ppm, su falta de selectividad reduce su utilidad. Sin embargo, la mayoría de los otros métodos también presentan una selectividad limitada, incluyendo los tubos colorimétricos, MOS y FID. La ventaja de un PID es que, aunque no es selectivo, es un monitor pequeño y continuo que puede ofrecer información instantánea a los trabajadores. Esto hace que sean responsables de sus acciones y les permite realizar su trabajo con la seguridad de que no se están exponiendo a sustancias químicas peligrosas. Al igual que un reproductor de vídeo, el PID mide de forma continua y sus resultados se pueden registrar y volverse a visualizar de forma inmediata.



### ¿Por qué los PID no son más habituales?

En la década de los 70, los PID pasaron de los laboratorios al terreno para supervisar lugares químicamente contaminados. Aunque a menudo difíciles de usar, los primeros PID eran capaces de identificar la presencia de contaminantes sin realizar costosas y largas pruebas de laboratorio. Esto hizo que resultaran indispensables para muchas compañías de limpieza medioambiental. Gracias a su capacidad de detección de niveles bajos de contaminantes, algunos equipos de materiales peligrosos también descubrieron la utilidad de los PID. Pero las deficiencias, como su elevado coste de adquisición y mantenimiento, la falta de durabilidad, el voluminoso o tamaño, elevado peso, sensibilidad a la humedad e interferencias de radiofrecuencia (RFI) de los transmisores-receptores portátiles limitaron la aplicación de los primeros PID en las exigentes aplicaciones de materiales peligrosos.

### PID COMO UNA POTENTE HERRAMIENTA DE MATERIALES PELIGROSOS

En la actualidad, los PID miden de 0 a 10.000 ppm (partes por millón) con una resolución de tan sólo 1 ppb (partes por billón) y, por ello, son un medio muy apropiado de medir concentraciones de gasolina (y otros gases y vapores tóxicos) a los bajos niveles que provocan una toxicidad crónica. Los descubrimientos en la tecnología PID han

ido encaminados a las deficiencias de los PID, y en la actualidad ofrecen a los equipos de materiales peligrosos una tecnología de medición potente a la vez que económica. La capacidad de los PID para proporcionar mediciones precisas en un amplio rango de situaciones los convierte en una potente herramienta para los siguientes usos de materiales peligrosos:

- Evaluación inicial de EPP
- Detección de fugas
- Establecimiento y mantenimiento de un perímetro
- Delimitación de derrames
- Descontaminación
- Recuperación

### Evaluación inicial de EPP

Al aproximarse a un posible incidente con materiales peligrosos, el equipo de respuesta debe tomar una decisión con respecto al EPP (equipo de protección personal). Algunos incidentes potenciales pueden no ser "incidentes" y pueden no requerir el uso de EPP. Otros incidentes pueden parecer inicialmente que no presentan contaminación, aunque requieran niveles significativos de EPP. Ningún monitor puede dar todas las respuestas a un equipo de respuesta. Sin embargo, el PID es una excelente ayuda en este proceso de toma de decisiones. En muchos incidentes, el PID permite que el equipo de respuesta pueda identificar la presencia o ausencia de gases o vapores potencialmente tóxicos.

Imaginemos que un contratista de materiales peligrosos ha sido avisado por un empleado ferroviario para responder a una fuga en un vagón cisterna en un caluroso (35°C) y húmedo (95% de HR) día de verano. Según la información, el vagón cisterna estaba cargado con benceno. Debido a la naturaleza cancerígena del benceno (PEL o límite de exposición permisible de 1 ppm), el contratista de materiales peligrosos elige afrontarlo en un Nivel A.

Dado que se trataba de un caluroso día de verano, los equipos de respuesta estaban potencialmente expuestos a las lesiones por esfuerzos debidos al calor. En la evaluación del vagón cisterna que presentaba el escape, se observó que el charco situado bajo el vagón provenía de la condensación y no del benceno que rezumaba. El vagón había sido cargado a 12°C y la elevada temperatura ambiente, combinada con una humedad relativa por encima del 95% y había generado un charco de agua.

Usando un PID se ayudó al contratista a determinar si existía un vapor ionizable. Dado que el manifiesto identificaba el contenido del vagón cisterna como benceno, y puesto que el benceno es muy ionizable, el

contratista podría haber excluido la presencia de vapores de benceno usando un PID. Esto habría reducido el coste de la respuesta y habría evitado las posibles lesiones debidas a los esfuerzos por el calor de llevar un traje de protección completo de nivel A.

### **Leak Detection with a PID**

A menudo, una fuga no resulta visible y debe ser localizada antes de poder detenerla de forma eficaz. Cada vez que se libera un gas o vapor al aire, se dispersa alejándose de la fuente de la fuga. A medida que el gas o vapor se dispersa, el aire ambiente lo va diluyendo hasta el punto de que no se puede detectar. Este proceso establece un gradiente de concentraciones, en el que la concentración del gas o vapor es máxima en la fuente de la fuga y es igual a cero cuando el gas o vapor está totalmente disperso. El PID permite medir y “ver” los gradientes de concentración para numerosos gases y vapores que, de otra manera, no se podrían detectar. Podemos usar el PID como un contador Geiger para “ver” el gradiente de concentración y para seguir el aumento de concentración del gas o vapor a medida que nos acercamos a la fuente. La capacidad de detección de fugas del PID ahorra tiempo y recursos, permitiendo que las fugas se puedan identificar más rápidamente de forma precisa.

### **Control de un perímetro con un PID**

Los técnicos de materiales peligrosos evalúan el incidente y establecen un perímetro basándose en la toxicidad del gas o vapor, la temperatura, la dirección del viento y otros factores. Sin embargo, los perímetros se suelen controlar con trabajadores sin mucha experiencia.

Al cambiar las condiciones, los perímetros no se modifican porque los trabajadores que controlan el perímetro no tienen la experiencia necesaria para reconocer que las condiciones han cambiado. Los técnicos de materiales peligrosos experimentados se suelen centrar en el problema de gestionar las complicaciones del derrame original. Por ello, los trabajadores que controlan el perímetro no suelen estar protegidos frente a las condiciones cambiantes, que pueden requerir el desplazamiento del perímetro alejándolo del lugar del derrame. En muchos incidentes con materiales peligrosos, un PID permite que las personas que están controlando el perímetro puedan ajustar la delimitación del mismo como respuesta a las condiciones cambiantes. Los PID pueden proporcionar alarmas instantáneas que avisan a los trabajadores que controlan el perímetro que se deben retirar de un incidente, abarcando desde el amoníaco hasta el xileno.

### **REGISTRO DE DATOS COMO UNA HERRAMIENTA**

Los PID con sistema de registro de datos proporcionan a los supervisores toda la información relativa a los niveles de exposición y ofrecen evidencias que justifiquen las evacuaciones, si éstas son necesarias. Algunos equipos de materiales peligrosos ya registran los datos de sus incidentes cuando se han liberado sustancias químicas.

Pero la mayoría sólo registran los datos de aquellos incidentes en los que existen resultados positivos. Esto omite más de la mitad de los valores del registro de datos. A menudo, un resultado negativo en un registro de datos es más útil que un resultado positivo. Guardar un “no detectado” puede ayudar a establecer rápidamente que un derrame de un compuesto ionizable ha sido rápida y adecuadamente contenido. Esto puede ahorrar tiempo y dinero si el derrame se llega a llevar alguna vez ante los tribunales.

### **PID PARA DELIMITACIÓN DE DERRAMES**

En el curso de un incidente con materiales peligrosos, pueden aparecer muchos líquidos, incluyendo agua, combustible, fluidos del motor y espuma de extinción de incendios. Con la presencia de todos estos líquidos, el PID constituye una excelente herramienta para los equipos de respuesta cero en caso de un derrame de combustible, evitando la pérdida de tiempo y absorbente sobre un pavimento que sólo está mojado con agua. Un PID responderá positivamente a un pavimento contaminado y no responderá a un pavimento mojado con agua. Esto hace que los equipos de respuesta puedan encontrar rápidamente el derrame, reduciendo así el dinero gastado en absorbente.

### **Uso de un PID en descontaminación**

A menudo, los materiales peligrosos llegan hasta los equipos de respuesta. Para compuestos ionizables como los combustibles y otros COV, un PID es un medio rápido y eficaz para determinar si un equipo de respuesta requiere descontaminación, y si dicha descontaminación ha sido completada. Esto puede ayudar al equipo de materiales peligrosos a decidir si reutiliza un traje de protección completa, porque no está contaminado. El PID realiza el barrido de las zonas en las que se sospecha que existe contaminación, y responderá positivamente a aquellas zonas que estén contaminadas con compuestos ionizables, no respondiendo a las zonas limpias o correctamente descontaminadas.

Los equipos de primera respuesta a un incidente con derrame de combustible suelen manchar de gasolina su ropa retardante de la combustión. La gasolina absorbida compromete las propiedades de

combustión lenta de la misma. El PID responde rápidamente a la contaminación e identifica esta situación peligrosa para que la ropa se pueda lavar adecuadamente antes de entrar en una situación de extinción de incendios estructural. Esta misma sensibilidad a los hidrocarburos hace que los PID se adecuen perfectamente a la investigación de incendios provocados. (Consulte la publicación RAE Systems AP-207: "PID como una herramienta de investigación de incendios provocados").

### Uso de un PID en recuperación del medio ambiente

Aunque el objetivo de cualquier equipo de respuesta a materiales peligrosos es contener y prevenir los derrames, los materiales peligrosos se suelen escapar de los contenedores, contaminando el suelo y el agua cercanos. Numerosas jurisdicciones (condados, estados, países) han definido la concentración a la que se debe llevar a cabo una acción reparadora. Si se ha producido un derrame de combustible que ha contaminado la superficie de la carretera y éste ha sido completamente retirado con absorbente, puede no ser necesario emprender ninguna acción reparadora. Sin embargo, si el producto combustible ha escapado a los mejores esfuerzos de contención, el combustible puede haber contaminado el suelo o el agua que lo rodea. Algunas jurisdicciones tienen un nivel de actuación de 100 ppm TPH (hidrocarburos totales de petróleo) en una muestra de espacio de cabeza como límite para emprender acciones reparadoras. Si las muestras del suelo muestran únicamente 10 ppm de contaminación en el espacio de cabeza de una muestra, la recuperación del mismo puede no ser necesaria. Por el contrario, las muestras de suelo con 200 ppm de contaminante requerirán la realización de acciones reparadoras adicionales.

El PID es una de las herramientas más reconocidas para llevar a cabo dicha determinación por parte de encargados de medioambiente y contratistas medioambientales. Los equipos de respuesta a materiales peligrosos disponen ahora de una herramienta eficaz para la toma de decisiones que reduce la incertidumbre de si hay que llamar a un contratista para que realice acciones reparadoras del entorno. Esto hace que los equipos de respuesta puedan reabrir rápidamente zonas que se pensaba inicialmente que estaban contaminadas. Debido a las variaciones meteorológicas y de las condiciones del suelo, lo mejor es tomar una muestra de espacio de cabeza del suelo o agua sospechoso, en lugar de utilizar el PID para sondear toda el área sospechosa. Es por esto que, en un día frío, los COV tienden menos a evaporarse, por lo que el paso de la sonda por todo el área puede pasar por alto parte de la contaminación. Al contrario, en un día caluroso, el paso de la sonda por una zona contaminada podría sobreestimar la contaminación.

### CÓMO TOMAR UNA MUESTRA DE ESPACIO DE CABEZA

1. Coloque suelo o agua contaminada en un contenedor o, incluso, en una bolsa de plástico.
2. Cubra/selle el contenedor y llévelo a temperatura ambiente (aprox. 15 min.).
3. Coloque la sonda PID en el contenedor y realice la medición.
4. En general, un valor inferior a 100 ppm es adecuado (Precaución: 100 ppm es un valor de referencia general. Revise la legislación local para conocer las normas específicas).

### ¿QUÉ ES UN PID?

Un detector de fotoionización es un detector que mide COV y otros gases tóxicos a bajas concentraciones que van desde las ppb (partes por billón) hasta las 10.000 ppm (partes por millón o 1% en volumen). Un PID es un monitor muy sensible de amplio espectro, como un "monitor LEL de bajo nivel". ¡Si los gases y vapores tóxicos fueran caimanes, el monitor LEL no respondería hasta que el usuario estuviera nadando entre ellos, mientras que el PID se lo haría saber en cuanto se mojara un pie!

**Nota:** consulte la Nota de aplicación AP-000: Guía de formación sobre PID de RAE Systems para obtener una descripción detallada de la forma de trabajar de los PID.

### Toma de decisiones con ayuda de un PID: Ajuste de las alarmas PID

Para tomar una decisión con un PID se necesitan 2 bits de información:

- **Toxicidad en humanos:** según definen AGCIH, NIOSH, OSHA o las directrices corporativas.
- **Sensibilidad del PID:** según se define mediante las pruebas realizadas por el fabricante de su PID (por ejemplo, factores de corrección de RAE Systems).

**¡Importante!** ¡Use únicamente los factores de corrección del fabricante de su PID!

### Tres escenarios para el ajuste de las alarmas PID:

1. Gas/vapor único
2. Mezcla de gases/vapores con reposición constante
3. Mezcla de gases/vapores con reposición variable

## 1. Alarmas PID para un gas/vapor único

En las sustancias químicas únicas es fácil:

- Identifique la sustancia química.
- Establezca el factor de corrección PID para la sustancia química según la lista del fabricante de PID.
- Busque los límites de exposición para la sustancia química (consulte la información de ACGIH, NIOHS y OSHA).
- Configure las alarmas PID según los límites de exposición.
- ¡El "mundo real" no suele ser tan sencillo!

## 2. Alarmas PID para una mezcla de gas y vapor con reposición constante

A menudo, los incidentes con materiales peligrosos no implican una sola sustancia química, sino un compuesto constituido por una mezcla de sustancias químicas tóxicas. Este "brebaje" de compuestos tóxicos requiere una mayor atención a la hora de determinar los puntos de ajuste de alarma. Si se puede identificar la mezcla, debe resultar fácil determinar cada sustancia química y sus concentraciones mediante la etiqueta de contenido o las hojas de datos de seguridad de materiales. Si se puede identificar el contenido químico, se podrá usar la siguiente ecuación para determinar la toxicidad de la mezcla:

$$LE_{mezcla} = \frac{1}{(X_1/LE_1 + X_2/LE_2 + X_3/LE_3 + \dots X_i/LE_i)}$$

"LE" es el límite de exposición y X es la fracción molecular de cada sustancia química volátil. Asimismo, el factor de corrección para la mezcla se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$FC_{mezcla} = \frac{1}{(X_1/FC_1 + X_2/FC_2 + X_3/FC_3 + \dots X_i/FC_i)}$$

Para aclarar el uso de estas ecuaciones, vamos a examinar un ejemplo. Supongamos que recibe una queja por el olor a pintura y al investigar descubre que la pintura contiene un 15% de estireno y un 85% de xileno. A continuación, el límite de exposición se calcula del modo siguiente:

$$LE_{mezcla} = 1/(0,15/50 + 0,85/100) = 87 \text{ ppm}$$

- 0,15 equivale al 15% de estireno
- 50 es el límite de exposición de 50 ppm para estireno
- 0,85 equivale al 85% de xileno
- 100 es el límite de exposición de 100 ppm para xileno

El factor de corrección se calcula de forma similar:

$$FC_{mez} = 1/(0,15/0,4 + 0,85/0,6) = 0,56$$

- 0,15 equivale al 15% de estireno
- 0,4 es el FC para estireno
- 0,85 equivale al 85% de xileno
- 0,6 es el FC para xileno

La lectura del área con olor a pintura equivale a 120 en el PID en unidades de isobutileno. Al multiplicar esta lectura por el factor de corrección de 0,56, la lectura actual para la mezcla es de 67,2 ppm. Esto es así con el límite de exposición calculado de 87 ppm para la mezcla. No obstante, el estireno tiene un umbral olfativo de menos de 2 ppm, por lo que los vapores de pintura tienen un olor característico incluso a niveles seguros.

### Acceso directo a las alarmas para mezclas constantes

Los puntos de ajuste se suelen basar en la concentración del compuesto más tóxico o más frecuente. Muchas veces, esta determinación es tan sencilla como leer la MSDS (hoja de datos de seguridad).

### Acceso directo al compuesto más frecuente

- Determine la reposición media de la mezcla.
- Averigüe cuál es el VOC más frecuente.
- Base los puntos de ajuste en el VOC más frecuentes

Volvamos al ejemplo del olor a pintura pero, en lugar de hacer cálculos, veámoslo desde el punto de vista de la sustancia química más frecuente: el xileno. La lectura del área con olor a pintura equivale a 120 en el PID en unidades de isobutileno. Al multiplicar este valor por el factor de corrección del xileno de 0,59, la lectura actual para la medida en unidades de xileno es de 70,8 ppm, que está por debajo del límite de exposición de 100 ppm para el xileno. Este acceso directo puede ahorrarnos tiempo, pero no está exento de peligros, ya que cuando una sustancia química tóxica está presente en una mezcla puede modificar drásticamente los puntos de ajuste de la mezcla.

### Acceso directo al compuesto más tóxico

Por ejemplo, aunque el TWA típico de la gasolina es de 300 ppm y el STEL es de 500 ppm, podemos fijar las alarmas basándonos en la concentración relativa de las sustancias químicas en la gasolina. La gasolina es una mezcla de hidrocarburos que incluye benceno, etilbenceno, tolueno y xileno. Todos estos compuestos son perfectamente ionizables por un PID, por lo que mediremos un total de todos ellos. Sin embargo, el benceno es mucho más tóxico que las otras sustancias, por lo que nos centraremos primero en él.

Casi todas las gasolinas (y otros productos combustibles) contienen aproximadamente un 1% de benceno. El límite admisible de benceno es de tan sólo 1 ppm, debido a sus propiedades

potencialmente cancerígenas. Por ello, en el escenario “peor posible” en el que la gasolina tenga un 1% de benceno, 100 ppm de gas significan que está usted expuesto a una cantidad muy superior a 1 ppm de benceno. 50 ppm de gasolina contienen aproximadamente 0,5 ppm de benceno, y sería un nivel apropiado para pasar de estar “a cara descubierta” a necesitar protección respiratoria como los SCBA (equipos de protección respiratoria de presión positiva). Aunque en este ejemplo se ignoran las diferentes presiones de vapor, esta lógica se emplea en algunas plantas petroleras para determinar las necesidades de protección respiratoria de los trabajadores.

- El “gas” contiene un máximo de 1% de benceno.
- El benceno es cancerígeno (PEL = 1 ppm).
- 100 ppm de gasolina contienen un máximo de 1 ppm de benceno.
- Fije la alarma Alta a 100 ppm de gas (< 1,0 ppm de benceno).
- Fije la alarma Baja a 50 ppm de gas (< 0,5 ppm de benceno).

### 3. Configuración de alarmas PID para una mezcla de gas y vapor con reposición variable: “compuesto de control”

Para fijar las alarmas en una mezcla variable, tiene usted que interpretar de forma simultánea las toxicidades de los gases/vapores en los humanos y sus sensibilidades relativas (factor de corrección) en el PID. Afortunadamente, esto es más sencillo de lo que parece. Cada mezcla contiene un compuesto que es el más tóxico y “controla” el punto de ajuste para toda la mezcla. Identifique este producto y podrá determinar un punto de ajuste prudente para dicha mezcla.

1. Exprese todos los límites de exposición en unidades equivalentes.
2. Busque el compuesto con los límites de exposición mínimos en unidades equivalentes.
3. Si configura el PID para dicho punto de ajuste, estará protegido frente al resto de las sustancias químicas de la mezcla.

Nombre de la sustancia química	IP (eV)	Límite de exposición
Etanol	10,47	1000
Tolueno	8,82	100
Acetona	9,71	750

- El etanol es el compuesto más seguro.
- El tolueno es el más tóxico.

Nombre de la sustancia química	10,6 eV CF	IP (eV)	Límite de exposición	Unidades RAE lámpara 10,6
Etanol	12	10,47	1000	83,33
Tolueno	0,50	8,82	100	200,00
Acetona	1,1	9,71	750	681,82

Pero su menor sensibilidad en el PID hace que el etanol sea el “compuesto controlador” cuando los límites de exposición se expresan en equivalentes de isobutileno o “unidades RAE”.

**Importante:** se denominan Unidades RAE porque su cálculo incluye un factor de corrección para el PID de RAE, que se debe aplicar únicamente a los PID de RAE Systems. Cálculos similares a estos se pueden realizar para cualquier otra marca de PID.

Las unidades RAE se determinan dividiendo el límite de exposición por el factor de corrección (FC) para proporcionarnos un número que combina la toxicidad en humanos con la sensibilidad del PID. Así, si el PID se configura con una alarma de 83 ppm, protegerá a los trabajadores de las tres sustancias químicas, sin importar cuál sea la concentración relativa de los mismos.

### Regla de 50/50

La unidad lógica RAE permite utilizar el PID para determinar los procedimientos normalizados de trabajo, ya que se puede averiguar exactamente para qué sustancias químicas ofrece protección el PID con una lectura concreta en unidades de isobutileno. Un PID de RAE Systems con una lámpara de 10,6 eV configurado con las siguientes alarmas y sin señal audible ofrece protección frente a lo siguiente:

- 37 sustancias químicas con una alarma de 100 ppm, incluye los principales disolventes (por ejemplo, xileno, tolueno, metiletilcetona, metilpropilcetona o acetona).
- 56 sustancias químicas con una alarma de 50 ppm, desde ciclohexanona hasta acetona.
- 68 sustancias químicas con una alarma de 25 ppm, desde dietilamina hasta acetona.
- Unas 107 sustancias químicas con una alarma de 5 ppm, desde toluidina hasta acetona.

Obviamente, la configuración de la alarma para 1 ppm ofrece el nivel de protección máximo y además proporciona la mayoría de las alarmas. Contar con demasiadas alarmas sería algo parecido a anunciar constantemente “que viene el lobo” y reduciría la confianza del usuario en el PID. Los PID de MultiRAE Plus y ToxiRAE de RAE Systems se configuran con una alarma baja de 50 ppm; este nivel de alarma proporciona protección frente a algunos de



las sustancias químicas más comunes de la industria y es un buen equilibrio entre tener demasiadas alarmas y muy pocas. Una buena elección es fijar una alarma en unidades de isobutileno a 50 ppm y hacer que el PID no emita ningún sonido. De esta manera, los equipos de respuesta no tienen que preocuparse de las 56 sustancias más comunes o de la "regla de 50/50" de RAE Systems. Consulte "PID de RAE y sustancias químicas de la lista Z de OSHA" y "Puntos de alarma de la unidad RAE" para obtener información adicional sobre la configuración de las alarmas.

**Nunca use tubos de muestra Tygon en materiales peligrosos**

Dado que los tubos de muestra Tygon absorben rápidamente numerosos vapores químicos, no se deben usar *nunca* en operaciones con materiales peligrosos. Los tubos Tygon reducen la lectura del PID cuando se miden muchas sustancias químicas y pueden provocar "falsos positivos" cuando las sustancias químicas no existen, debido a la "desgasificación" de las antiguas sustancias químicas adheridas al tubo Tygon. El tubo Tygon se suele utilizar como un tubo de muestreo remoto suministrado con la mayoría de los monitores para espacios reducidos. Use únicamente tubos de teflón, tubos Tygon revestidos de teflón o tubos no reactivos en operaciones con materiales peligrosos. Los tubos de teflón no absorben las sustancias químicas, pero pueden quedar cubiertos con ellas. Limpie los tubos de teflón contaminados con metanol anhidro (solución para limpieza de lámparas) si quedan cubiertos con la sustancia química.

**¿CUÁNDO HAY QUE LIMPIAR UN PID?**

La lámpara y el sensor del PID se deben limpiar de vez en cuando. Antiguamente, algunos usuarios de PID limpiaban sus lámparas diariamente, olvidándose a menudo del sensor y de los componentes de toma de muestras anteriores al sensor. En general, la limpieza frecuente no es necesaria y se pueden dañar accidentalmente la lámpara y el sensor del PID. A continuación, se dan algunas indicaciones que le ayudarán a determinar si un PID se necesita limpiar:

- Cuando un valor no deje de subir tras un buen calibrado a cero.
- Cuando el PID responda a la humedad.
- Cuando el movimiento del PID genere una respuesta en la pantalla.

**Cómo limpiarlo**

1. Use metanol anhidro (solución para limpieza de lámparas).
2. Limpie la sonda de muestreo y sustituya o limpie los filtros. Si el PID mantiene un cero estable tras realizar este

paso, no será necesaria una limpieza más profunda.

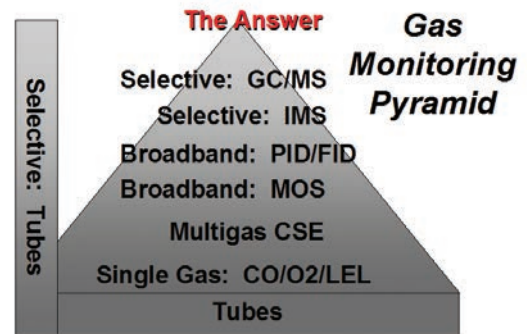
3. Limpie la superficie de la lámpara con un trapo para lentes.
4. Limpie el sensor sumergiéndolo en la solución limpiadora (un limpiador ultrasónico acelera la limpieza).

**Secado del PID**

1. Deje secar al aire durante toda la noche.
2. El aire templado (no caliente) acelera el secado.

**¿DÓNDE SE COLOCAN LOS PID EN UN PROGRAMA DE CONTROL DE GASES TOTAL?**

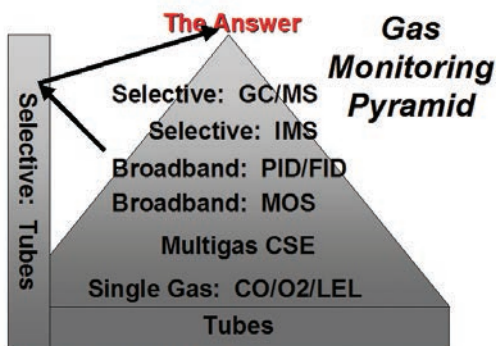
Los PID son una pieza importante de un programa de control de gases. Sin embargo, un programa de control de gases debe contener toda una serie de opciones dirigidas a aumentar la especificidad y sensibilidad. Un programa de control de gases se puede representar como una pirámide construida sobre técnicas que aumentan en coste y sofisticación hasta llegar a la respuesta, que se encuentra en la parte superior de la pirámide. En la base de la pirámide se encuentran los tubos colorimétricos. A continuación aparecen los monitores de gas único (como los monitores de CO) y progresa pasando por los monitores de varios gases para espacios reducidos. A partir de ahí, la pirámide de control de gases puede añadir el control de banda ancha de sustancias químicas (a través de los PID). En la parte superior de la pirámide se encuentran las técnicas específicas, desde los tubos colorimétricos hasta la IMS (espectroscopía de movilidad de iones) y la GC/MS (cromatografía de gases/espectroscopía de masas).



**Selectivity Increases as you move up the Pyramid**

Sin embargo, es peligroso subir hasta la parte superior de la pirámide de control de gases si no se ha construido primero una base adecuada. Por ejemplo, si el presupuesto global se gasta en un caro GC/MS, no quedará nada o casi nada para los importantes dispositivos de barrido de banda ancha. Para aquellos que no tengan el presupuesto o la demanda necesaria para comprar costosos monitores específicos como los GC/MS o IMS, pueden

obtener la misma cobertura con un PID de control continua y un sencillo detector específico como un tubo colorimétrico (Dräger), como se puede observar en el siguiente diagrama.



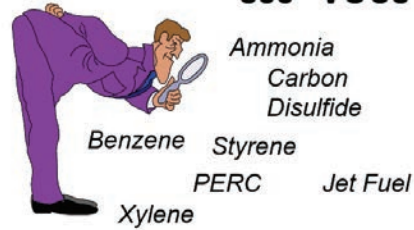
**PID + Tubes Approximates the selectivity of GC/MS w/o the cost**

Los dispositivos de barrido de banda ancha como los PID son importantes porque son más sencillos y se pueden llevar sobre el terreno en mayores cantidades para ofrecer una protección más extensa. Además, los detectores de banda ancha como los PID pueden servir para averiguar si se necesita una técnica de medición más específica, como GC/MS o incluso los tubos colorimétricos. En este caso, los PID actuarían como instrumentos “exploradores” o “supervisores” para los detectores más específicos y complejos.

### **PID: EXCELENTES HERRAMIENTAS DE DETECTIVES**

Un PID es una herramienta de detective sensible y precisa para los equipos de respuesta a materiales peligrosos. Al igual que la lupa de un criminólogo, ayuda a identificar huellas dactilares; los PID permiten a los “detectives” de materiales peligrosos identificar la presencia de gases y vapores, para a continuación cuantificarlos. Una lupa no identifica las huellas dactilares. Pero un buen trabajo de detective permite identificarlas rápidamente. Lo mismo sucede con los vapores tóxicos. Cuando un PID no puede identificar los gases o vapores tóxicos, un buen trabajo de detective permite identificarlos rápidamente y el PID puede ofrecer la forma más precisa de

### **A Magnifying glass lets a detective see fingerprints; a PID lets us “see” VOCs**



### **Identify then Quantify!**

medición de campo, cercana a la de un cromatógrafo de gases. Con la creciente preocupación por los efectos que pueden producir niveles mínimos de sustancias químicas liberadas, los PID ofrecen a los equipos de respuesta una excelente ayuda en su trabajo de detectives. Si se usan correctamente, los PID pueden ayudar a identificar y medir los COV potencialmente tóxicos que provocan la mayoría de los incidentes con materiales peligrosos.

### **REFERENCIAS**

**Carol J. Maslansky, Steven P. Maslansky:** *Photoionization Detectors in Air Monitoring Instrumentation*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993

**NIOSH:** *Pocket Guide to Chemical Hazards*, NIOSH Publications, Cincinnati, OH 1994

**RAE Systems:** Factores de corrección y potenciales de ionización (Nota técnica TN-106)

**RAE Systems:** Determinación de los límites de alarma para mezclas (Nota técnica TN-130).