

# USO DE PID EN ATAQUES TERRORISTAS CON AGENTES QUÍMICOS

Los ataques terroristas sufridos en Estados Unidos en el Edificio Federal de Oklahoma (1995) y en el World Trade Center de Nueva York (1993), junto con incidentes internacionales como el ataque con gas sarín en el metro de Tokio, hicieron que el Congreso norteamericano intentara prepararse para los posibles ataques con armas de destrucción masiva (ADM). La respuesta inicial del Congreso fue la ley denominada "Nunn-Lugar" y posteriormente la "Nunn-Lugar-Domenici II" (también conocida como Ley de preparación nacional). Esta ley incluyó fondos para la formación de las ciudades y para la adquisición de productos para las mismas. Desde entonces, el dinero se ha estado gastando en los siguientes mercados:

- Incendios/Materiales peligrosos
- Policía
- SME (Servicios médicos de emergencia)
- Hospitales

Al tratarse de monitores sensibles a los productos químicos, los detectores de fotoionización (PID) son herramientas versátiles que desempeñan un papel importante en la preparación ante amenazas terroristas de ataques con agentes químicos. (Para obtener una revisión completa de los PID y de cómo funcionan, consulte la Nota de aplicación AP-000).

## AGENTES DE GUERRA QUÍMICA (CWA)

Los agentes de guerra química (CWA) son compuestos químicos diseñados para matar o debilitar a las fuerzas militares del enemigo y, hoy en día, también suponen una amenaza letal para la población. Desarrolladas a partir de compuestos de la industria química civil (sustancias químicas tóxicas industriales o TIC, también llamados materiales tóxicos industriales o TIM), estos agentes han sido refinados posteriormente para su propósito especialmente horrible. Los grupos terroristas han demostrado su capacidad para fabricar y usar agentes químicos de guerra, por lo que los equipos de respuesta federales, estatales y locales deben buscar la manera de medir de forma eficaz estos compuestos CWA para que las decisiones se puedan tomar con confianza.

## Muchos TIC son CWA

La industria continúa usando y fabricando TIC que han sido usados en el pasado como agentes químicos o que son similares a ellos sin mucha fanfarria. Un TIM se define como una sustancia química industrial que presenta una CLt50 (concentración letal para el 50% de la población multiplicado por el tiempo de exposición) inferior a 100.000 mg\*min/m<sup>3</sup> en cualquier especie de mamífero y que se fabrica en cantidades superiores a 30 toneladas al año en una instalación de producción.<sup>1</sup> El cloro gaseoso ha sido utilizado como CWA, aunque se encuentra en grandes cantidades en numerosas instalaciones de tratamiento de aguas. El fosgeno ha sido ampliamente empleado como CWA en la Primera Guerra Mundial, y continúa utilizándose en numerosos procesos químicos. CWA, como el gas sarín, se puede describir simplemente como potentes insecticidas, y existen compuestos similares que han sido empleados por la industria agrícola (como el Parathion). El accidente químico ocurrido en Bhopal, India, que mató a 3.000 personas, fue descrito por algunos como un "ataque" con agentes químicos a la pobreza de la India. A día de hoy, en Estados Unidos se siguen utilizando procesos como los de la planta de Bhopal. La directiva 39 de Decisión presidencial de los Estados Unidos estableció una lista de sustancias químicas industriales (TIC) que suponen una amenaza, por poder utilizarse como eficaces armas químicas. La línea que separa un TIC de un CWA suele estar en la utilización de la sustancia química.

## AGENTE QUÍMICO: UN PROBLEMA POLÍTICO

Sustancias químicas como el TDI (diisocianato de tolueno) se usan diariamente para catalizar uretanos, aunque el TDI es extremadamente tóxico. Sin embargo, no oímos hablar de derrames de TDI en las noticias. El motivo es simplemente político. Los agentes químicos de guerra (CWA) son un problema político. La mayor parte de la gente que murió en el ataque con gas sarín de Tokio lo hicieron pisoteados y no por la exposición al sarín. ¡Los CWA asustan a la gente hasta llevarlos a la muerte! Además, la mayor parte de la gente no tiene suficientes conocimientos sobre los TIC como para pensar otra cosa. Un escape de gas sarín puede provocar una riada humana, como ocurrió en el metro de Tokio, en donde menos de la mitad de las 12 muertes fueron causadas por la exposición directa al agente químico. Sin embargo, el escape de cloro es simplemente una noticia más.

## ¿POR QUÉ USAR LOS PID PARA MEDIR CWA?

Los equipos de respuesta a materiales peligrosos son la primera línea de respuesta química en los Estados Unidos. Una de las principales herramientas usadas por los equipos de respuesta a materiales peligrosos para medir concentraciones de sustancias químicas tóxicas a niveles de ppm (partes por millón), y ahora de ppb (partes por billón), es un PID. Muchos equipos de respuesta a materiales peligrosos usan los PID de manera confiada en casi todas las ocasiones como una herramienta de screening para saber si hay algo y como una herramienta para medir de forma precisa las concentraciones de una sustancia química, una vez identificado. Si la respuesta a los agentes químicos fuera simplemente una ampliación de la respuesta normal a la presencia de sustancias químicas peligrosas (algunos dicen que "HazMat es una actitud"), los equipos de respuesta serían capaces de usar los PID en dichas respuestas. La familiaridad y confianza conseguida con el uso diario es una valiosa ventaja a la hora de enfrentarse a los problemas políticos de respuesta a un ataque terrorista con un CWA o un TIC. Los PID son instrumentos de doble uso, igualmente eficaces en las aplicaciones de materiales peligrosos diarias y en las respuestas a ataques terroristas con sustancias químicas.

### Los terroristas no tienen que seguir el ejemplo de los militares

Mientras que la familiaridad de los equipos de respuesta con los PID es una cuestión importante, los PID ofrecen otras ventajas importantes al tratarse de monitores de banda ancha sensibles a sustancias químicas. Quizás porque la mayor parte de la coordinación de armas de destrucción masiva ha sido realizada por los militares, se asume que un ataque químico se llevaría a cabo en forma de agente químico de grado militar "normal" como el sarín, Somán, etc. Sin embargo, como se han desarrollado los programas de ADM, se ha reconocido que los terroristas disponen que muchas sustancias químicas, además de los CWA. Los CWA están bien controlados y son difíciles de sintetizar. Sin embargo, muchas sustancias químicas tóxicas están presentes en la industria y los terroristas pueden acceder a ellos mucho más fácilmente que a los CWA. El libro *Chemical And Biological Terrorism* (Terrorismo químico y biológico) describe la situación de la siguiente manera: "La lista de agentes químicos de los terroristas es mucho mayor que la de los militares, que se deben preocupar por la producción en cantidad, su empleo como arma, almacenamiento, seguridad para su propio personal y para la población civil y la contaminación de los objetivos físicos y geográficos."<sup>2</sup> No existe un "libro de reglas" para terroristas que limite las posibilidades a la hora de elegir un agente químico de la lista usada por los militares.

### Los detectores de CWA pueden no "ver" los TIC

Sustancias químicas tóxicas como el amoníaco o el cloro se encuentran en grandes cantidades en casi todas las comunidades. Sustancias altamente tóxicas como los pesticidas (por ejemplo, Parathion) y los catalizadores químicos (por ejemplo, diisocianato de tolueno o TDI) son sólo ligeramente menos comunes. Los PID no presentan capacidades de detección limitadas a unos pocos CWA seleccionados. Los detectores de agentes químicos mediante ondas acústicas superficiales (SAW) y espectroscopía de movilidad de iones (IMS) presentan algoritmos para identificar y medir CWA específicos. Si un terrorista elija un TIC que no esté incluido en estos algoritmos, estos medidores no serán útiles. El ataque de Tokio con gas sarín empleó sólo un 37% de sarín, y el resto era una sustancia química industrial relativamente común, el acetonitrilo.

### LA "INTENCIÓN" CONVIERTE UN INCIDENTE MATERIAL PELIGROSO EN UN EVENTO TERRORISTA

"Intención" es la única palabra que separa un incidente con materiales peligrosos de un incidente ADM. Si un vagón de tren que transporta amoníaco anhidro descarrila y pierde la carga, provocando lesiones y evacuaciones en una comunidad, a esto le llamamos un "accidente con materiales peligrosos". Por el contrario, si es un dispositivo terrorista el que provoca el descarrilamiento lo denominamos "terrorismo". Si la intención es crear miedo, lo llamamos "terrorismo". Si no hay intención, es un "accidente con materiales peligrosos".

### LOS DETECTORES DE AGENTES QUÍMICOS CON LECTURA DIRECTA PUEDEN VOLVERSE LOCOS

Los detectores de agentes químicos por IMS fueron diseñados para operar en un entorno militar, en donde cabe esperar la presencia de CWA, pero no en un entorno urbano en donde no hay prácticamente ninguna sustancia química. El desarrollo de detectores CWA militares asume la presencia de CWA de alta calidad desplegados por el campo de batalla, pero no tienen en cuenta que la presencia de muchas sustancias químicas comunes puede volver locos a los algoritmos de los detectores CWA. Las bajas presiones de vapor de la mayoría de los CWA complican su medición. Esto hace que queden muy pocas cosas que medir en el aire. Otras sustancias químicas con baja presión de vapor (incluyendo muchas sustancias del día a día) pueden volver loco al algoritmo de IMS:

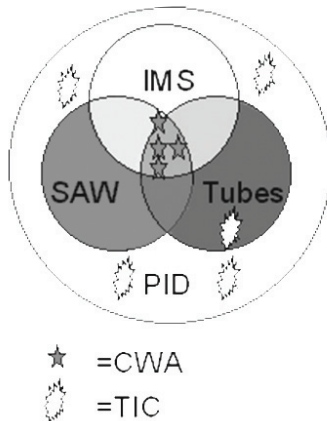
- Líquido de frenos
- Aditivos para diesel/Vapores de pinturas
- Éteres glicólicos y ésteres vinílicos de productos de limpieza
- Aceites de pirola/menta en colutorios y productos para el aliento

## COMPRENDER LOS “CÍRCULOS DE DETECCIÓN”

En el siguiente diagrama, cada círculo representa la gama de sustancias químicas que puede “ver” cada una de las tecnologías de detección. Cada “círculo de detección” incluye la sustancia química que puede “ver” el detector, junto con los compuestos con sensibilidad cruzada (como líquido de frenos, etc). La sensibilidad cruzada no siempre es mala. De hecho, se utiliza con los tubos de detección de gases para medir los CWA. Así, por ejemplo, el tubo Dräger™ de ésteres de ácido fosfórico (p/n 6728461)<sup>3</sup> ha sido diseñado para medir Diclorvos, un TIC, pero también realiza un excelente trabajo en la medición de sarín, somán y tobún. Mientras que exista un número finito de CWA, la lista de TIC es inmensa, y los TIC se pueden salir fácilmente del “círculo de detección” de los detectores CWA, aunque se puedan seguir midiendo con un PID. Este diagrama ilustra dos conceptos fundamentales:

1. Los PID pueden medir tanto CWA como TIC que estén fuera de los parámetros de diseño de herramientas específicas CWA militares.

2. Los dispositivos múltiples específicos de CWA se necesitan menudo para responder la sensibilidad cruzada para ofrecer una determinación fiable del CWA.



## SENSIBILIDAD DE PID A LOS AGENTES QUÍMICOS

En febrero de 1999, el US Army Soldier and Biological Chemical Command (SBCCOM) publicó un estudio de sensibilidad de los PIDs a los agentes químicos, titulado *Testing of Commercially Available Detectors Against Chemical Warfare Agents: Summary Report* (Comprobación de los detectores comerciales frente a agentes químicos de guerra: Informe final). Este informe es quizás el primer estudio impreso sobre la respuesta de los PID a los agentes químicos. Esta prueba muestra que un PID MiniRAE de RAE Systems presenta una sensibilidad buena a excelente a los agentes químicos HD (Mostaza), GA (Tobún) y GB (Sarín). Las pruebas realizadas a otras marcas de PID que emplean lámparas de 11,7 eV ofrecen una indicación de que la sensibilidad de los PID al sarín es ligeramente mejor con una lámpara de 11,7 eV.<sup>4</sup>

### Bajo FC = Elevada sensibilidad del PID a un gas

FC representa el *Factor de corrección*. El FC es una medida de la sensibilidad del PID a un gas o vapor en particular. Cuanto menor es su valor, mayor sensibilidad tendrá el PID para ese compuesto.

- El FC del gas mostaza con una lámpara de 10,6 eV es de 0,6, por lo que un PID es muy sensible a este gas.
- El FC del gas sarín con una lámpara de 10,6 eV es de 3,0, por lo que un PID es poco sensible a este gas.
- Use los PID para tomar decisiones sobre los límites de exposición cuando el FC < 10.
- Use los PID para realizar una detección somera de fugas cuando el FC > 10.

### Resumen de agentes químicos y propiedades simuladas y respuesta de PID

Los datos sacados del informe SBCCOM han sido integrados con nuestras estimaciones y pruebas de laboratorio. Un PID suele proporcionar resultados buenos a excelentes en el screening de agentes químicos, como se observa en la siguiente tabla:

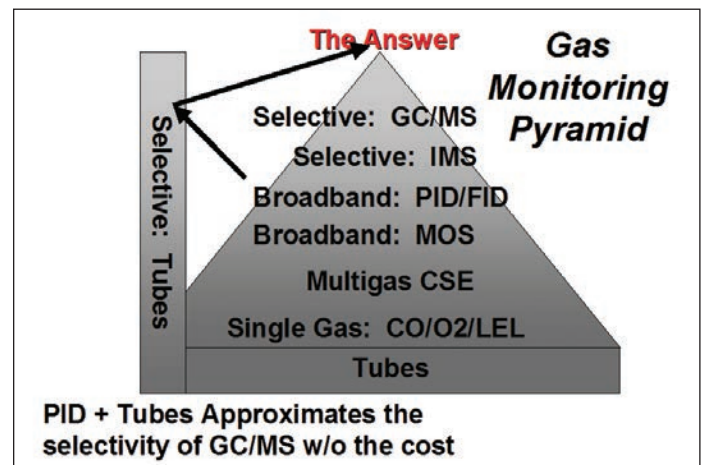
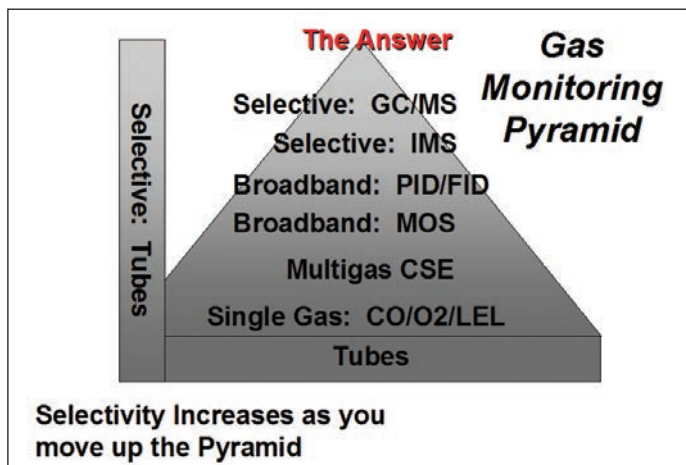
Compuesto	Estructura	Pm	Presión vap. (ppmv)	Lámpara (eV)	FC	TWA 8 h (mg/m³)	TWA 8 h (ppbv)	CLt50 (ppmv-min)
Arsina (SA)	AsH <sub>3</sub>	78	Gas	10.6	1.9	0.16	0.05	
Cloruro de cianógeno	ClCN	61.5		ND**	ND**	0.6 Cξ	300 Cξ	
DMMP	O=P(Me)(OMe) <sub>2</sub>	124		10.6	4.3			
GF	O=PF(Me)(O-Cyclohex)	180		10.6	~3*			
Cianuro de hidrógeno	HCN	27	Gas	ND**	ND**	11	10,000	270
Lewisita	ClCH=CHAsCl <sub>2</sub>	207	460	10.6	~1*	0.003	0.35	140
Salicilato de metilo	2-(HO)C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CO <sub>2</sub> Me	152		10.6	0.9			
Mostaza (HD)	S(EtCl) <sub>2</sub>	159	95	10.6	0.6	0.003	0.46	>230
N Mostaza (HN-1)	N(Et)(EtCl) <sub>2</sub>	172		10.6	~1*			
Fosgeno	O=CCl <sub>2</sub>	99	Gas	11.7	~2*	0.4	100	2
Sarin (GB)	O=PF(Me)(OiPr)	140	3800	10.6	3	0.0001	0.017	12
Soman (GD)	O=PF(Me)(OCH(Me)(tBu))	182	530	10.6	~3*	0.00003	0.004	9
Tabun (GA)	O=P(CN)(OEt)(NMe <sub>2</sub> )	162	48	10.6	0.8	0.0001	0.015	20
Trietilfosfato	O=P(OEt) <sub>3</sub>	182		10.6	3.1			
VX	O=P(Me)(OEt)(SetN(iPr) <sub>2</sub> )	267	0.92	10.6	~0.5*	0.00001	0.00091	2.7

\* Valor estimado. \*\* ND = No Detectable por PID. ξC = Valor máximo

### ¿DÓNDE SE COLOCAN LOS PID EN UN PROGRAMA DE CONTROL DE GASES DE ADM?

Los PID se eligen en numerosos programas ADM para realizar un screening rápido y de bajo nivel sobre el terreno de la contaminación química. Los PID pueden ser una pieza importante de un programa de control de gases ADM que contenga 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 multigases para espacios reducidos. A partir de ahí, la pirámide de control de gases puede añadir la monitorización de banda ancha de sustancias químicas (a través de los PID), para finalmente llegar a la parte superior de la pirámide, donde se encuentran las técnicas específicas, desde los tubos colorimétricos hasta la IMS y la GC/MS (cromatografía de gases/espectroscopía de masas).



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

### Los PID son “exploradores” para GC/MS

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. Mucha gente no es consciente de que el conocido ataque con gas sarín del metro de Tokio era el tercer incidente de este tipo, y que en los dos incidentes anteriores hubo heridos y muertos. Quizás, si hubieran dispuesto de instrumentos de “inspección” como los PID, el número de heridos y muertos se habría reducido o, incluso, evitado.

Los PID no ofrecen una técnica de medición selectiva para los CWA. Para ello se debe utilizar, en lugar de un PID, un monitor de “banda ancha” que proporcione mediciones muy precisas a niveles inferiores a las ppm y ppb. Un PID es, efectivamente, un detector sacado de un cromatógrafo de gases y, al igual que él, ha demostrado una excelente precisión por debajo incluso de 1 ppm. Muchos expertos creen que el PID es una excelente herramienta de screening sobre el terreno que ayuda a establecer la ausencia de CWA o TIC. Así, si un PID puede ayudar a establecer la ausencia de CWA o TIC, podrá sofocar rápidamente un posible problema político. Sin embargo, si se ha identificado la presencia de un agente mediante técnicas específicas de CWA como M-256, SAW o CAM, el PID podrá ofrecer mediciones precisas y continuas del compuesto identificado.

### El uso diario imprime confianza en los PID

Los PID han demostrado ser robustos y fiables, y son aceptados por la mayoría de equipos de respuesta a materiales peligrosos para el grueso de las respuestas a materiales peligrosos. El uso de PID por los equipos de respuesta a materiales peligrosos más comunes (como combustibles, pinturas, etc.) puede imprimir confianza en su capacidad de detección. Las técnicas de medición más esotéricas necesarias para la detección de CWA (M-256, SAW o CAM) se emplean raramente o no se usan, por lo que no es fácil que los equipos de respuestas cojan confianza en ellas. Muchos equipos ADM están utilizando los PID como parte de su preparación para eventos terroristas con sustancias químicas. Algunos de estos equipos son:

- Equipos de apoyo civil a la guardia nacional del ejército norteamericano
- Numerosos equipos municipales de materiales peligrosos, incluyendo los de Nueva York y Washington DC.
- Equipo CBIRF de marines.
- Equipo de materiales peligrosos del FBI
- Servicio secreto de los EE.UU.
- Departamento de Seguridad Nacional

### REFERENCIAS

- 1. Guide for the Selection of Chemical Agent and Toxic Industrial Material Detection Equipment for First Responders**, National Institute of Justice, Junio 2000
  - 2. Chemical and Biological Terrorism**: National Academy Press, Washington, DC, 1999. Página 20
  - 3. Dräger Tube Handbook**: 11ª edición, Drägerwerk, AG., Página 206
  - 4. Testing of Commercially Available Detectors Against Chemical Warfare Agents: Summary Report**: Terri L. Longworth, Juan C. Cajigas, Jacob L. Barnhouse, Kwok Y. Ong, Suzanne A. Procell, SBCCOM, Aberdeen, MD, Febrero 1999. Tabla 3.
- RAE Systems**: PID como herramientas de respuesta a materiales peligrosos (Nota de aplicación AP-203)
- RAE Systems**: Factores de corrección y potenciales de ionización (Nota técnica TN-106)



## SOLUCIONES DE RAE SYSTEMS PARA MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS

**PID ppbRAE Plus:** Tecnología puntera para medir COV y otros compuestos ionizables en niveles de partes por billón. El ppbRAE ofrece una inmejorable precisión, capaz de detectar de forma continua concentraciones inferiores a 1 ppb, con un rango de 0 a 200 ppm.

**PID MiniRAE 2000:** El MiniRAE 2000 es nuestro mejor instrumento de detección o inspección.

- **Lineal de 0 a 10.000 ppm con un tiempo de respuesta de 3 segundos.**
- **Acceso rápido a lámpara y sensor:** acceso a la lámpara y al sensor en tan sólo unos segundos sin necesidad de herramientas. Otros PID presentan un rápido acceso a la lámpara, pero no se puede limpiar el sensor. ¡Limpiar la lámpara sin limpiar el sensor es como darse una ducha y volver a ponerse la misma ropa sudada!
- **Batería de hidruro de metal níquel incorporada:** sin efectos de memoria, no como los NiCds.
- **Inteligente:** pantallas fáciles de usar para poder aprovechar las sofisticadas opciones del MiniRAE 2000, incluyendo los 100 factores de corrección en memoria.
- **Robusta protección de goma:** protección en las condiciones más adversas.
- **Bolsas para muestras:** el accesorio de serie para bolsas de muestras del MiniRAE le permite meter en bolsas los resultados positivos desconocidos para poder realizar análisis posteriores en el laboratorio.



**MultiRAE Plus:** Combina un PID de 0 a 2.000 ppm con el compacto monitor "estándar" de cuatro gases en uno (O<sub>2</sub>, LEL, CO y H<sub>2</sub>S) para ofrecer precisas advertencias de que se van a superar los umbrales (ppm) de productos químicos (y otros gases tóxicos). El MultiRAE Plus presenta dos conexiones específicas para sensores de tóxicos, que permiten ajustar 10 sensores tóxicos específicos (CO, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, HCN, PH<sub>3</sub> y NH<sub>3</sub>). Esto permite un control de "banda ancha" con el PID y un control de una sustancia química tóxica específica.



**AreaRAE:** Un MultiRAE más robusto con capacidad de radiofrecuencia (RF). Hasta 16 AreaRAEs se pueden comunicar de forma continua con un ordenador equipado con módem situado en un puesto de mando central. Las opciones de voz y GPS convierten al AreaRAE en un sistema de comunicaciones/control de gases altamente versátil. El AreaRAE es perfecto para definir perímetros en operaciones con materiales peligrosos o para el posicionamiento previo al control proactivo de eventos especiales en convenciones y eventos deportivos.



**PID ToxiRAE II Pocket:** Este instrumento está pensado para aquellos que desean las capacidades de banda ancha sensible del detector PID/COV de 0 a 2.000 ppm de nuestro MultiRAE, pero que ya tienen un monitor de cuatro gases. El ToxiRAE es el PID más económico del mundo.

