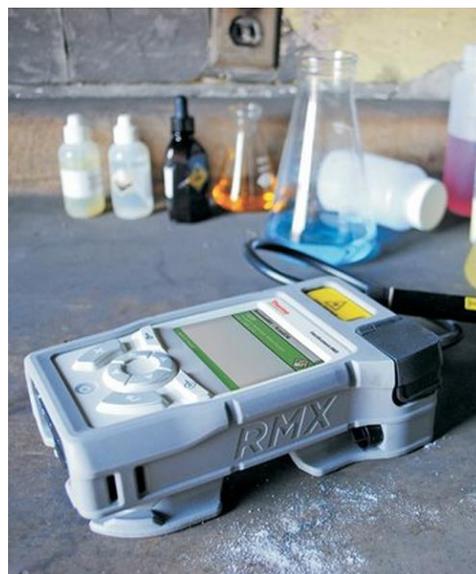


# GUÍA OPERATIVA

## EQUIPOS DE DETECCIÓN, IDENTIFICACIÓN Y MONITORIZACIÓN (DIM)



**Autores © 2019**

|                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Luis Rodríguez Álvarez de Lara | Unidad Militar de Emergencias.  |
| Enrique Martínez Pavón         | Bomberos Ciudad de Madrid.      |
| Jorge González Cartagena       | Bomberos Ciudad de Madrid.      |
| Miguel Berlanga Velasco        | Bomberos Comunidad de Madrid.   |
| Miguel Albaladejo Pomares      | S.E.I. Ayuntamiento de Leganés. |
| Francisco Velamazán Cabrero    | C.P.E.I.S. Toledo.              |
| Mario Martínez Cámara          | Bomberos Ciudad de Madrid.      |

Este trabajo es el resultado del grupo de trabajo, GT10, del Workshop sobre Riesgos tecnológicos.

**Agradecimientos:**

A todos los grupos de trabajo del WS de Riesgos Tecnológicos por sus opiniones, comentarios y aportaciones



## PRÓLOGO

Nos complace como miembros de la comunidad educativa y técnica en los apartados de las emergencias, presentar un trabajo con el que acercar a los intervinientes que participan en este tipo de situaciones, al conocimiento y la necesidad de hacer seguras las emergencias mediante la detección, identificación y monitoreo de aquellos contaminantes que puedan afectar y poner en peligro nuestras vidas o la de aquellos ciudadanos a los que servimos.

Sus autores, con todo el rigor, hacen una propuesta didáctica para la enseñanza de la utilización de estos equipos en las emergencias que intervengan.

El trabajo queda estructurado en tres grandes bloques y una serie de anexos. Aunque las tres partes están focalizadas sobre la detección, identificación y monitoreo, la primera parte se centra en la detección de sustancias químicas, la segunda en la detección sustancias biológicas y la tercera en la detección de sustancias radiológicas. Finalmente, se agregan seis anexos sobre fichas de utilización de los diferentes equipos de detección según ejemplos de algunos siniestros típicos: incendio en viviendas, colapsos de construcciones, rescate en pozos, fugas de gas en interiores y vía pública y rescate en accidentes de tráfico

Debido al gran número de equipos y modelos existentes, no es posible entrar a la descripción de cada uno de ellos, por lo que enumeran las diferentes tecnologías que éstos utilizan, así como el cometido para el que se emplean.

Se trata de una aportación fruto de una reflexión y de un riguroso debate técnico por cada uno de los componentes de este GT10, destacando no sólo la unidad entre ellos, en lo que a este trabajo se refiere, sino además su actualización técnica profesional

El rigor en su desarrollo, y el carácter abierto y flexible que están en la base de su concepción, son buenos aliados para que se lleven a cabo las propuestas de esta guía operativa. Nuestro agradecimiento y felicitación, desde el grupo profesional que forman los diferentes grupos de trabajo de los workshops de riesgos tecnológicos.

*Enrique Martínez Pavón*

# CONTENIDOS



# EQUIPOS Y TÉCNICAS DE DETECCIÓN, IDENTIFICACIÓN Y MONITORIZACIÓN (DIM)

## Índice

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>1. Introducción.</b>   | <b>Página 8</b>  |
| <b>2. Equipos y técnicas de detección e identificación de agentes químicos</b>      | <b>Página 14</b> |
| 2.1. Conceptos teóricos   | Página 15        |
| 2.1.1. Categoría de riesgos.  | Página 17        |
| 2.1.2. Oxígeno.   | Página 17        |
| 2.1.3. Gases tóxicos.   | Página 17        |
| 2.2. Técnicas de detección.   | Página 19        |
| 2.3. Métodos de detección   | Página 20        |
| 2.4. Conceptos generales sobre detección  | Página 25        |
| 2.4.1. Criterios de toxicidad.  | Página 25        |
| 2.4.2. Otros parámetros.  | Página 30        |
| 2.5. Análisis de la detección.  | Página 31        |
| 2.6. Factores a considerar en la elección de un detector.                           | Página 40        |
| 2.7. Técnicas instrumentales de detección e identificación.                         | Página 43        |
| 2.8. Equipos de detección e identificación.   | Página 50        |
| <b>3. Equipos y técnicas de detección e identificación de agentes biológicos.</b>   | <b>Página 55</b> |
| 3.1. Introducción.  | Página 56        |
| 3.2. Detección de agentes biológicos.   | Página 42        |
| 3.2.1. Niveles y tipos de detección.  | Página 57        |
| 3.2.2. Ejemplos de muestreadores/ detectores.                                       | Página 58        |
| 3.3. Identificación de agentes biológicos.  | Página 60        |
| 3.3.1. Niveles y tipos de identificación.   | Página 64        |
| 3.4. Métodos de detección e identificación biológica.                               | Página 66        |
| 3.4.1. Detección biológica.   | Página 68        |
| 3.4.2. Identificación biológica.  | Página 71        |
| <b>4. Equipos y técnicas de detección e identificación de agentes radiológicos.</b> | <b>Página 72</b> |
| 4.1. Objeto.  | Página 73        |
| 4.2. Introducción.  | Página 74        |
| 4.3. Tipos de detectores.   | Página 75        |
| 4.3.1. Detectores gaseosos.   | Página 75        |
| 4.3.2. Detectores de centelleo  | Página 75        |
| 4.3.3. Detectores semiconductores   | Página 76        |
| 4.4. Conceptos operativos en la detección radiológica                               | Página 76        |
| 4.4.1. Rangos de energía  | Página 76        |
| 4.4.2. Fondo ambiental o radiación de fondo   | Página 77        |
| 4.4.3. Triajes radiológicos   | Página 78        |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 4.5. Equipos de detección radiológica  | Página 80         |
| 4.5.1. Equipos asociados a primera respuesta   | Página 80         |
| 4.5.2. Equipos asociados a segunda respuesta   | Página 83         |
| <b>5. Bibliografía y Links de interés.</b>   | <b>Página 88</b>  |
| <i>Ficha 1. Utilización de equipos de detección en incendios.</i>                                      | <i>Página 91</i>  |
| <i>Ficha 2. Utilización de equipos de detección, bajada a pozos, depósitos y galerías de servicio.</i> | <i>Página 99</i>  |
| <i>Ficha3. Utilización de equipos de detección, hundimientos / colapsos de edificios.</i>              | <i>Página 107</i> |
| <i>Ficha 4. Utilización de equipos de detección, fugas de gas en interiores.</i>                       | <i>Página 116</i> |
| <i>Ficha 5. Utilización de equipos de detección, fugas de gas en vía pública.</i>                      | <i>Página 123</i> |
| <i>Ficha 6. Utilización de equipos de detección en accidentes de tráfico.</i>                          | <i>Página 130</i> |

# 1 INTRODUCCIÓN



## 1. INTRODUCCIÓN.

El planeamiento y realización de un reconocimiento NRBQ, Detección, identificación y señalización, es una de las partes fundamentales para el éxito de la intervención. Un buen planeamiento nos permitirá actuar de una forma más segura sin necesidad de improvisaciones, y la realización de un reconocimiento exhaustivo nos permitirá establecer un perímetro de seguridad que evite daños mayores y que se vean afectadas más personas. Dentro de las funciones del reconocimiento podemos encontrarnos con infinidad de misiones diferentes. Algunas de las misiones que podemos encontrarnos pueden ser: localización de contaminación, vigilancia de zonas contaminadas, marcaje o señalización, toma de muestras, identificación de productos, control de concentración o intensidad de contaminantes.

Por tanto, para poder cumplir con los objetivos expuestos debemos conocer conceptos como la detección, identificación, señalización y monitorización, así como los aparatos que nos permiten realizar estas tareas. Del mismo modo, será de vital importancia conocer cuál debe ser la protección individual que debemos ponernos para poder intervenir en el incidente, así como las medidas urgentes a tomar para proteger a la población.

Ante un incidente, toda la *información* que se consiga será fundamental para el reconocimiento, incluso mientras el equipo se desplaza a la zona se debe ir recaudando la máxima información posible de la situación. Si por ejemplo es en una industria química, saber con qué tipo de productos se trabaja o almacenan allí, sus fichas de seguridad, cantidades y tipos de depósitos, planos de edificios, hidrantes. Toda información será bien recibida. Igual de importante es tener un buen informe meteorológico, ya que es imprescindible saber cuál es la dirección del viento, saber si hay posibilidades de lluvia, porcentaje de humedad del ambiente, etc., pues muchos productos reaccionan o tienen un comportamiento peculiar con el agua.

Hoy en día existen infinidad de productos químicos, agentes biológicos o fuentes radiactivas, cada uno con sus peculiaridades o peligros (tóxicos, inflamables, corrosivos....) . Sería imposible memorizar todos estos productos, por lo que el disponer de sus *fichas de seguridad* nos facilita la toma de decisiones a la hora de la elección del EPI o a adoptar medidas de seguridad a la hora del reconocimiento.

Si no dispusiésemos de la ficha de seguridad del producto o desconociésemos el producto al que nos enfrentamos, siempre prima la seguridad del interviniente, iniciando el reconocimiento con la máxima protección. Una vez se empezase a recabar esta información se podría ir bajando el nivel de protección en la medida de lo posible.

Una de las opciones para poder obtener información en un incidente es la detección e identificación. Para ello, debemos disponer de personal cualificado y equipado con aparatos de medición, que puedan realizar estas tareas de obtención de información. Las mediciones deben ser interpretadas posteriormente, para poder tomar decisiones y medidas correctoras y de protección. Por tanto, no es sólo una tarea de medición, sino de estudio posterior para poder sacar el máximo partido a estos datos. Los equipos de detección son muy diversos y su complejidad de uso muy variable. Existen aparatos muy simples y fáciles de usar, que proporcionan datos muy valiosos en una intervención, ya que nos avisan de la presencia de algún agente contaminante y nos permite realizar una zonificación inicial, fundamental para la buena gestión de la emergencia. Los detectores los clasificamos en dos grandes grupos:

- Detectores Puntuales.
- Detectores a Distancia o Stand Off.

En los *detectores puntuales* la muestra, en forma de gas o aerosol (en forma líquida o sólida con ayuda de accesorios), se introduce en el detector para comprobar, en un punto, la presencia o no de agentes químicos. Dentro de esta categoría podemos además diferenciar dos grandes grupos:

- Detectores puntuales o de punto: utilizados de manera discontinua para comprobar la presencia de contaminación en distintos puntos y/o zonas, y que se utilizan en muchos casos para buscar la presencia de agentes químicos (puntos calientes).
- Detectores puntuales continuos o remotos, que operan de manera remota vía cable o vía radio, y que son utilizados en sistemas de control o de vigilancia perimetral como sistemas de alerta temprana.

Los detectores a distancia emplean técnicas que permiten detectar la presencia de agentes químicos a grandes distancias de donde ellos están situados, no en su entorno más próximo, a fin de obtener una alerta todavía más temprana que la proporcionada por los detectores remotos.

Los *detectores standoff* pueden ser pasivos o activos, y el principio físico de detección se basa principalmente en las propiedades espectrales de los agentes químicos en la región infrarroja del espectro. Los detectores pasivos graban el espectro infrarrojo emitido o absorbido por los agentes químicos diferenciable a causa del gradiente térmico que existe entre la nube de agente químico y el fondo atmosférico. Sin embargo, los detectores activos analizan las propiedades atmosféricas mediante el impacto en la atmósfera de un láser remoto como fuente de excitación.

Algunos de los detectores infrarrojos pasivos que se encuentran hoy en día disponibles comercialmente permiten el reconocimiento y vigilancia de nubes químicas a una distancia de hasta 5 kilómetros. En nuevos desarrollos se están incorporando sensores infrarrojos con resolución multispectral e hiperspectral con aplicación en respuesta ante situaciones de emergencias.

Con los detectores podemos realizar, por tanto, reconocimientos no sólo encaminados a la localización de contaminación, sino que también para la verificación de zonas limpias, control de la contaminación en terreno, material y personal.

Dependiendo del trabajo encomendado podemos encontrarnos diferentes tipos de reconocimientos tipo: reconocimiento de itinerario, reconocimiento de zona/área, reconocimiento de punto y toma de muestras.

- **Reconocimiento de itinerario:** Es un recorrido preestablecido del cual se hace un estudio minucioso sobre la contaminación o no de éste. La premisa que habría que tener es si al encontrar la contaminación se debe buscar un itinerario alternativo o si se va a proceder a atravesarlo para saber los niveles de concentración (por si fuese factible su utilización como vía sucia, por ejemplo).
- **Reconocimiento de zona/área:** Dependerá de la extensión para que se determine si es zona (amplia) o área (pequeña). Es un espacio definido del cual se necesita obtener información de dicho terreno.
- **Reconocimiento de punto:** Es el reconocimiento de un punto determinado. En dicho reconocimiento también se reconocerán los accesos a éste. Los edificios y pequeñas instalaciones se realizaran como reconocimiento de punto.
- **Toma de muestras:** Es un caso particular del reconocimiento NBQ en el que se recoge un material para su análisis in situ o para su envío al laboratorio de referencia. Mediante la toma de muestras se puede confirmar e identificar los agentes químicos. Se proporciona información de los productos detectados que facilita la elección de niveles de protección, así como las acciones a seguir para la resolución de la emergencia. También es una información para los servicios sanitarios para el empleo de los tratamientos adecuados.

Dependiendo de las distancias a reconocer, los reconocimientos pueden efectuarse en vehículo si se dispone del equipo adecuado. En los reconocimientos, aparte de recabar la información necesaria, se realiza la señalización o marcaje de la contaminación y, una vez finalizado el reconocimiento, si el equipo se ha contaminado, tendrán que pasar por la estación de descontaminación.

La ejecución de los reconocimientos normalmente deberá abarcar las siguientes fases:

- **Preparación del equipo de Reconocimiento:** Se llevarán a cabo entre otras las siguientes acciones: Comprobación y preparación de los equipos de protección individual, equipos de detección, marcaje y señalización, comprobación de las transmisiones, así como la explicación de las tareas a desarrollar a los componentes del equipo.

- **Reconocimiento.**

Estos trabajos de reconocimiento pueden ser de búsqueda, detección, identificación seguimiento de contaminación, trabajos de mapeado de contaminación y toma de muestras ambientales.

Independientemente del tipo de incidente, siempre que sea posible, se utilizarán medios a distancia para los reconocimientos, véase robot, drones, etc., que nos permitirán reconocer el terreno, incluso monitorizarlo sin exponer al personal.

- **Marcaje, delimitación y señalización si procede.**

El marcaje se define como la acción, inmediatamente posterior a una detección positiva, de situar una señal que permita percibir el peligro.

La delimitación se define como el esfuerzo dirigido a obtener información detallada sobre la extensión de una zona contaminada.

La señalización se define como la acción de marcaje que se realiza en toda la extensión de la contaminación, una vez que ha sido delimitada, para evitar que personal no alertado se adentre en la contaminación.

La zonificación, y separación de las zonas de intervención en un incidente, se han de realizar siempre que sea posible con medios físicos ya que aportan muchas ventajas para el éxito de la intervención (nos marca los límites que requieren un nivel de protección, ayudan a establecer el despliegue de los intervinientes en función de la labor que van a realizar, nos ayuda a colocar la estación de descontaminación...). De esta forma podemos utilizar los siguientes elementos para zonificar:

- Medios humanos. Bomberos, Policía, protección civil...
- Medios materiales. Cintas de balizar, piquetas, señales, etc.



- **Descontaminación del equipo de Reconocimiento.**

Siempre que realicemos un reconocimiento NRBQ, el personal y equipos que se utilicen de verán pasar por la estación de descontaminación. En la entrada de ésta se realizará un control de la contaminación con los detectores pertinentes y, según el resultado, se procederá a la descontaminación. Esta fase es muy importante pues evitará la transferencia de contaminación a zonas limpias y el problema quedará confinado en la zona caliente.

Con los datos obtenidos en la detección podemos realizar la zonificación del área de intervención, dividiéndola de la siguiente manera:

- **Zona caliente.**

Se define como el área inmediata a la zona del incidente (y su posterior dispersión en la dirección del viento), que se extiende en la distancia suficiente para prevenir efectos adversos en la población por la difusión del agente en el ambiente. A la zona caliente también se la conoce como zona contaminada, zona sucia, zona de exclusión o zona restringida.

En la zona inmediata al incidente se establece una zona de exclusión inicial circular en torno al lugar de la emisión, derrame o ataque, con centro en ese punto y adoptando un radio variable dependiendo del agente y las condiciones que influyan en el momento de producirse la emisión. Esa distancia depende de factores como el tipo y concentración del agente, el sistema de diseminación en caso de tratarse de un atentado, la hora del accidente, las condiciones meteorológicas reinantes, así como el lugar y sus condiciones orográficas. No obstante, el factor más importante para determinar con exactitud el radio de la zona caliente, desde el lugar del incidente, es identificar el tipo de agente y su concentración a la mayor brevedad posible para comprobar su dispersión y el nivel de protección a adoptar.

En el caso particular español, y para el caso de atentados terroristas, la decisión adoptada por la Dirección General de la Policía ha sido publicar la Circular 50 “Plan de Actuación con motivo de atentados terroristas” establece que el radio de la zona caliente será de 150 m o superior a juicio de los TEDAX-NRBQ, instaurando alrededor de este círculo inicial dos anillos concéntricos a 300 y 600 m respectivamente del foco.

- **Zona templada.**

Es el área donde se localiza la zona de socorro y se sitúan los servicios de emergencia. El acceso y salida de la zona caliente se realiza por un punto definido, para así realizar un control de los afectados mediante filiación (siempre que sea posible) y de los intervinientes, lo que mejora también la seguridad en el foco y se controlan los flujos de personas.

En esta zona se sitúan los servicios sanitarios y se localizan las instalaciones de descontaminación de los afectados y del personal de intervención. Debido a que a la zona llega personal contaminado, todo el personal deberá tener el nivel de protección individual adecuado.

- **Zona fría.**

Definimos como zona fría aquella donde no es necesario el uso del EPI para protegerse. En ella se sitúa el público y se separa de la zona templada mediante los cordones policiales o de seguridad que se establezcan. El personal a la salida de la estación de descontaminación ya estaría en zona fría si ésta se ha situado correctamente.

Será necesario incrementar el nivel de seguridad para favorecer, o no entorpecer; los movimientos de los servicios de emergencia en esa área. En ella se sitúa el Puesto de Mando y Coordinación, el centro de prensa, y el área de apoyo de los servicios de emergencia.

Para proteger el área no afectada por el incidente se debe establecer un perímetro de seguridad (de exclusión) para aislar la zona de peligro. Esta acción de acordonar o balizar la zona del incidente (mejor con separación física) genera beneficios directos sobre el personal de intervención, porque mejora la organización y gestión de los diferentes servicios de emergencias, evita entorpecer e incluso confundir la actividad de otros servicios, mejora la seguridad interior y exterior, evita la generación de nuevos afectados, y fundamentalmente, favorece un mejor control y evaluación del escenario por parte del mando del dispositivo.

# 2 EQUIPOS Y TÉCNICAS DE DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS



## 2.1. CONCEPTOS TEÓRICOS.

### OBJETO

El presente documento., tiene como objeto, establecer las pautas, directrices y medidas de seguridad en el empleo de los diferentes equipos de detección.

### AMBITO DE APLICACIÓN

Este procedimiento será aplicable, de manera general, a todas las intervenciones que realicen los Cuerpos de bomberos.

1. Incendios.
2. Hundimientos.
3. Galerías de servicio, alcantarillado
  - Pozos, fosas sépticas.
4. Fugas de gas.
  - Vía pública. Lugares confinados.
5. Incidentes con sustancias peligrosas.
  - Radiológico, biológico, químico.
6. Accidentes:
  - Trafico, ferrocarril, aéreos, etc.
7. Etc.

### DETECCIÓN

Definiremos la detección como el conjunto de técnicas que nos permiten conocer si hay presencia de sustancias peligrosas implicadas en un siniestro.

### IDENTIFICACIÓN

La identificación de la sustancia es un proceso por el que se establece la identidad de aquella con el objeto de conocer su composición y naturaleza química y sus propiedades físico-químicas así como su reactividad. Las técnicas analíticas necesarias pueden ser cuantitativas y/o cualitativas, pero para en el caso de las emergencias el interés radica principalmente en las cualitativas. Estos métodos deben ser rápidos, selectivos y sensibles.

Nos podemos enfrentar a sustancias de dos grupos principales:

- *Sustancias bien definidas*: Sustancias con una composición cualitativa y cuantitativa definida que puedan identificarse suficientemente mediante los

parámetros de identificación del REACH (Reglamento de la Agencia Química Europea).

- *Sustancias UVCB*: Sustancias de composición desconocida o variable, productos de reacción complejos o materiales biológicos. Estas sustancias no pueden identificarse suficientemente mediante los parámetros mencionados. La variabilidad de la composición para las sustancias bien definidas se especifica mediante los límites superior e inferior del rango de concentración de cada uno de los constituyentes principales. Para las sustancias UVCB, la variabilidad es relativamente grande y/o escasamente predecible.

## MONITORIZACIÓN

La monitorización consiste en los trabajos desarrollados, aplicando las técnicas adecuadas, para evaluar de manera continua la contaminación en una zona o área determinada.

Según la Asociación Española de Toxicología encontramos la monitorización definida como “ *la observación continua o repetida, medida y evaluación de la salud y o datos ambientales o técnicos, con una finalidad concreta, de acuerdo con esquemas preestablecidos de espacio y tiempo, con utilización de métodos comparables para la recolección y estimación de los datos. La evaluación requiere la comparación con valores de referencia apropiados, basados en el conocimiento de la probable relación entre la exposición ambiental y los efectos adversos*”.

## OBJETIVOS

Con la detección e identificación se pretende, por tanto: Determinar los riesgos inherentes a la posible presencia de estas sustancias que nos permitirán tomar las decisiones adecuadas para dar una respuesta al incidente. (Delimitación de zonas, protección personal y estrategias).

- Conocer si hay sustancias peligrosas presentes en un siniestro y su grado de implicación.
- Identificar estas sustancias.
- Cuantificarlas

Prácticamente, todos los gases y vapores siempre son peligrosos. Si los gases no existen en su composición atmosférica familiar y respirable, la respiración segura ya puede estar afectada. Es más, cualquier gas es potencialmente peligroso, tanto si está licuado, comprimido o en su estado normal lo importante es conocer su concentración.

### 2.1.1. Categorías de riesgo:

- Ox – oxígeno
- Riesgo de asfixia por desplazamiento de oxígeno
- Riesgo de aumento de la inflamabilidad por enriquecimiento en oxígeno
- Ex – Riesgo de explosión por gases inflamables
- Tox – Riesgo de intoxicación por gases tóxicos

Sin equipos o sistemas auxiliares, los humanos no somos ~~son~~ capaces de reconocer estos peligros con suficiente antelación para iniciar las medidas preventivas adecuadas. Con sólo algunas excepciones, nuestro olfato ha resultado ser un equipo de alarma extremadamente poco fiable.

### 2.1.2. Oxígeno

Una concentración de oxígeno atmosférico inferior a 19,5% (deficiencia de oxígeno) o superior al 23,5%(enriquecimiento de oxígeno) podrían considerarse situaciones de riesgo.

*Potenciales efectos de las atmósferas suficientes o deficientes en oxígeno Contenido de oxígeno (% en vol.). Efectos y síntomas (a presión atmosférica)*

| Concentración <sup>1</sup><br>Oxígeno % | Tiempo de exposición | Consecuencias   |
|---|----------------------|---|
| 21                                      | Indefinido           | Concentración normal de oxígeno en el aire  |
| 20,5                                    | No definido          | Concentración mínima para entrar sin equipos de suministro de aire  |
| 18                                      | No definido          | Se considera atmósfera deficiente en oxígeno según la normativa ANSI Z117..1-1994. Problemas de coordinación muscular y aceleración del ritmo respiratorio. |
| 17                                      | No definido          | Riesgo de pérdida de conocimiento si signo precursor.   |
| 12-16                                   | Segundos a minutos   | Vértigo, dolores de cabeza, disneas e incluso alto riesgo de inconsciencia.   |
| 6-10                                    | Segundos a minutos   | Nauseas, pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos   |

### 2.1.3. Gases tóxicos.

Son aquellos cuya concentración en el ambiente se encuentra por encima del límite de exposición permisible. Aquí se debe recordar la afirmación del médico y químico suizo

<sup>1</sup> NTP 223: Trabajos en recintos confinado. INSHT

Paracelso “*Todas las sustancias son venenos, no existe ninguna que no lo sea. La dosis diferencia un veneno de un remedio*”, por tanto, será la dosis la que establecerá el grado de toxicidad de las sustancias.

| Gas Tóxico           | Valor límite ambiental ED <sup>2</sup> | Valor límite ambiental EC <sup>3</sup> |
|----------------------|--|--|
| Amoniaco             | 20 ppm                                 | 50 ppm                                 |
| Cloro                | 0.5 ppm                                | 1 ppm                                  |
| Cianuro de hidrogeno | 1 mg/m <sup>3</sup>                    | 5 mg/m <sup>3</sup>                    |
| Sulfuro de hidrogeno | 5 ppm                                  | 10 ppm                                 |
| Dióxido de azufre    | 0,5 ppm                                | 1 ppm                                  |
| Monóxido de carbono  | 20 ppm                                 | 100 ppm                                |

### *Efectos potenciales letales del Monóxido de carbono (CO)*

| Concentración de <sup>4</sup> monóxido de carbono | Efecto   |
|---|--|
| 0-229 mg/m <sup>3</sup> (0-200 ppm)               | Ligero dolor de cabeza en algunos casos  |
| 10 mg/m <sup>3</sup> (8,7 ppm)                    | No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 8 horas    |
| 30 mg/m <sup>3</sup> (26 ppm)                     | No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante una hora   |
| 34,4 mg/m <sup>3</sup> (30 ppm)                   | La exposición diaria a esta concentración es equivalente a fumar 20 cigarrillos al día   |
| 40,1 mg/m <sup>3</sup> (35 ppm)                   | Las personas que tienen enfermedades cardíacas no deben exponerse a niveles superiores a esta concentración                            |
| 60 mg/m <sup>3</sup> (52 ppm)                     | No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 30 minutos |
| 100 mg/m <sup>3</sup> (87 ppm)                    | No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 15 minutos |
| 115 mg/m <sup>3</sup> (100 ppm)                   | Se informó del primer indicio de angina en sujetos que hacían ejercicio con cardiopatía coronaria expuestos a esta concentración       |
| 229-458 mg/m <sup>3</sup> (200-400 ppm)           | Después de 5-6 horas se puede observar un leve dolor de cabeza, náuseas, vértigo y síntomas mentales                                   |
| 458-802 mg/m <sup>3</sup> (400-700 ppm)           | Después de 4-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, incoordinación muscular, debilidad, vómitos y colapso                |

<sup>2</sup> Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2018. Ministerio de Empleo y Seguridad Social

<sup>3</sup> Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2018. Ministerio de Empleo y Seguridad Social

<sup>4</sup> Servicio Murciano de salud. Consejería de Salud. Región de Murcia

|   |   |
|---|---|
| 802-1260 mg/m <sup>3</sup> (700-1100 ppm)     | Después de 3-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, debilidad, vómitos y colapso  |
| 1260-1832 mg/m <sup>3</sup> (1100-1600 ppm)   | Después de 1.5-3 horas se puede observar coma. (la respiración es aún bastante buena a no ser que el envenenamiento se haya prolongado) |
| 1832-2290 mg/m <sup>3</sup> (1600-2000 ppm)   | Después de 1-1.5 horas hay posibilidad de muerte  |
| 5726-11452 mg/m <sup>3</sup> (5000-10000 ppm) | Después de 2-15 minutos se puede producir la muerte   |

## 2.2. TÉCNICAS DE DETECCIÓN.

La experiencia demuestra la importancia que tiene verificar la información recibida en un primer momento ya que, debido a las condiciones del siniestro y las circunstancias del comunicante, no siempre se ajusta a la realidad. En otras ocasiones, la falta de información acerca de la presencia de sustancias peligrosas nos hace correr riesgos innecesarios.

Por ello, cuando actuemos ante incidentes en los que existen indicios o se sospecha la presencia de productos peligrosos, y frente al impulso de actuar con la máxima celeridad, procederemos a realizar un **RECONOCIMIENTO** para, entre otras acciones, intentar **DETECTAR e IDENTIFICAR** las posibles sustancias implicadas y/o sus riesgos.

### DetECCIÓN e identificación no son sinónimos

Como se ha apuntado anteriormente, detección e identificación son dos cosas totalmente distintas, que muchos utilizan de manera indistinta y algunos emplean de manera errónea.

### DetECCIÓN

¿Qué es detectar? El diccionario de la Real Academia Española de la lengua define detección como “acción y efecto de detectar”, y detectar como “poner de manifiesto, por métodos físicos o químicos, lo que no puede ser observado directamente, descubrir”.

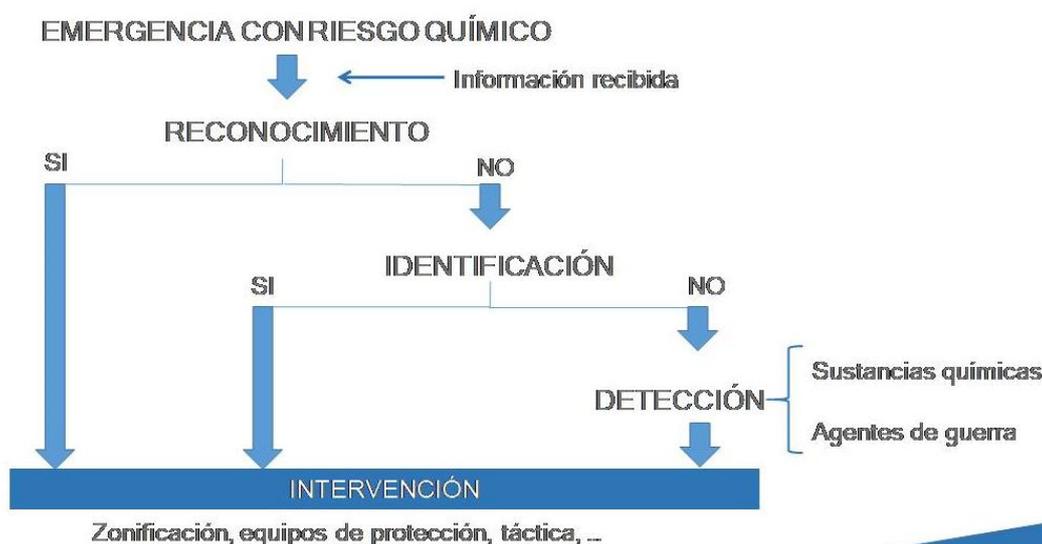
Así pues, hablando de detección de agentes químicos, detección sería “la acción y efecto de poner de manifiesto por métodos físicos o químicos la presencia de agentes químicos”. Necesitamos recurrir a métodos físicos o químicos porque nuestros sentidos no están lo suficientemente desarrollados, El olfato no se recomienda como método de

detección de sustancias químicas tóxicas ya que muchas sustancias tienen un umbral de olor superior a los valores tóxicos permitidos, en otros casos las sustancias perturban el sentido del olfato y en otras ni si quiera son perceptibles.

## Identificación

Por otra parte, el diccionario de la Real Academia Española de la lengua define identificación como “acción y efecto de identificar” e identificar como “reconocer si una persona o cosa es la misma que se supone o busca”.

Para la identificación química se requieren técnicas analíticas que proporcionen información estructural de la sustancia química en cuestión



### 2.3. MÉTODOS DE DETECCIÓN.

Se definen 7 métodos básicos de identificación de materias peligrosas:

**Método 1º: Lugar y actividad,** Las características del lugar y la actividad desarrollada en el mismo pueden darnos cierta información para la identificación de las materias involucradas. Ej.: zonas industriales, zonas de almacenamiento, transporte de mercancías peligrosas, edificios de viviendas, hospitales, etc.

**Método 2º: Tipo y forma de los recipientes.**

El tipo o forma de los recipientes utilizados para almacenar o transportar las sustancias pueden darnos una idea sobre su naturaleza. Ej.: recipientes con sección cilíndrica (productos presurizados), recipientes con sección elíptica (productos no presurizados), etc. Para más información consultar la "Guía operativa de intervención ante accidentes en el transporte de mercancías peligrosas en vehículos cisterna" (<http://wsmadrid.blogspot.com/2017/01/guias.html>).



**Método 3º: Señales y colores.**

Las señales o colores de tuberías industriales, botella, bidones o botellones a presión sirven para identificar los productos transportados o contenidos. En la norma de nueva aplicación (Real decreto 2060/2008 y la ITC-EP 6, la norma UNE-EN 1089-3:2004) se definen como instrumentos de identificación a tres elementos:

- 1.- Marcado ( $\pi$ )
- 2.- Etiquetas de precaución (etiquetas tipo banana)

Es el primer y principal soporte indicativo del contenido de una botella. La etiqueta recoge las informaciones obligatorias en relación al gas de la botella. Los textos y símbolos de la etiqueta se elaboran de acuerdo con la reglamentación vigente. En ellas se recogen los siguientes datos:

- ❶ Denominación del gas
- ❷ Símbolo de riesgo, clase y Nº UN
- ❸ Frase de riesgo
- ❹ Frase de seguridad
- ❺ Fabricante
- ❻ Aplicación del gas



El Reglamento de la UE sobre la clasificación, el etiquetado y el envasado (Reglamento CLP<sup>5</sup> (CE) nº 1272/2008) son de obligatorio cumplimiento para el etiquetado de los recipientes a presión para gases puros.

<sup>5</sup> CLP: clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas

3.- Colores en las ojivas: Se establece un nuevo sistema de códigos de colores para la identificación del riesgo asociado al contenido de una botella de gas, conforme con el rombo riesgo de las etiquetas y como complemento a las etiquetas.



Se clasifican en tóxico, y/o corrosivo, inflamable, oxidante e inerte.

El color del riesgo se identifica en la parte superior de la botella, en la ojiva. Los gases industriales tendrán una ojiva monocolor que identifica el riesgo principal del gas. El color de la parte inferior a la ojiva, el cuerpo de la botella es de libre aplicación y no se identifica con el riesgo, pudiendo ser elegido por el fabricante a condición de que no genere confusión con los colores de riesgo.

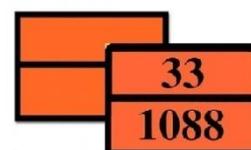
Para los gases medicinales y respirables, se aplica un color específico para cada gas excepto en el caso de mezclas. Todas las botellas, en lo referente al código de colores, llevan la letra la letra “N” marcada dos veces en puntos diametralmente opuestos sobre la ojiva de la botella y de un color distinto de los colores de la ojiva; esto era obligatorio durante el tiempo que estuvieron en vigencia de forma simultánea el antiguo Real Decreto y la Norma EN; desde agosto de 2015 ya no es obligatorio.

| RIESGO     | COLOR                       | Identificación de gases específicos |                          |   |
|------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|
| Tóxico     | Amarillo Zinc (RAL 1018)    | Acetileno                           | Rojo Óxido (RAL 3009)    |  |
| Corrosivo  | Amarillo Zinc (RAL 1018)    | Oxígeno                             | Blanco Puro (RAL 9010)   |  |
| Inflamable | RojoFuego (RAL 3000)        | Óxido Nitroso                       | Azul Genciana (RAL 5010) |  |
| Oxidante   | AzulClaro (RAL 5012)        | Butano/Propano                      | Naranja                  |  |
| Inerte     | Verde Amarillento(RAL 6018) |                                     |                          |   |

**Método 4º: Placas y etiquetas.** En este sentido es de aplicación la normativa de clasificación y etiquetado de sustancias peligrosas, Reglamento CLP, derivado del Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA) dictado por la Naciones Unidas.



En el transporte de mercancías peligrosas, en aplicación del ADR 2017 se utiliza para la identificación de sustancias los siguientes elementos:



- ✓ Panel naranja
- ✓ Etiquetas de peligro

**Método 5º: Fichas y documentos.** Las fichas y documentos más característicos para la actuación en caso de accidente donde estén involucradas sustancias peligrosas son:

- ✓ Carta de porte
- ✓ Instrucciones escritas

### Cartas de Porte

La legislación establece que toda operación de transporte de MMPP, exige al expedidor la confección de una Carta de Porte. Dicho documento debe incluir información sobre el nombre del producto transportado, número de identificación, clase de peligro y cantidad.

Junto con la carta de porte se debe transportar las instrucciones escritas para el conductor o maquinista.

### Método 6º: Aparatos de detección y medida.

| TIPO APARATO                                | RIESGO IDENTIFICADO                        | APLICACIONES   | COMENTARIOS   |
|---|--|--|---|
| Explosímetro                                | Gases y vapores inflamables y combustibles | Comprobar las concentraciones de vapores de gas o vapores inflamables en el ambiente                   | Entendido para uso en atmosferas normales. Los filamentos pueden ser dañados por ciertos compuestos como la silicona, el plomo y atmosferas enriquecidas con oxigeno  |
| Medidor de oxígeno                          | Oxígeno                                    | Mide el contenido de oxígeno en el aire  | Algunas sustancias (cloro, flúor) indican un nivel de oxigeno seguro incluso en atmosferas con deficiencia de oxígeno. Temperaturas extremas pueden retrasar el movimiento del medidor  |
| Tubos colorímetros<br><br>Detector de gases | Gases y vapores específicos                | Indica la presencia y concentración de vapores de gas o inflamables y polvos en determinados ambientes | La concentración de medida del mismo producto puede variar entre diferentes tubos del fabricante.<br>Varios productos químicos similares pueden interferir con las muestras.<br>Los tubos tienen caducidad.<br>Primariamente utilizado para determinar un producto químico específico esté presente o no. |

|               |              |                               |  |
|---------------|--------------|-------------------------------|--|
| Medidor de pH | Corrosividad | Mide la corrosividad según pH | Determinan si un producto es ácido o básico. |
|---------------|--------------|-------------------------------|--|

Los aparatos de detección y medida: nos dan pautas y datos, ayudándonos a detectar la presencia de atmósferas explosivas, deficiencia de oxígeno o presencia de determinados productos en el ambiente. Con producto conocido: Se realizan los controles y recorridos asignados con el aparato que contenga los sensores correspondientes a la familia del producto o la materia implicada.

**Método 7º: Sentidos.** Nos ofrecen pistas inmediatas ante la presencia de sustancia peligrosa. Olores, ruidos inusuales o la observación de vegetación o pequeños animales muertos o del escape de una sustancia peligrosa, son algunos ejemplos.

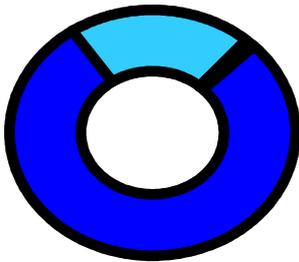
Los sentidos no deben ser nunca el principal método de identificación. En muchos casos, si estamos suficientemente cerca para oler, sentir u oír el problema, estaremos probablemente demasiado cerca para actuar de forma segura.

El umbral olfativo (U.O.) de una sustancia química dada se define como el valor de la concentración de esa sustancia para el cual el 50% de las personas sometidas al estudio (las cuales no son ni mucho ni poco sensibles a diferentes sustancias olorosas de referencia y están exentas de patología que afecte a la olfacción, entre otros criterios de selección) perciben su olor.

La percepción olfativa varía mucho de un individuo a otro por diferentes factores como sensibilidad, estado de atención, etc. . Además, para que el olfato sea considerado un elemento de seguridad y protección, es necesario que exista un margen de seguridad entre el U. O. y las concentraciones que puedan dar lugar a los riesgos agudos o crónicos. En la NTP 320: "Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas" del INSST se puede ver una comparativa entre los U.O. y los valores de L.I.E, IPVS y TLV-TWA.

## 2.4. CONCEPTOS GENERALES SOBRE DETECCIÓN.

### COMPOSICION DEL AIRE

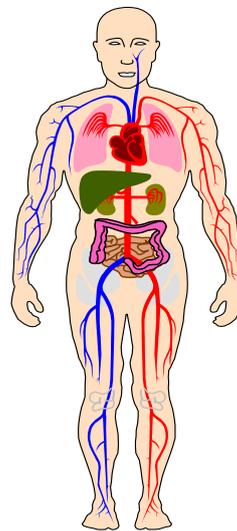


- 78 % N<sub>2</sub>
- 21 % O<sub>2</sub>
- % Argón, CO<sub>2</sub>, Hidrogeno, Neón, Helio, Kriptón, Xenón

### INTERCAMBIO RESPIRATORIO

#### INHALACIÓN ---- EXHALACIÓN

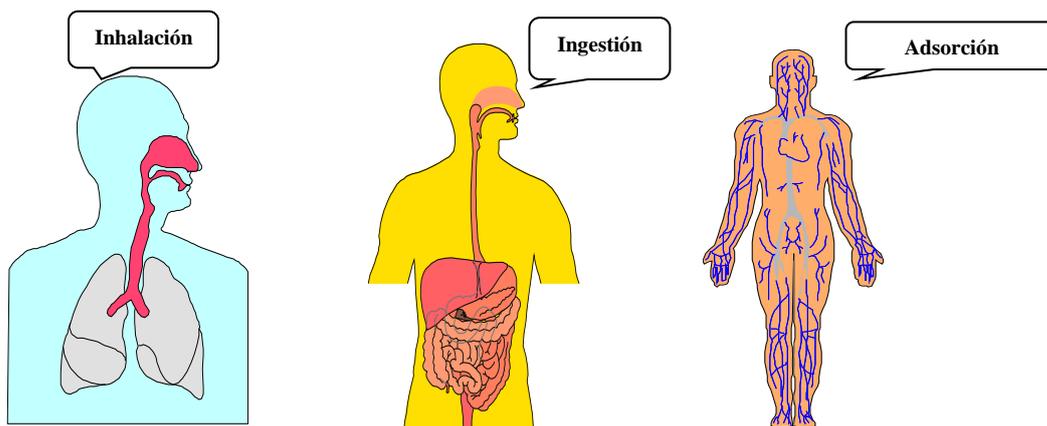
|        |                 |       |
|--------|-----------------|-------|
| 21 %   | OXÍGENO         | 17 %  |
| 0,04 % | CO <sub>2</sub> | 4,04% |
| 78 %   | NITRÓGENO       | 78%   |
| 0,96%  | GASES NOBLES    | 0,96% |



#### 2.4.1. Criterios de toxicidad



### VIAS DE PENETRACIÓN DE LOS TÓXICOS EN EL ORGANISMO



## TOXICIDAD

La Toxicidad está referida a la capacidad intrínseca que posee un agente químico de producir efectos adversos sobre un órgano, así, se habla así de “sumamente tóxico”, “muy tóxico”, “moderadamente tóxico”, etc. Esta clasificación puede resultar útil en el ámbito administrativo como advertencia y como información, pero en situaciones de emergencia necesitamos cuantificar la concentración de agente tóxico. En el concepto de dosis se suele incluir un elemento temporal, aun cuando no se exprese siempre. Según la ley de Haber, la dosis teórica es  $D = C \times t$ , donde  $D$  es la dosis,  $C$  es la concentración del agente químico en el aire y  $t$  la duración de la exposición.

Dos valores que resulta interesantes conocer son DL50 y CL50, aunque no se debe olvidar que estos datos son obtenidos de experimentaciones de toxicidad sobre animales:

- DL50 (dosis letal media para exposiciones agudas), es la dosis, expresada en miligramos de tóxico por kilogramo de peso del ejemplar, que administrada de una vez por vía oral a un grupo concreto de animales produce la muerte del 50% de los mismos en un período de 14 días tras el tratamiento.
- CL50 (concentración letal media), es la concentración del tóxico en aire que al ser inhalada durante un período de 4 horas (en la versión principal de esta prueba) produce el fallecimiento del 50% de los animales, en un período de 14 días tras el tratamiento.

Según el ADR 2017 se establece que, a falta de observaciones sobre el ser humano, el grado de toxicidad se fijará recurriendo a las informaciones disponibles obtenidas en ensayos sobre animales, conforme al cuadro siguiente:

|                          | Toxicidad por ingestión<br>DL50(mg/kg) | Toxicidad por absorción cutánea<br>DL50(mg/kg) | Toxicidad por inhalación de polvos y nieblas<br>CL50(mg/l) |
|--------------------------|--|--|--|
| Muy tóxico               | <5                                     | <50  | <0,2   |
| Tóxico                   | >5 y ≤ 50                              | >50 y ≤ 200                                    | >0,2 y ≤ 2   |
| Grado menor de toxicidad | >50 y ≤ 300                            | > 200 y ≤ 1000                                 | >2 y ≤ 4   |

Existen a nivel internacional diferentes organismos oficiales o agencias que emiten listados de valores de referencia referidos a la exposición de trabajadores a la toxicidad de sustancias químicas en ambientes laborales, algunos ejemplos son.

- ACGIH<sup>6</sup> (EE. UU.), es una asociación con sede en USA que agrupa a más de 3000 profesionales de la Higiene del Trabajo que desarrollan su labor en instituciones públicas y universidades de todo el mundo. Los valores que establece la ACGIH se denominan "Threshold Limit Values" (TLV) y se basan exclusivamente en criterios científicos de protección de la salud. Estos valores TLV son sólo unos límites recomendados, pero gozan de un elevado prestigio en el mundo de la Higiene Industrial. Normalmente, cuando se citan los valores TLV de USA sin más especificación se está haciendo referencia a los valores propuestos por la ACGIH.
- NIOSH<sup>7</sup> (EE. UU.), es una institución dependiente de la Administración federal que, entre otras actividades, desarrolla y revisa periódicamente recomendaciones para límites de exposición a sustancias o condiciones potencialmente peligrosas en el ámbito de trabajo. Estas recomendaciones son publicadas y transmitidas a los Departamentos competentes de la Administración para su empleo en la promulgación de normas legales. Los valores que establece el NIOSH se denominan "Recommended Exposure Limits" (REL) y no tienen valor legal.
- OSHA<sup>8</sup> (EE. UU.), es el órgano de la Administración federal con competencia en el establecimiento de normas legales relativas a la prevención de riesgos y promoción de la salud en el ámbito laboral. Los valores que propone la OSHA se denominan "Permissible Exposure Limits" (PEL) y son los únicos que tienen validez desde el punto de vista legal.
- DFG<sup>9</sup> (Alemania), es una sociedad para la Investigación que mantiene una Comisión para la investigación de los riesgos para la salud de los compuestos químicos en el área de trabajo que establece unos valores límite con base exclusivamente científica denominados "Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen" (MAK). La lista de los valores MAK se publica anualmente, con indicación de las novedades propuestas. Los valores que establece la Comisión son sólo recomendaciones, pero pasan a ser preceptivos si son adoptados y publicados por el Ministerio de Trabajo en su Boletín Oficial.
- COSHH (Reino Unido), establece los valores MEL "Maximum Exposure Limits", que no deben ser superado y los valores OES "Occupational Exposure Standards" (OES), que son niveles para los que no existe evidencia de que sean dañinos, pero que se consideran adecuados como nivel de control.
- INSST (España) El **Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo** tiene la misión de promocionar y apoyar la mejora de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, dando así cumplimiento a las funciones que nos encomienda la Ley de PRL y la EESST 2015-2020 y llevando a cabo labores de investigación,

---

<sup>6</sup> American Conference of Governmental Industrial Hygienists

<sup>7</sup> National Institute for Occupational Safety and Health

<sup>8</sup> Occupational Safety and Health Administration

<sup>9</sup> Deutsche Forschungsgemeinschaft

divulgación, publicación de documentación técnica y revisión de los valores de los límites de exposición profesional.

La Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos (EPA), ha desarrollado unos valores (AEGL's, ERPG's y TEEL's) que reflejan niveles de **exposición pública** y que pretenden predecir cómo se verían afectados los miembros del público en general si están expuestos a un producto químico peligroso en una situación de respuesta de emergencia

| AEGL 1  | AEGL 2   | AEGL 3  |
|---|--|---|
| Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar una incomodidad notable. Concentraciones por debajo del AEGL 1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve. | Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL 2, pero por encima del AEGL 1, representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar. | Es la concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte. Concentraciones por debajo de AEGL 3, pero por encima de AEGL 2, representan niveles de exposición que pueden causar efectos a largo plazo, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar. |
| ERPG 1  | ERPG 2   | ERPG 3  |
| Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora experimentando solo efectos adversos ligeros y transitorios o percibiendo un olor claramente definido.   | Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora sin experimentar o desarrollar efectos serios o irreversibles o síntomas que pudieran impedir la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección.   | Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora sin experimentar o desarrollar efectos que amenacen su vida. No obstante, pueden sufrir efectos serios o irreversibles y síntomas que impidan la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección.  |
| TEEL 1  | TEEL 2   | TEEL 3  |
| Máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos experimentarían efectos ligeros y transitorios sobre la salud o percibirían un olor claramente definido.   | Máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos podrían estar expuestos sin experimentar o desarrollar efectos sobre la salud serios o irreversibles, o síntomas que pudieran impedir la posibilidad de llevar a cabo   | Máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos podrían estar expuestos sin experimentar o desarrollar efectos amenazantes para la vida. No obstante, pueden sufrir efectos serios o irreversibles y síntomas  |

|  |                         |   |
|--|-------------------------|---|
|  | acciones de protección. | que impidan la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección. |
|--|-------------------------|---|

Los valores límite ambientales (VLA) en España son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire y representan condiciones a las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 semanales, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud. Los VLA sirven para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos incluidos en una lista de valores publicada por el Ministerio de Empleo y Seguridad Social y que se revisa de forma periódica.

- VLA-ED (Valor Límite Ambiental Exposición Diaria): Representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral sin sufrir efectos adversos para su salud.
- VLA-EC (Valor Límite Ambiental Exposición de Corta duración): Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un periodo de referencia inferior en la lista de Valores Límite.

Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos, pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el VLA-EC constituye un complemento del VLA-ED y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse en relación con ambos límites. En cambio, a los agentes químicos de efectos principalmente agudos como, por ejemplo, los gases irritantes, solo se les asigna para su valoración un VLA-EC.

### Indicador Biológico (IB)

Es un parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está asociado, directa o indirectamente, con la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico.

Como medios biológicos se utilizan el aire exhalado, la orina, la sangre y otros. Según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma de muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulado en el organismo, es decir, la carga corporal total.

El parámetro más utilizado en nuestro entorno son los TLV o Valores Límite Umbral (en español). No debemos olvidar que son valores proporcionados por una asociación

americana (ACGIH), no son oficiales, son recomendaciones, y como tales deben ser interpretados y aplicados, aunque gozan de un elevado prestigio en el mundo de la higiene industrial. Expresan concentraciones en aire de diversas sustancias por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden exponerse sin sufrir efectos adversos

Debido a los variados efectos que las sustancias químicas pueden provocar en las personas expuestas, se definen diferentes tipos de valores TLV:

**TLV-TWA** (valor límite umbral- Media ponderada en tiempo). Indica la concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de 8 horas y 40 horas semanales, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos. Este es el tipo más característico, al que se hace referencia habitualmente cuando se cita un valor TLV.

**TLV-STEL** (valor límite umbral-límite exposición de corta duración):. Indica la concentración a la que pueden estar expuestos los trabajadores durante un corto espacio de tiempo sin sufrir irritación, daño crónico o irreversible en los tejidos o narcosis importante. No es un límite de exposición separado e independiente, sino un complemento de la media ponderada en el tiempo (TWA). Se define como la exposición media ponderada en el tiempo durante 15 minutos que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada, aunque la media ponderada en el tiempo durante las ocho horas sea inferior al TLV-TWA

**TLV-C (valor límite umbral-techo)**: Indica la concentración que no debería ser sobrepasada en ningún instante. La práctica habitual de la higiene admite para su valoración muestreos de 15 minutos excepto para aquellos casos de sustancias que puedan causar irritación inmediata con exposiciones muy cortas.

Otro valor de gran interés es el desarrollado por NIOSH, **IPVS (IDLH) Índice inmediatamente peligroso para la vida y la salud**, e indica la concentración de una sustancia tóxica que representa el máximo nivel del que, en un periodo de tiempo de 30 minutos, un sujeto expuesto puede escapar sin síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud. Se aplica para la protección por inhalación y se expresa en partes por millón (ppm) o mg/m<sup>3</sup>.

#### 2.4.2 Otros parámetros

**INFLAMABILIDAD**: Es la aptitud de un material combustible para arder con producción de llama. La inflamabilidad de un gas en el aire se define con arreglo a su punto de inflamación y sus límites de inflamabilidad:

**LIMITES DE INFLAMABILIDAD (Explosividad):** Son la mínima y máxima concentración (%) de vapor en el aire que permite la inflamación (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

**LIMITE SUPERIOR INFLAMABILIDAD (L.S.I.)**

**(Explosividad L.S.E.) :** Es la máxima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una inflamación (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

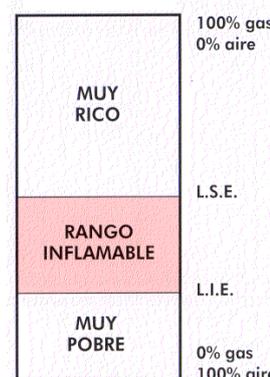
**LIMITE INFERIOR INFLAMABILIDAD**

**(Explosividad L.I.E):** Es la mínima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una inflamación (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

**RANGO DE INFLAMABILIDAD (explosividad):** Es la zona comprendida entre el L.S.E. y el L.I.E.

**PUNTO DE INFLAMACIÓN.** Es la mínima temperatura a la que un producto libera suficiente cantidad de vapores para que en su superficie se inicie la combustión en presencia de una fuente de ignición. Se suele diferenciar entre punto de inflamación y punto de ignición en la que la combustión se inicia, pero la concentración de vapores no es suficiente para auto alimentarse y por lo tanto que la combustión se mantenga. A efectos prácticos no merece la pena entrar en esta consideración ya que ambas temperaturas están muy próximas.

Gráfico 5



Clasificación líquidos inflamables según ADR 2017

| Nivel de peligrosidad   | Materias  |
|-------------------------|---|
| Muy peligrosas          | Punto ebullición < 35° C  |
| Medianamente peligrosas | Punto de ebullición > 35° C y punto de inflamación < 23° C        |
| Poco peligrosas         | Punto de ebullición > 35° C y punto de inflamación >23° y < 60° C |

**2.5. MÉODOS DE DETECCIÓN, ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN.**

La primera pregunta que nos debemos formular es si la detección es útil dentro del trabajo de los equipos de emergencia.

**La respuesta siempre es y será SI.**

Daremos uso a la información que nos aporta la detección e identificación en tres momentos de la intervención.

Para verificar la presencia de un agente agresor en una intervención, como primera medida, nos exigirá limitar el acceso a las zonas contaminadas. (Zonificación)

Para adoptar las medidas de protección adecuadas al agente agresor y grado de implicación. (Protección personal)

Para saber con datos objetivos si la población se encuentra expuesta algún tipo de agente agresor. Este tipo de riesgo puede derivarse de una errónea descontaminación de los equipos actuantes o una mala delimitación de la zona fría segura. (Zonificación)

Si ponemos un ejemplo de un incendio. La detección nos ayuda a detectar atmósferas inflamables, explosivas, deficiencia de oxígeno, así como determinar en algunos casos la presencia de otros productos. (Tóxicos, venenosos, irritantes, corrosivos, etc.)

Igualmente es necesario realizar detección en las viviendas próximas afectadas por el humo ya que este puede haberse expandido por ellas contaminado el aire.

Esta contaminación por productos tóxicos puede generar problemas de salud a quien lo respira, sobre todo con riesgo de exposiciones prolongadas.

Cuando efectuamos la detección e identificación, lo más importante de todo el proceso es saber interpretar los datos obtenidos. Para ello tenemos que tener claro:

¿Qué estamos buscando?.

¿Cuál es el detector adecuado?.

¿Qué datos nos aporta el detector?.

¿Existe la posibilidad de una detección errónea?.

- **¿Qué estamos buscando?.**

La primera información para contestar esta pregunta, la tenemos en el análisis del incidente. Podría tratarse de un incidente en el que, desde su inicio, claramente esté presente un agente agresor:

1. Lo que tratamos es de detectarlo, pero conociendo o teniendo una idea de lo que estamos buscando::

- ✓ Este es el caso con vehículos que transportan MMPP o en el interior de una instalación industrial. También se dan estos casos en instalaciones nucleares o que manejan material radiactivo.

- ✓ Con respecto al riesgo biológico, es más difícil que se produzca un escape o una pérdida de microorganismos de forma accidental. Como mucho, un trabajador se infectará, lo que iniciará el proceso infeccioso fuera de la instalación de seguridad, o saldrá de la instalación contaminado.
  - ✓ La alarma nos llega por que la población afectada manifiesta la presencia de algo extraño (olor, nube de gas, neblina, etc.) o presenta síntomas producidos por el contacto del agente agresor. Un profesional debe tener claro que si padecemos síntomas de manera prácticamente inmediata solo puede ser debido a un producto tóxico o a una fuente radiactiva de muy alta actividad.
2. Si desconocemos el producto del que se trata o desconocemos la presencia del agente agresor:
- ✓ La gestión del incidente es completamente distinta. Podremos barajar dos posibilidades: Sabemos que hay un agente agresor, pero desconocemos cuál, o bien tenemos un incidente en el que, por sus características, podría estar presente un agente agresor.
  - ✓ El análisis del incidente nos puede orientar hacia la presencia de un agresor; por ejemplo, una explosión en una instalación química/nuclear o un laboratorio de cualquier tipo. Dentro de este grupo de incidentes debemos incluir los atentados terroristas, ya que, si bien no es habitual, por suerte, la utilización de agentes agresores N. R. B. Q, siempre debemos sospecharlo.
- **¿Cuál es el detector adecuado?.**

### **Sabemos de qué se trata.**

Lo que hacemos es utilizar el detector específico para este agente:

1. En el caso de un elemento radiactivo, buscaremos la emisión de partículas y/u ondas de energía (con sondas para partículas alfa, beta y radiaciones gamma).
2. En el caso de un producto químico tóxico, utilizaremos un sensor específico. Si no contamos con el sensor específico, podemos utilizar uno de mayor rango de detección; por ejemplo, si no tengo detector para ácido clorhídrico, puedo utilizar un sensor para ácidos o un sensor de cloro.

### **No sabemos de qué se trata, pero hay evidencia de la presencia de un agente agresor.**

En este caso debemos recurrir a un sensor del mayor espectro de productos posibles. Cuantos más productos distintos seamos capaces de analizar a la vez, más posibilidades tenemos de identificar el correcto. Para los equipos de bomberos simplemente con

detectar la presencia de “algo extraño”, es suficiente para actuar en consecuencia; puedo apartarme o apartar a la población de la zona donde se encuentre el agente agresor hasta zona segura sin saber, inicialmente de que se trata.

Los signos y síntomas que presenten los afectados van a ser otra fuente de información para orientarnos sobre el agente agresor sin contar con una prueba de detección específica.

- ✓ Los signos irritativos en la piel o las mucosas son nuestro primer dato a tener en cuenta.
- ✓ Los signos irritativos nos orientan hacia ácidos, bases o gases lacrimógenos.
- ✓ Las ampollas grandes en la piel nos orientan hacia agentes de guerra vesicantes (iperitas fundamentalmente).
- ✓ Las quemaduras de la piel, a grandes exposiciones a radiactividad.
- ✓ La hipersalivación acompañada de temblores y miosis (contracción pupilar) nos indicaría a agentes neurotóxicos (Sarín, Somán, Tabún).
- ✓ Las alteraciones en la respiración celular señalan a asfixiantes mitocondriales (monóxido de carbono y ácido cianhídrico).
- ✓ En este apartado es necesario recordar que, según la dosis de agente agresor a la que estamos expuestos, podríamos presentar los síntomas incluso pasadas algunas horas de la exposición.

Consigamos o no un resultado positivo en la prueba de detección, la presencia de afectados de manifestaciones clínicas (síntomas y signos) nos obliga a la puesta en marcha del procedimiento.

### **Incidentes en los que por sus características podría estar presente un agente agresor.**

La detección va encaminada a la búsqueda de agentes que se pueden utilizar en actos terroristas o con intención de generar daño.

Como precaución no está mal, de manera sistemática, realizar una prueba de detección de agresores químicos (gases de guerra) y elementos radiactivos en las explosiones. También podía darse el caso de explosiones pequeñas que sirven para liberar un agente agresor y dispersarlo dentro de la secuencia de un acto terrorista. La experiencia nos dice que lamentablemente todos los países pueden ser el blanco de este tipo de acciones. Si sufrimos un ataque terrorista con bomba sucia y somos capaces de detectarlo en los primeros momentos, sus consecuencias se van a minimizar. Si, por el contrario, no somos capaces de orientar la gestión de la emergencia hacia la intervención N R. B. Q, los daños van a ser mucho mayores y sin duda el personal de los servicios de emergencia va a formar parte de los afectados, con las consecuencias que

esto tiene: Falta de recursos, falta de credibilidad en el funcionamiento de los servicios de emergencia, miedo a participar en la intervención, etc.

- **¿Qué datos nos aporta el detector?.**

El detector nos aporta datos de dos tipos:

- ✓ La presencia o ausencia de un producto en cuestión.
- ✓ La cantidad de producto (en ppm o mg/m<sup>3</sup>)

Con respecto a la presencia es importante:

- ✓ Realizar la detección lo antes posible, siempre bajo criterios de seguridad.
- ✓ La cercanía para poder detectar el mayor número de productos posibles, ya que algunos son muy volátiles y tal vez no los detectemos a poca distancia.
- ✓ Si avanzamos hacia el foco del incidente, debemos ir provistos de equipos de protección que, como mínimo, nos permita retroceder si la detección indica valores muy altos.
- ✓ La detección puede ser inmediata, pero no instantánea, por lo que nuestro avance debe ir a ritmo de la detección.
- ✓ No podemos entrar corriendo en el foco del incidente y que de repente nuestro detector nos muestre valores tan altos que nuestro equipo de protección sea insuficiente.
- ✓ Por otra parte, la detección debe de utilizarse para delimitar la zona de riesgo, es decir, zonificar. Por tanto, se tendría que definir geográficamente la zona donde encuentre el máximo riesgo asumible por el Jefe de la intervención (**ZONA CALIENTE**).

La detección inicial se debe de realizar de dos modos para, a su vez, informarnos sobre dos datos distintos:

**1. En profundidad** desde la zona de acceso a la emergencia hacia el foco. Nos informa sobre la **concentración**.

Partimos de la concentración 0 en la zona de llegada a la emergencia. Existe la costumbre entre los miembros de los servicios de emergencia de permanecer cerca de la zona de intervención, a pesar de que en la zona haya, en pequeña cantidad, productos tóxicos. El caso típico es el incendio de un edificio; el personal de los servicios de emergencia se dispone a trabajar en su interior y permanece cerca del acceso, en lugar de retirarse hasta una zona alejada del contacto con el humo, pese a que, en ese momento, estén relevados de funciones en la intervención.

**Esa zona de concentración 0 definirá inicialmente nuestra zona fría.** Avanzando hacia el foco del incidente, llegará un punto en que los detectores nos informan de la presencia del agente agresor.

**En la zona templada la concentración del tóxico debería ser 0.** Por motivos operativos (fundamentalmente por las distancias entre el foco de la intervención y el lugar definido para descontaminar).

**Podríamos permitir una concentración de tóxico inferior al valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED).**

Para mantenernos dentro de esos valores de exposición, debemos efectuar pruebas de medición continuas en la parte más próxima a la zona caliente. Otra zona donde se deben de controlar las concentraciones del agente agresor es en los domicilios o locales que van a ser utilizados o habitados y han estado o pueden haber tenido contacto con el agente agresor, por encima de la dispersión de éste. Estos lugares deben tener concentraciones inferiores al valor límite ambiental de exposición (VLA-ED).

**2. Perimetral** para zonificar los datos sobre el avance hacia el foco. Nos informa sobre la **localización**.

Lo siguiente es delimitar la concentración, es decir, delimitar donde se encuentran las distintas concentraciones. Con las mediciones realizadas, nos desplazamos perimetralmente en campo abierto o, de manera lobular, si trabajamos sobre un local (el lóbulo define la contaminación direccional desde la salida o salidas de la habitación).

Cuando hablamos de detección sobre la localización, es fundamental definir la zona caliente y la zona fría. La zona templada estará controlada y delimitada fundamentalmente en relación con las líneas de descontaminación que se instalen y serán estas donde realicemos la detección.

- **Toma de datos y análisis de los resultados**

La toma de datos se compone de cuatro fases

*1ª.- Fase de preparación:* del equipo para realizar la medida, en la que se produce un chequeo interno, ajuste de los sensores y en algunos casos un proceso de calentamiento.

2ª.- *Fase de muestreo*: en la que el equipo mediante una bomba absorbe un caudal determinado de aire hacia la cámara de medida.

3ª.- *Fase de análisis*: mediante la aplicación de la técnica o técnicas instrumentales propias del equipo .

4ª.- *Fase de interpretación y presentación de los datos*: en la pantalla con la activación o no de la alarma acústica y/o luminosa

En la fase de muestreo pueden interferir diferentes factores como es tiempo de medida, la distancia, la temperatura ambiental, presencia viento, calibración, estado de los sensores, etc. Todos estos factores pueden provocar que la medida no sea correcta. Se debe conocer las instrucciones del equipo y en función de los parámetros (valores límite de exposición) que vayamos a usar de referencia, conocer las condiciones que se han utilizado en la toma de muestras de dichos valores.

En cuanto a la interpretación y presentación de los datos, cada equipo de detección o identificación utiliza diferentes formatos y diferentes unidades (ppm, mg/m<sup>3</sup>, % volumen). Debemos conocer el equipo para poder dar valor a la información que nos aporta. En los casos en que el equipo no nos de valores numéricos, es un buen ejercicio conocer la correspondencia numérica con cada uno de los valores que muestre; por ejemplo, en el caso de la presentación de los datos en una escala entre 1 y 4 , es necesario conocer los intervalos de concentración que corresponde a cada nivel ya que para poder aplicar operativamente los resultados los compararemos con los valores numéricos de los límites de exposición ( VLA, TLV, IPVS, etc.).



Colorimetría



Dato numérico



Gráfico



Escala



Barras

Por otra parte, están las alarmas, sonoras y luminosas, que utilizan muchos equipos para avisar de niveles de concentración elevados. Estos límites de activación de alarmas se pueden ajustar a los niveles que nosotros decidamos. En todos los equipos vienen

definidos por defecto unos valores. Hay que conocer cuáles son los valores que utiliza el equipo y decidir si son esos los valores que queremos utilizar como señales de aviso.

Como ejemplo, en el caso de los equipos de Dräger X-am 2500 a 8000 los valores que vienen por defecto para la alarma A1 corresponde con el TLV-TWA y con el VLA-ED, y la alarma A2 corresponde con el valor TLV-STEL y VLA-EC. ( los valores de TLV y de VLA coinciden en muchos casos, pero no siempre).

Pero ¿qué sucede con sustancias que no tienen definidas el TLV-STEL o el VLA-EC como es el caso del monóxido de carbono?. Se considera que no podrán darse valores superiores a 3xVLA-ED durante no más de 30 minutos en jornada de trabajo y en ningún caso 5xVLA-ED.

Es cierto que existe una diferencia muy importante entre los diferentes valores de límites de exposición, ver siguiente tabla.

|   | Monóxido de carbono              | Sulfuro de hidrógeno            | Amoniaco                       |
|---|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| VLA-ED                                  | 20 ppm (23 mg/m <sup>3</sup> )   | 5 ppm (7 mg/m <sup>3</sup> )    | 20 ppm (14 mg/m <sup>3</sup> ) |
| VLA-EC                                  | 100 ppm (117 mg/m <sup>3</sup> ) | 10 ppm (14 mg/m <sup>3</sup> )  | 50 ppm (36 mg/m <sup>3</sup> ) |
| TLV-TWA                                 | 25 ppm (29 mg/m <sup>3</sup> )   | 10 ppm (14 mg/m <sup>3</sup> )  | 20 ppm (14 mg/m <sup>3</sup> ) |
| TLV-STEL                                | --                               | 15 ppm (21 mg/m <sup>3</sup> )  | 50 ppm (36 mg/m <sup>3</sup> ) |
| TLV-C                                   |                                  |                                 |                                |
| IPVS (IDLH)                             | 1200 ppm                         | 100 ppm                         | 300 ppm                        |
| MAK-TMW                                 | 30 ppm (35 mg/m <sup>3</sup> )   | 10 ppm (14 mg/m <sup>3</sup> )  | 20 ppm (14 mg/m <sup>3</sup> ) |
| AEGL 1 (ppm)<br>(10', 30', 60', 1h, 4h) | NR, NR, NR, NR, NR               | 0.75, 0.60, 0.51, 0.36,<br>0.33 | 30, 30, 30, 30, 30             |
| AEGL 2 (ppm)<br>(10', 30', 60', 1h, 4h) | 420, 150, 83, 33, 27             | 41, 32, 27, 20, 17              | 220, 220, 160, 110,<br>110     |
| AEGL3 (ppm)<br>(10', 30', 60', 1h, 4h)  | 1700, 600, 330, 150,<br>130      | 76, 59, 50, 37, 31              | 2700, 1600, 1100,<br>550, 390  |
| ERPG 1                                  | 200 ppm                          | 0.1 ppm                         | 25 ppm                         |
| ERPG 2                                  | 350 ppm                          | 30 ppm                          | 150 ppm                        |
| ERPG 3                                  | 500 ppm                          | 100 ppm                         | 1500 ppm                       |
| NIOSH REL TWA                           | 35 ppm (40 mg/m <sup>3</sup> )   | --                              | 25 ppm (18 mg/m <sup>3</sup> ) |
| NIOSH REL C                             | 200 ppm (229 mg/m <sup>3</sup> ) | 10 ppm (15 mg/m <sup>3</sup> )  | --                             |
| OSHA PEL TWA                            | 50 ppm (55 mg/m <sup>3</sup> )   | --                              | 50 ppm (35 mg/m <sup>3</sup> ) |
| OSHA PEL C                              |                                  | 20 ppm                          | --                             |

Datos obtenidos de las webs oficiales de cada organización: INSST web oficial, OSHA Standards Website; NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards (NPG).<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html> ; AIHA Emergency Response Planning Guidelines Committee, 2004. 2004 Emergency Response Planning Guidelines (ERPG) Update Set, American Industrial Hygiene Association, Fairfax.

A la hora de determinar qué valores vamos a usar para determinar las zonas operativas (zona caliente, templada y fría), así como las zonas de seguridad de trabajo en zona caliente, equipos de protección, etc. , hay que tener muy claro lo que significa cada uno de estos índices. Hay que recordar que estos valores son para exposiciones en trabajo ordinario y que, en función de los valores de exposición, en comparación con estos valores, se determinarían las medidas correctoras en prevención del riesgo o valores para exposición del público sin equipos de protección, no en trabajos de emergencia. En el caso de las emergencias, estos valores nos deben servir para confirmar los equipos de protección que se deben utilizar.

También es importante saber que los valores de exposición de todas las organizaciones son para sustancias puras, no se consideran mezclas. Si queremos aplicarlo sobre una mezcla de gases se debe realizar el cálculo del sumatorio de la exposición a cada sustancia dividido por su VLA .  $\Sigma (E_i / VLA_i)$ . Hay que tener en cuenta que estos valores son no confirmables, por lo tanto, sirven como referencia, pero no como valores exactos, para ello se deberían utilizar al menos dos equipos y a poder ser de tecnologías diferentes.

- **¿Existe la posibilidad de una detección errónea?**

Los equipos de detección no son infalibles. Siempre existe la posibilidad de que falle la detección. Entre los fallos posibles figuran los resultados erróneos con respecto a la presencia y ausencia de productos tóxicos. De tal forma que se pueden obtener:

**Falsos positivos:** Es cuando un detector indica la presencia de un agente agresor que no está presente.

**Falsos negativos:** Es cuando un producto está presente y el detector no alerta de su presencia.

Por motivos de seguridad, es mejor trabajar con equipos que produzcan falsos positivos, ya que con este resultado se aplica el procedimiento sin que realmente exista un riesgo. Con un falso negativo, en cambio, se expone al personal interviniente a un agente agresor sin tomar medidas ni poner en marcha el procedimiento.

Otro concepto que debemos manejar al hablar de errores es la identificación de un agente o producto.

**La identificación sólo se consigue con técnicas de espectrometría o resonancia magnética.**

Estos equipos “no suelen ser utilizados por los servicios de bomberos”.

La detección confirmada es cuando dos equipos de distinta tecnología para la detección aportan el mismo dato con respecto a la presencia o ausencia del agente agresor.

**Las pruebas de detección** son una herramienta muy útil para los equipos de emergencia, aportan sobre la seguridad de los intervinientes, así como también sobre los afectados, incluso antes de que presenten signos y síntomas en algunas ocasiones.

Para que esta herramienta sea útil, necesitamos contar con equipos adecuados y sobre todo saber cómo funcionan, así como interpretar la información que nos aportan.

**El personal de emergencia debe de ser capaz de interpretar los datos que nos aporta el detector:**

Para ello deberá contar con la formación y el entrenamiento adecuado.

Es difícil contar con equipos que identifiquen los productos con toda certeza (por coste y tiempo en aportar datos), pero si podemos utilizar equipos que nos indiquen la presencia de algo extraño, y después agrupar por familias, con apoyo en algunos casos, de los síntomas.

**Podemos decir que, para los servicios de emergencia lo más importante es:**

- Saber si hay un agente agresor por nuestra seguridad.
- Identificarlo para conocer sus peligros
- Medir su concentración en el ambiente y delimitar las zonas afectadas
- Elegir la protección personal adecuada a la zona de trabajo.

## 2.6. FACTORES A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE UN DETECTOR.

A la hora de seleccionar un detector hay que tener en cuenta una serie de factores relacionados con la capacidad de detección (selectividad, sensibilidad, límite de detección, tiempo de respuesta, etc.) y con el rendimiento (tiempo de calentamiento, requerimientos de calibración, portabilidad y requerimientos energéticos).

**SELECTIVIDAD:** Describe la capacidad del equipo para responder exclusivamente a los compuestos químicos blancos iguales a los que se encuentran en su librería. Los detectores menos selectivos pueden responder a más compuestos químicos que los selectivos pero sus respuestas no pueden ser atribuidas de forma inmediata a un TIC (compuestos químicos tóxicos industriales), CWA (agentes químicos de guerra), o

sustancia tóxica específica, lo que te indican es que hay algo, pero no qué es exactamente lo que hay.

**SENSIBILIDAD:** Mide la capacidad de discriminar entre diferencias pequeñas en la concentración de un analito. Un detector es más sensible cuando se observa un gran cambio en la intensidad de la señal para un cambio pequeño en la concentración.

**LÍMITE DE DETECCIÓN (LOD):** Es la concentración más baja a la que se puede detectar un analito con un cierto grado de confianza.

**CAPACIDAD DE ANÁLISIS CUANTITATIVO:** Los sistemas analíticos de laboratorio proporcionan resultados cuantitativos fiables ya que las condiciones de laboratorio pueden ser controladas y las curvas de calibración se obtienen de muestras estándar. Los detectores que se usan en campo están precalibrados en laboratorio asumiendo que su comportamiento es similar a las condiciones de calibración. Esto realmente no es así, puesto que el comportamiento del detector puede verse afectado por multitud de factores: temperatura, polvo, humedad, interferentes, etc., de forma que los resultados cuantitativos y cualitativos pueden variar. Afortunadamente, en muchos casos no se requiere de un análisis cuantitativo, y es suficiente con llevar a cabo análisis cualitativos o semicuantitativos que permitan determinar si el agente que estamos detectando supera los límites a partir de los cuales supone un peligro o amenaza.

**TASA DE FALSAS ALARMAS:** Las falsas alarmas pueden ser positivas o negativas, y ambas han de tenerse en cuenta cuando se toman decisiones a partir de los resultados obtenidos de un detector.

Un **falso positivo** se produce cuando el equipo da una señal de detección de un agente químico en la muestra cuando en realidad no está. Este tipo de falsas alarmas pueden deberse a varios factores, dependiendo de la especificidad de las técnicas utilizadas para la detección. La mayoría de los sistemas de detección están diseñados para detectar múltiples compuestos, por lo tanto, puede ser necesario otras técnicas de detección diferente para confirmar los resultados y reducir el potencial de falsos positivos. Los laboratorios de referencia posteriormente deben realizar análisis para verificar de forma la presencia o ausencia de estos compuestos químicos.

Un **falso negativo** aparece cuando los equipos no detectan la presencia de agentes químicos que se encuentran en la muestra. Algunas de las causas por las que se producen falsos negativos son: cambios en las condiciones ambientales, la humedad, presencia de interferentes que enmascaran las capacidades de detección normales, mal funcionamiento del detector debido a una mala calibración o a desviaciones del algoritmo de detección. La frecuencia de falsos negativos tiene grandes implicaciones en

campo, donde no detectar la presencia de un agresivo químico puede acarrear consecuencias graves para los equipos intervinientes.

**TIEMPO DE RESPUESTA:** Tiempo requerido para que se produzca una respuesta frente a un compuesto químico blanco una vez iniciado el ciclo de análisis. El tiempo de respuesta depende de la concentración del compuesto, de forma que a altas concentraciones la respuesta esperable debe ser rápida e inmediata, mientras que a muy bajas concentraciones los tiempos de respuesta son mayores.

**TIEMPO DE ARRANQUE Y CALENTAMIENTO:** El *tiempo de arranque* es el tiempo necesario para que el detector se ponga en marcha y el *tiempo de calentamiento* es el tiempo requerido para que el detector esté listo para el análisis tras el arranque. Para responder a una situación de emergencia es deseable que el tiempo de arranque y de calentamiento de un detector sean los más cortos posibles. En detectores portátiles, el tiempo de arranque es normalmente mínimo, sin embargo, sí requiere de un periodo de tiempo de calentamiento para que el detector alcance su estado operacional. Este tiempo puede oscilar entre pocos segundos a media hora o incluso más, dependiendo de las condiciones ambientales y parámetros operacionales.

**CALIBRACIÓN / VERIFICACIÓN EN APLICACIONES EN CAMPO:** La calibración es el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que «debiera indicar» de acuerdo con un patrón de referencia con valor conocido. Para calibrar / verificar la capacidad de un detector químico se usan compuestos químicos no tóxicos conocidos, en el caso de agentes químicos de guerra se emplean simulantes. Lo ideal sería utilizar un único simulante para el chequeo, que no requiere de procedimientos complicados de correlación de la calibración antes de cada uso.

Otras características o factores que se tienen en cuenta en la selección de un detector y no otro son:

**Dependencia de materiales** (hace referencia a cómo es de dependiente el equipo de los suministros de baterías, compuestos químicos, filtros, etc.), **portabilidad y facilidad de uso** (el detector debe ser extremadamente fácil de desplegar, de pequeño tamaño y que requiera un mínimo de entrenamiento del personal sin que su uso haga necesario personal especializado), **autonomía, bajo coste, capacidad de alarma** (visual y/o audible), **suministro de energía, ambiente operacional, durabilidad, requisitos de entrenamiento, transmisión de datos etc.**

Un **detector ideal** debería *detectar* la presencia e *identificar* a gran velocidad el agente de forma que el usuario disponga de tiempo para *proteger* la zona y al personal antes de ser afectados por el agente.

Con las tecnologías actuales, es difícil lograr las tres tareas en un período corto de tiempo. Por lo tanto, el reto en este escenario está generalmente dividido en varios segmentos de conveniencia: por un lado, la detección individual y puntual para una alerta temprana, y su posterior identificación y verificación.

**Ejemplo de características técnicas:**

Características técnicas

Extracto: Para más detalles véase instrucciones de uso/fichas técnicas de los sensores utilizados<sup>1</sup>

|  | Ex   | XXS O <sub>2</sub>   | XXS H <sub>2</sub> S-LC                       | XXS CO                                 |
|--|--|--|---|--|
| Principio de medición  | Combustión catalítica                              | Electroquímico   | Electroquímico                                | Electroquímico                         |
| Tiempo de ajuste de valor de medición t <sub>0...90</sub><br>para metano<br>para propano   | ≤17 segundos<br>≤25 segundos                       | ≤10 segundos   | ≤18 segundos                                  | ≤25 segundos                           |
| Tiempo de ajuste de valor de medición t <sub>0...50</sub><br>para metano<br>para nonano  | ≤7 segundos<br>≤40 segundos <sup>2</sup>           | ≤6 segundos  | ≤6 segundos                                   | ≤6 segundos                            |
| Rango de medición<br>para metano   | De 0 a 100 %LIE <sup>3</sup><br>0 hasta 5 % de vol | 0 hasta 25 % de vol  | 0 hasta 100 ppm H <sub>2</sub> S <sup>4</sup> | 0 hasta 2000 ppm CO <sup>5</sup>       |
| Desviación del punto cero (EN 45544)   | ---  | ---  | 0,4 ppm                                       | 6 ppm                                  |
| Deriva del aparato   | ---  | ---  | ≤1 % del valor de medición / mes              | ≤1 % del valor de medición / mes       |
| Tiempo de calentamiento  | 35 segundos  | ≤5 minutos   | ≤5 minutos                                    | ≤5 minutos                             |
| Influencia de venenos<br>Sulfuro de hidrógeno / ácido sulfhídrico H <sub>2</sub> S, 10 ppm<br>hidrocarburos halogenados, metales pesados, sustancias que contengan silicona, azufre o que sean polimerizables  | ≤1 %LIE/<br>8 horas<br>Envenenamiento posible      | ---  | ---   | ---                                    |
| Error de linealidad  | ≤5 %LIE  | ≤0,3 % de vol  | ≤2 % del valor de medición                    | ≤3 % del valor de medición             |
| Normas<br>(Función de medición para protección contra explosión y medición de falta y exceso de oxígeno y de gases tóxicos, DEKRA EXAM GmbH, Essen, Alemania; BVS 10 ATEX E 080X <sup>3</sup> ), PFG 10 G 001X | EN 60079-29-1 <sup>6</sup><br>EN 50271             | EN 50104 <sup>7</sup><br>(Medición de defecto y exceso de oxígeno)<br>EN 50271 | EN 45544-1/-2 <sup>8</sup><br>EN 50271        | EN 45544-1/-2 <sup>9</sup><br>EN 50271 |

- 1) El manual técnico, las instrucciones de uso y fichas de seguridad de los sensores utilizados y el software para PC CC-Vision de Dräger X-am 2500 pueden descargarse desde la página del X-am 2500, en la siguiente dirección de internet: [www.draeger.com](http://www.draeger.com)
- 2) Para concentraciones decrecientes, el tiempo de ajuste de nonano es de 50 segundos.
- 3) Alcanos de metano hasta nonano, valores LIE según EN 60079-20-1. Con velocidades de circulación de 0 a 6 m/s, el desvío de la indicación va del 5 al 10 % del valor de medición. Para el ajuste a propano, el desvío de la indicación en aire podría ser de 80 a 120 kPa hasta el 6 %LIE.
- 4) Certificado desde 0,4 hasta 100 ppm
- 5) Certificado desde 3 hasta 500 ppm
- 6) El aparato reacciona con la mayoría de los gases y vapores combustibles. La sensibilidad es diferente en función de gas. Recomendamos una calibración con el gas final a medir. Para la serie de alcanos, la sensibilidad se reduce de metano a nonano.
- 7) Las señales de medición se pueden ver influenciadas de forma negativa por etano, eteno, etino, hidrógeno y dióxido de carbono.
- 8) Las señales de medición pueden verse influenciadas de forma aditiva por dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno e hidrógeno y de forma negativa por cloro.
- 9) Las señales de medición pueden ser influidas también de forma aditiva por medio de acetileno, hidrógeno y monóxido de nitrógeno.

**2.7. TÉCNICAS INSTRUMENTALES DE DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN.**

De todas las técnicas instrumentales sólo vamos a tratar en este capítulo aquellas que se utilizan de forma más habitual en los detectores portátiles que son los utilizados en emergencias. El resto de las técnicas (cromatografías, RMN, etc.) se utilizan en laboratorios fijos o móviles que no son materia de este estudio.



- **Detección colorimétrica**

Los detectores colorimétricos analizan los cambios de color resultantes de una reacción entre un reactivo, que lleva el propio tubo, y el agente químico objeto de detección. En la mayoría de los casos el cambio colorimétrico se detecta a simple vista en otras ocasiones se utilizan lectores portátiles. En cualquier caso, se trata de equipos pequeños, simples y baratos, y la mayoría de ellos son selectivos, es decir, el reactivo que utilizan es específico de una determinada clase de agentes químicos, de forma que la tasa de falsos positivos es muy baja, pero, sin embargo, se requieren muchos detectores en aplicaciones en campo para barrer toda la posible gama de agentes químicos.



El principio de operación es muy simple, los detectores están hechos de material absorbente, como el papel, o de tubos de cristal que están impregnados con el reactivo colorimétrico, y en presencia del agente químico específico se produce un cambio de color. La concentración del compuesto químico blanco puede ser estimada en base a la intensidad del color o la longitud de la banda coloreada en función del tiempo de exposición. Este tipo de detectores también pueden estar basados en reacciones enzimáticas.

- **Espectrometría por movilidad iónica, IMS.**

La mayoría de los equipos de detección de agentes de guerra química nerviosos y vesicantes utilizados en la actualidad están basados en esta tecnología. También se emplea en detección de explosivos y drogas, y más recientemente, en la detección de compuestos químicos tóxicos industriales, TIC.

Se trata de una técnica analítica que separa y detecta, a temperatura ambiente y presión atmosférica, partículas cargadas eléctricamente (iones) en función de su velocidad para atravesar un gas portador bajo la influencia de un campo eléctrico.

Las moléculas de la muestra pasan a través de una fuente de ionización (generalmente radiactiva, aunque también se usan otras formas de ionización como la descarga de corona o electrospray) y forman “clusters” cargados eléctricamente que son atraídos por un pulso de campo eléctrico de signo contrario.

El tiempo que tardan en llegar hasta el detector, que dependerá de su masa y tamaño, permite determinar el agente químico.

- **Fotometría de Llama.**

Se trata de una técnica de espectroscopia atómica basada en la emisión de un haz de átomos o clusters excitados cuando éstos retornan a sus estados de baja energía.

Utiliza una llama como fuente de excitación y un fotodetector electrónico como dispositivo de medida.

Esta técnica permite la detección de agentes nerviosos (G y V) y vesicantes, por la emisión de luz característica de los átomos de azufre o fósforo. También se puede utilizar para todos aquellos TIC que incorporan en sus moléculas este tipo de átomos.

La fotometría de llama se emplea principalmente para análisis cuantitativos ya que para análisis cualitativos es necesario examinar todas las longitudes de onda del espectro de emisión. Sus dos desventajas más importantes son que la energía de excitación es demasiado baja para la mayoría de los elementos y por tanto la sensibilidad de la técnica no es muy alta, y que la muestra debe estar líquida o estar disuelta.

- **Fotoionización, PID.**

Los detectores de fotoionización típicos miden los compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros gases en concentraciones inferiores a partes por billones (ppb) hasta 10.000 partes por millón (ppm). Son los detectores de gas más eficientes y asequibles. Son capaces de dar lecturas instantáneas y monitorización en continuo.

Son ampliamente utilizados por los servicios militares, las industrias y las instalaciones de trabajo en interiores, por motivos de seguridad.

Un detector de fotoionización es un detector de iones que utiliza fotones de alta energía, por lo general en la gama del ultravioleta (UV), para romper las moléculas en forma de iones positivamente cargados.

Cuando los compuestos llegan al detector son bombardeados por fotones de alta energía, se excitan las moléculas, dando como resultado la pérdida temporal de electrones y la formación de iones con carga positiva. El gas adquiere carga eléctrica y los iones producen una corriente eléctrica, que es la señal de salida del detector. Cuanto mayor sea la concentración del componente, más iones se producirán, y mayor será la corriente.

La corriente se amplifica y se muestra en un amperímetro. Los iones se recombinan de nuevo con los electrones después de pasar el detector para volver a formar las moléculas originales. Los detectores de fotoionización son dispositivos no destructivos.

Como detector independiente, estos dispositivos son detectores de banda ancha y no son nada selectivos, ya que ionizan todo lo que tenga una energía de ionización menor o igual a la salida de la lámpara. Un detector de fotoionización es muy selectivo cuando se combina con algún tipo de técnica cromatografía o un tubo de pretratamiento, como un tubo específico de benceno. El detector de fotoionización sólo detecta los componentes que tienen energías de ionización similares a la energía de los fotones que usa el detector.

- **Onda Acústica Superficial, SAW.**

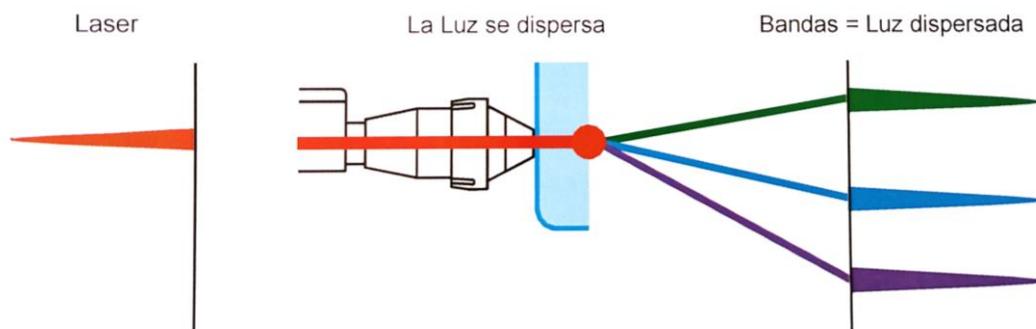
Se denominan así porque su mecanismo de detección es una onda mecánica o acústica. Cuando esta onda acústica se propaga a través o sobre la superficie de un material, cualquier cambio en las características del curso de propagación afecta a la velocidad y/o amplitud de la onda, de forma que esos cambios pueden ser monitorizarse y medirse a través de cambios en la frecuencia de la onda.

Los sistemas o sensores basados en ondas acústicas usan material piezoeléctrico para generar dicha onda. El término piezoeléctrico hace referencia a la producción de cambios eléctricos por la imposición de estrés mecánico.

Los sensores SAW químicos tienen la ventaja de su sensibilidad superficial para actuar como sensores físicos y químicos. El dispositivo SAW se recubre con una película de polímero muy fina, que presentará una frecuencia base y que se verá afectada cuando sea sometida a vapores químicos de forma que en el sistema se producirá una variación sobre la frecuencia base. Esta variación, es decir la selectividad, dependerá de la interacción entre el polímero y el compuesto químico analizado. Este cambio final es lo que permite al sistema funcionar como sensor químico. La capacidad de detectar diferentes vapores viene determinada por el peso molecular y la presión parcial de vapor.

- **Espectroscopía RAMAN**

La espectroscopía Raman es una técnica fotónica de alta resolución que proporciona de manera muy rápida información química y estructural de casi cualquier material o compuesto orgánico y/o inorgánico. Se basa en el examen de la luz dispersada por un material al incidir sobre él un haz de luz monocromático. Una pequeña porción de la luz es dispersada experimentando ligeros cambios de frecuencia que son característicos del material analizado e independientes de la frecuencia de la luz incidente. Se trata de una técnica de análisis que se realiza directamente sobre el material a analizar sin necesidad de tener que preparar el material previamente y que no conlleva ninguna alteración de la superficie sobre la que se realiza el análisis, es decir, es no destructiva.



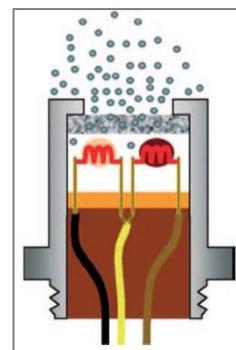
- **Espectrometría por movilidad diferencial.**

La Espectrometría por Movilidad Diferencial es una técnica analítica que supone una mejora, en cuanto a resolución y sensibilidad, con respecto a la espectrometría de movilidad iónica o IMS. Esta técnica permite la clasificación y selección continua de partículas cargadas según su movilidad eléctrica «Z» (velocidad que adquiere una partícula cargada ante un determinado valor de campo eléctrico). La movilidad eléctrica es un parámetro muy útil en la clasificación de partículas de interés y compuestos orgánicos volátiles, porque es característica de cada partícula.

El fundamento de esta técnica consiste en que los iones, moléculas o partículas cargadas que se quieren analizar son arrastrados a través de una región ocupada por un fluido debido a la presencia de un campo eléctrico. Estos iones o partículas cargadas son desviados por el desplazamiento del fluido en una corriente perpendicular al campo eléctrico. La mayor o menor separación de su trayectoria respecto a las líneas de campo eléctrico depende de la movilidad eléctrica de la partícula.

- **Sensores de perlas catalíticas.**

Bajo ciertas circunstancias los gases y vapores inflamables se pueden oxidar mediante el oxígeno del aire para liberar calor de la reacción. Normalmente esto se consigue por un material catalizador especial y adecuadamente calentado, que aumenta ligeramente su temperatura por el calor de la reacción. Este aumento de temperatura es una medida para la concentración de gas.



Los llamados pellistores son perlas cerámicas minúsculas y muy porosas (diámetro aprox. 1 mm) rodeando una pequeña bobina de hilo de platino. Hay una corriente eléctrica fluyendo a través de la bobina de platino de tal manera que el pellistor se calienta a unos cientos de grados Celsius.

Si la perla cerámica contiene un material catalizador adecuado, la temperatura del pellistor aumentará con la presencia de gas inflamable, y por consiguiente la resistencia de la bobina del hilo de platino aumentará.

Este cambio en la resistencia con respecto a la resistencia en aire limpio se utiliza para la evaluación electrónica del gas o vapor inflamable.

Para eliminar influencias por cambios de la temperatura ambiente, se utiliza un segundo pellistor, que tiene fabricación similar pero que no reacciona con el gas, porque el pellistor no contiene el material catalizador o está inhibido. La integración de los dos pellistores en un circuito de puente Wheatstone (transforma cambios de resistencia muy pequeños en voltajes medibles) tiene como resultado un sensor para la medición de concentración de gases inflamables, en gran medida independiente de la temperatura ambiente. Si la temperatura ambiente cambia, la resistencia de ambos pellistores cambiará y no habrá señal puente. Sin embargo, si hay presencia de gas, solo la resistencia del pellistor activo cambiará y el puente Wheatstone se desequilibra. Ya que los pellistores del sensor de perla catalítica son calentados hasta unos 450 °C, puede funcionar como una fuente de ignición si el LEL es sobrepasado y la temperatura de ignición del gas es inferior a 450 °C. Para evitar esto se aplica una encapsulación antideflagrante.

- **Sensores de infrarrojos IR.**

La mayoría de los gases y vapores inflamables son sustancias cuyos principales componentes son átomos carbono, hidrogeno, oxígeno, y a veces nitrógeno. Todos los gases absorben radiación de una manera característica, algunos incluso en el rango visible<sup>10</sup> es por lo que el cloro es verde-amarillo, el dióxido de bromo y el de nitrógeno son marrón-rojos, el yodo es violeta, etc. Sin embargo, estos colores solo se observan en concentraciones muy altas y letales. Los hidrocarburos absorben radiación a un rango determinado de longitud onda, aprox. de 3.3 a 3.5 micrómetros lo que puede ser usado para la medición de concentración de hidrocarburos en aire.

Si activamos un sistema óptico sobre el aire, observaremos que no se produce atenuación de la intensidad de la señal. En cambio, si lo aplicamos sobre una mezcla de aire con metano o propano, observaremos una atenuación de la intensidad de infrarrojo entrante de una manera predecible ya que para cada gas dado esta atenuación depende solamente de su concentración.

---

<sup>10</sup> Entre 380 nm – 780 nm de longitud de onda

La correlación de la reducción de intensidad medida por un lado y la concentración de gas en el sistema óptico por otro, es realizada por el proceso de calibración, es decir, una concentración de gas definida siempre provoca la misma reducción de intensidad y en consecuencia siempre la misma señal de medida.



En el proceso de medida, la radiación es dividida en dos partes mediante un divisor de rayos, una parte para el detector de medida, otra parte para el detector de referencia. El detector consiste en un cristal piroeléctrico encapsulado que convierte la energía de la radiación recibida en un voltaje medible. Sin embargo, los detectores son diferentes debido a sus filtros de interferencia óptica: el cristal del detector de medida sólo recibe por ejemplo radiación de  $3.4 \mu\text{m}$ , y el detector de referencia de por ejemplo  $4.0 \mu\text{m}$  de longitud de onda.

#### *Infrarrojos por transformada de Fourier.*

Para aumentar la sensibilidad de la espectrometría infrarroja se aplica la transformada de Fourier, que se trata de un algoritmo que permite la descomposición de una señal en componentes de frecuencias distintas y medibles, de forma que cuando se irradia a la molécula con cada frecuencia de luz infrarroja a la vez, se obtiene en minutos el espectro de absorción completo de la muestra para cada longitud de onda.

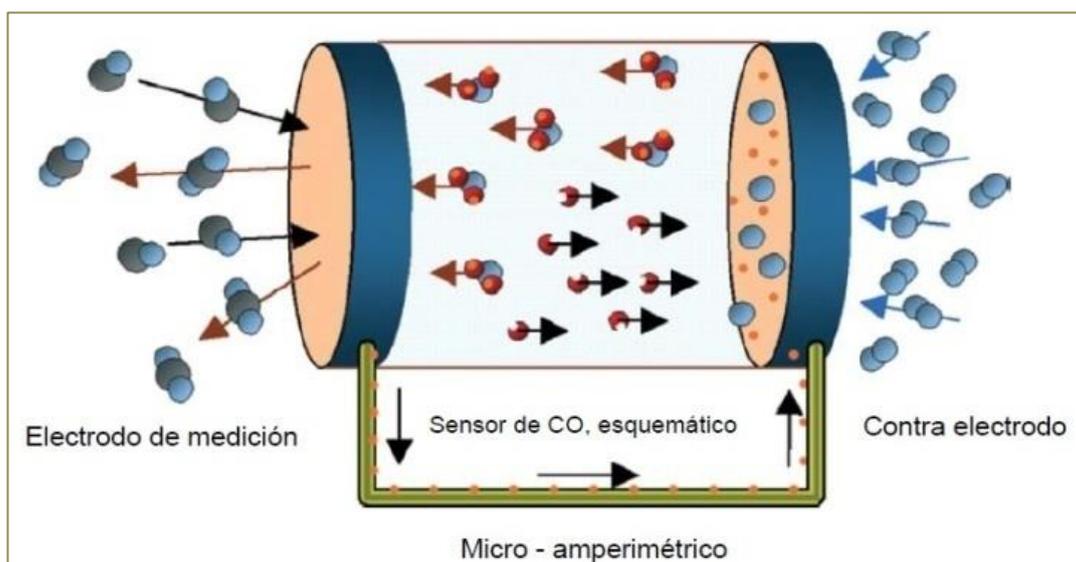
- **Espectrometría de masas.**

Se basa en la dispersión de un haz de iones positivos en un espectro de acuerdo a una relación de carga/masa de los iones. La ionización se puede conseguir por bombardeo de electrones o por ionización eléctrica. El haz de iones se colima y se acelera mediante un potencial eléctrico de intensidad variable y perpendicular a su trayectoria. La fuerza

desvía los iones en trayectorias curvas en función de la masa y de la carga de los iones. Los iones llegan al detector en orden a su relación carga/masa que es característica para cada sustancia.

- **Sensor electroquímico.**

Pequeños dispositivos que, debido a reacciones químicas que se producen en su interior, transforman la información cuantitativa obtenida en las mismas en unas señales medibles y audibles analíticamente.



Cuentan normalmente con un electrodo de trabajo (que detecta), un contra electrodo y generalmente otro electrodo de referencia. Estos se encuentran dentro de la carcasa del sensor y en contacto con un líquido electrolítico. El electrodo de trabajo está en la cara interna de una membrana de teflón que es porosa al gas, pero impermeable al líquido electrolítico.

## 2.8. EQUIPOS DE DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN.

Algunos detectores comerciales integran varias tecnologías con objeto de mejorar sus capacidades de detección y su fiabilidad. Actualmente los equipos más completos incorporan varias tecnologías y disponen de librerías de productos. Un ejemplo de combinación es el uso de cuatro tecnologías distintas que pueden actuar por separado o simultáneamente para la confirmación del resultado. El documento "Guía para la Selección de Equipo de Detección Química para Primeros Respondedores de Emergencia" desarrolla un estudio comparativo entre más de 200 equipos de identificación y detección. A continuación, presentamos algunos equipos usados por los servicios de emergencias en nuestro entorno.

| Equipo  | Tecnología  | Selectividad   | Estado de la sustancia | Sensibilidad                                 | Tª de trabajo | Fabricante        |
|---|-------------|--|------------------------|--|---------------|-------------------|
| <br>Tru DEFender         | FTIR        | Sustancias químicas desconocidas, explosivos, narcóticos, sustancias químicas industriales tóxicas y precursores | Sólidos y líquidos     | Resolución espectral 4 cm <sup>-1</sup>      | -20 a 40°C    | Thermo Scientific |
| <br>X-am 7000            | EC CAT      | Tóxicos industriales, atmósferas explosivas, deficiencia de oxígeno  | Gases o vapores        | Rango bajo ppm                               | -20 a 55°C    | Dräger            |
| <br>X.pid 9000          | PID         | Compuestos orgánicos volátiles (COV's)   | vapores                | Rango bajo de ppb                            | -10 a 35°C    | Dräger            |
| <br>ALTAIR 4X          | EC CAT      | Tóxicos industriales, atmósferas explosivas, deficiencia de oxígeno  | Gases o vapores        | Rango bajo ppm                               | -40 a 60°C    | MSA               |
| <br>First Defender RMX | RAMAN       | Agentes de guerra, tóxicos industriales, explosivos, narcóticos  | Sólido Líquido Mezclas | Resolución espectral 7 a 10 cm <sup>-1</sup> | -20 a 40°C    | Thermo Scientific |
| <br>MultiRae           | PID EC NDIR | Tóxicos industriales, compuestos orgánicos volátiles   | Gases o vapores        | Rango bajo ppm                               | -20 a 50°C    | Honeywell         |

|  |                     |  |                                |  |              |                 |
|--|---------------------|--|--------------------------------|--|--------------|-----------------|
| <br>APD 2000    | IMS                 | Agentes nerviosos, vesicantes y gas pimienta                                 | vapores                        | 4-5 ppb para agentes nerviosos y 200-300 ppb para vesicantes | -30 a 52°C   | Smith Detection |
| <br>SABRE 5000  | IMS                 | Agentes nerviosos y vesicantes, tóxicos industriales, explosivos, narcóticos | Vapores y trazas de partículas | Rango bajo de ngm para partículas y ppm para vapores         | 0 a 45°C     | Smith Detection |
| <br>LCD 3.3.    | IMS                 | Agentes nerviosos y vesicantes, tóxicos industriales, explosivos, narcóticos | Vapores y trazas de partículas | Rango bajo de ngm para partículas y ppm para vapores         | -31 a 54.5°C | Smith Detection |
| <br>Multi IMS | IMS                 | Agentes nerviosos, vesicantes y gas pimienta                                 | vapores                        | 4-5 ppb para agentes nerviosos y 200-300 ppb para vesicantes | -30 a 52°C   | Smith Detection |
| <br>AP4C      | Fotometría de llama | Agentes nerviosos, vesicantes y tóxicos industriales                         | Vapores                        | 10-20µg para agentes nerviosos y 400-600µg para vesicantes   | -31 a 55°C   | Proengin SA     |

La gran mayoría de detectores “convencionales” de gases que existen en muchos de los Servicios de bomberos son equipos portátiles donde el analizador detecta de forma segura gases y vapores combustibles, VOC, O<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S. Utilizan como detectores sensores electroquímicos, IR y de combustión catalítica; son de baja sensibilidad, alta exactitud y bajo envenenamiento por otros productos químicos presentes. A estos, es común que se les puede adaptar sondas para toma medidas a distancia. No detectan agentes químicos de guerra, sólo unos cuantos productos químicos. Usados habitualmente en cuerpos de bomberos. Ejemplos de estos equipos son Altair (MSA), X-am 7000 (Drager), MultiRae (Honeywell), etc.

Además de estos habituales detectores , existen otros de gran utilidad para los Servicios de emergencia que bien por su tecnología, librería de sustancias, combinación de tecnologías de detección en un mismo detector, etc. , pueden resultar muy útiles. Tal es el caso por ejemplo de GDA o el First Defender.

*Detector de gases Array (GDA)*

Es un instrumento de detección portátil que detecta gases y agentes químicos de guerra, emitiendo una señal de alerta en caso de existir algún riesgo. Se basa en la tecnología de sensor híbrido, lo que implica la incorporación de 4 sensores de gases. Dispone de una gran base de datos en la que se registran 33 gases diferentes y 10 agentes químicos. En caso de que el gas detectado coincida con alguno de esta base de datos, la sustancia se puede identificar y cuantificar. Utiliza cuatro sensores de diferentes tecnologías asignados a ocho canales:

- ✓ IMS. Espectrómetro de movilidad iónica
- ✓ MOS. Sensor de óxidos metálicos
- ✓ ECZ. Célula electroquímica
- ✓ PID. Detector de fotoionización

| Canal | Sensor | Tipo de sustancia   |
|-------|--------|---|
| A     | IMS    | principalmente amoniaco   |
| B     | IMS    | Compuestos halogenados, cianuros, ácidos                                  |
| C     | IMS    | Sustancias polares (electropositivas)                                     |
| D     | IMS    | Alcoholes, cetonas, terpenos, agentes nerviosos                           |
| E, F  | MOS    | Sustancias polares (electronegativas)                                     |
| G     | ECZ    | Ácidos, aldehidos, blister agents (irritante y dolor en la piel y mucosa) |
| H     | PID    | Gases oxidable, polar y nopolar   |



*Analizador e identificados de sustancias químicas GEMINI.*



Desarrollado por la empresa ThermoFisher, se trata de un equipo que combina la tecnología Raman y FTIR para la detección rápida de sustancias químicas, industriales, agentes de guerra químicos, explosivos o narcóticos. En realidad, este equipo está basado en mejoras sobre equipos anteriores de esta misma casa comercial, como son el First Defender con tecnología Raman y el TruDefender con tecnología FTIR. El hecho de poder combinar dos tecnologías en un mismo equipo sirve de prueba de confirmación para muchas muestras.

Dependiendo del tipo de respuesta que se esté buscando, se pueden establecer diferentes perfiles como son el de sustancias químicas, laboratorios clandestinos, explosivos, hazmat y narcóticos., existiendo una librería de sustancias preestablecida para cada uno de estos perfiles.

Mientras que la tecnología Raman permite realizar análisis no destructivos y sin contacto, en contenedores transparentes y traslúcidos sobre disoluciones acuosas, ignorando prácticamente el agua ya que su señal Raman es prácticamente nula. Esta tecnología también resulta buena en la identificación de polvos blancos o claros. Por otra parte, la tecnología FITR permite es muy eficaz en la identificación de sólidos y líquidos de diferente pigmentación y muestras fluorescentes.

El equipo muestra los resultados en base a un código de colores que no requieren una interpretación compleja por parte del bombero y que permite un rápido conocimiento de la amenaza o el riesgo al que se está expuesto.

La siguiente tabla muestra las técnicas de detección más comunes utilizadas para diversas sustancias tóxicas industriales.

| SUSTANCIA           | DETECCIÓN                 | SUSTANCIA                  | DETECCIÓN             | SUSTANCIA             | DETECCIÓN        |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Ácido acético       | T, CMS , EC               | Mercaptanos                | T, CMS , PID, EC      | Peróxido de hidrógeno | T, CMS , EC      |
| Acetona             | T, CMS , PID, EC          | Metano                     | T, Cat, IR            | Dióxido de azufre     | T, CMS , EC      |
| Benceno             | T, CMS , PID, Cat, IR     | Metanol                    | T, CMS , EC, Cat, IR  | Ácido fluorhídrico    | T, EC            |
| Amoniaco            | T, CMS , EC               | Monóxido de nitrógeno      | T, CMS , EC           | Tricloroetileno       | T, CMS ,PID      |
| Butadieno           | CMS , PID, Cat, EC        | Dióxido de nitrógeno       | T, CMS , EC           | Ácido cianhídrico     | T, CMS , EC      |
| Monóxido de carbono | T, CMS , EC               | Oxígeno                    | T, CMS , EC           | Tolueno               | T, CMS ,Cat, PID |
| Dióxido de carbono  | T, CMS , IR               | Percloroetileno            | T, CMS                | Ácido clorhídrico     | T, CMS , EC      |
| Cloro               | T, CMS , EC               | Fosfógeno                  | T, CMS , EC           | Hidrógeno             | T, Ex, EC        |
| Etanol              | T, CMS , EC, Cat, PID, IR | Hidrocarburos del petróleo | T, CMS , Cat, PID, IR | Cloruro de vinilo     | T, CMS , EC, PID |
| Óxido de Etileno    | T, EC, Cat                | Propano                    | T, CMS , Cat, IR      | Ácido sulfúrico       | T, CMS , EC, PID |

T= Tubos colorimétricos;

CMS= Sistema de medida con chips de Dräger;

Cat= Sensor catalítico

EC=Célula electroquímica;

PID=Detector de fotoionización;

IR= Infrarrojos;

Ex= Combustión catalítica.

# 3

## EQUIPOS Y TÉCNICAS DE DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS



### 3.1. INTRODUCCIÓN.

El riesgo biológico resulta especialmente complejo por diversos motivos, pero, de todos ellos, uno de los más destacados es sin duda su difícil detección. A diferencia del riesgo químico y radiológico, en este ámbito no existen detectores portátiles que, de una forma sencilla y rápida, nos detecten la presencia de un agente biológico. Este hecho provoca que, en la mayoría de los casos de contaminación biológica, la detección se produzca por encontrar síntomas determinados en las víctimas o pacientes. Además, es muy difícil obtener una alerta temprana y por tanto no es posible tomar unas medidas preventivas rápidas que impidan que los contagios aumenten.

Sobre el terreno, los equipos de reconocimiento apenas disponen de medios para poder detectar in situ, a que se están enfrentando y básicamente su capacidad de detección se limita al uso de muestreadores, y realizar una detección e identificación provisional con la muestra obtenida. Por este motivo, en este riesgo, las medidas de protección son si cabe aún más importantes que en el resto, ya que es en muchas ocasiones unas buenas medidas preventivas de protección, como por ejemplo la higiene y limpieza, son la mejor arma para combatirlo.

En el riesgo biológico, al igual que en el resto de los riesgos, es muy importante realizar una correcta zonificación de la zona contaminada, y debe hacerse lo antes posible. De este modo, se limitará el acceso de personal, permitiendo tan solo que se encuentren dentro de esta zona, los intervinientes y con el nivel de protección adecuado. Estos intervinientes deben obtener toda la información que puedan del escenario, marcando todas las evidencias y tomando todas las muestras que se consideren necesarias, para que posteriormente toda esa información pueda ser estudiada y evaluada, y así obtener respuestas de un escenario que inicialmente era completamente desconocido e incierto.

Tras estas labores iniciales de detección, reconocimiento y zonificación, es necesario realizar la identificación de todas las muestras tomadas. Esto puede hacerse bien en laboratorios, móviles o fijos, que dispongan de las técnicas adecuadas y la certificación que los acredite para realizar estos trabajos. La identificación de los agentes biológicos es sin duda la información más valiosa en la intervención, ya que en función del resultado obtenido se podrán tomar las decisiones adecuadas de las medidas a llevar a cabo, pues cada agente biológico tiene unas características que implican diferentes medidas.

En resumen, aunque la detección inicial es muy difícil por la falta de medios, si es posible una identificación temprana a través de laboratorios con los aparatos adecuados y por supuesto es fundamental que durante todo este proceso se realice una buena zonificación limitando el acceso exclusivamente al personal estrictamente necesario.

### 3.2. DETECCIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS.

Como se ha explicado en la introducción, la detección biológica es muy difícil, pues apenas existen aparatos que nos indiquen la presencia de un agente biológico. Estos aparatos son capaces de detectar la presencia de agentes biológicos en forma de aerosol, pero normalmente no nos identifican el tipo de agente que es. Un ejemplo de detector son los contadores de partículas de aerosol mediante detección de su fluorescencia ultra violeta, lo cual permite además de caracterizar el tamaño de las partículas, discernir entre aerosoles biológicos de los que no lo son.

Por supuesto, en un escenario donde puede haber una amenaza biológica, debemos estudiar con detalle las evidencias existentes, que nos podrán indicar si se está utilizando material y productos relacionados con agentes biológicos, como pueden ser material de laboratorio o medios de cultivo para microorganismos. El uso de este tipo de agentes está muy restringido a determinados sectores y se requiere unos aparatos y un material muy específico para su manipulación. Por tanto, como hemos indicado una evidencia importante de la posible presencia de un agente biológico va a ser el entorno en el que nos encontremos.

Los agentes biológicos son microorganismos vivos y por tanto tienen unas características específicas que los caracterizan y que serán las que intentaremos detectar para poder tomar las medidas de protección adecuadas.

Para que un detector pueda cumplir su función debe tener una serie de características:

- **Selectividad:** Es la habilidad que tiene un sistema de detección para discriminar entre los agentes de guerra biológica, de otros agentes biológicos y no biológicos, presentes de manera natural en el medioambiente.
- **Sensibilidad:** Define la cantidad mínima de agente a partir de la cual puede ser detectado. Las interferencias causan la disminución de la sensibilidad, porque el sistema necesita más agente para poder distinguirlo de los interferentes.
- **Eficacia:** Viene dada por las dos características anteriores, selectividad y sensibilidad, de forma que cuanto mayor sea la sensibilidad y la selectividad del equipo, mayor será su eficacia.
- **Especificidad:** Es la probabilidad de detectar la presencia de un agente de guerra biológico cuando este no se encuentra en la muestra recogida. Por tanto, la especificidad nos da los falsos positivos.
- **Seguridad/ Confianza:** La seguridad viene determinada por el valor predictivo de un resultado positivo o negativo. Es decir, se trata del grado de seguridad con que se predecirá la presencia o ausencia de un agente, y ante un resultado positivo, la probabilidad que existe de que este resultado indique presencia del agente, y por tanto que no se trate de un falso positivo.

### 3.2.1. Niveles y tipos de detección.

Cuando nos enfrentamos a un posible incidente biológico, hay una serie de medidas que son de vital importancia realizar. En primer lugar, no cabe duda de que hemos de tomar las medidas de protección necesarias, tanto colectivas como individuales, para poder evitar la contaminación en caso de que finalmente quede confirmada la existencia de algún agente biológico en la zona afectada. Además, es necesario confirmar la existencia del agente biológico para poder tomar las decisiones adecuadas con el fin de subsanar el problema.

Para tal hecho es necesario realizar la detección de dichos agentes, lo cual se puede realizar de diferentes formas y con aparatos de diferentes tecnologías. Por tanto, este tipo de acciones solamente podrán ser ejecutadas por unidades especializadas en NRBQ, ya que dispondrán de los medios necesarios y del personal formado e instruido para poder llevar a cabo esta labor. Estos especialistas pueden utilizar diferentes tipos de detectores e identificadores, que puedan confirmar la presencia del agente, y además pueden realizar toma de muestras, para que posteriormente puedan ser analizadas e identificadas en un laboratorio y de este modo se puedan confirmar y contrastar los datos provisionales obtenidos sobre el terreno. Por tanto, debemos conocer que existen diferentes niveles de detección:

- Detección provisional: Aquella en la que se obtiene una respuesta positiva con una única tecnología.
- Detección confirmada: Requiere la respuesta positiva por dos tecnologías diferentes.

Normalmente, la detección se realizará con equipos portátiles o montados sobre vehículos y estos detectores normalmente cuando detectan la presencia de partículas, activan un muestreador que recogerá estas para su posterior identificación. La variedad de detectores es bastante limitada en comparación a otros riesgos, y las tecnologías que utilizan igualmente. Las tecnologías más usadas por los detectores son las siguientes:

- a. Luminiscencia:
  - Fluorescencia. Detecta el espectro de emisión de la molécula cuando es irradiada por luz ultravioleta.
  - Quimioluminiscencia. Emisión de radiación electromagnética, ultravioleta o visible, que se observa cuando una sustancia electrónicamente excitada, vuelve a su estado fundamental.
  - Bioluminiscencia. Consiste en la detección de la presencia de Adenosín Trifosfato (ATP), ya que es el compuesto que almacena la energía en las células vivas.

- b. Fotometría de llama. Esta tecnología se basa en la búsqueda de fósforo en la sustancia, ya que es un componente del material biológico.

Los detectores están formados por varios elementos que permiten cumplir su función:

- Trigger.
- Colector.
- Detector.

El primero de ellos es el trigger,, emiten una alarma cuando se supera un nivel de partículas marcado como fondo ambiental, lo que nos indica que existe en el ambiente algunas partículas que en condiciones normales no deberían estar. Este elemento utiliza las siguientes tecnologías:

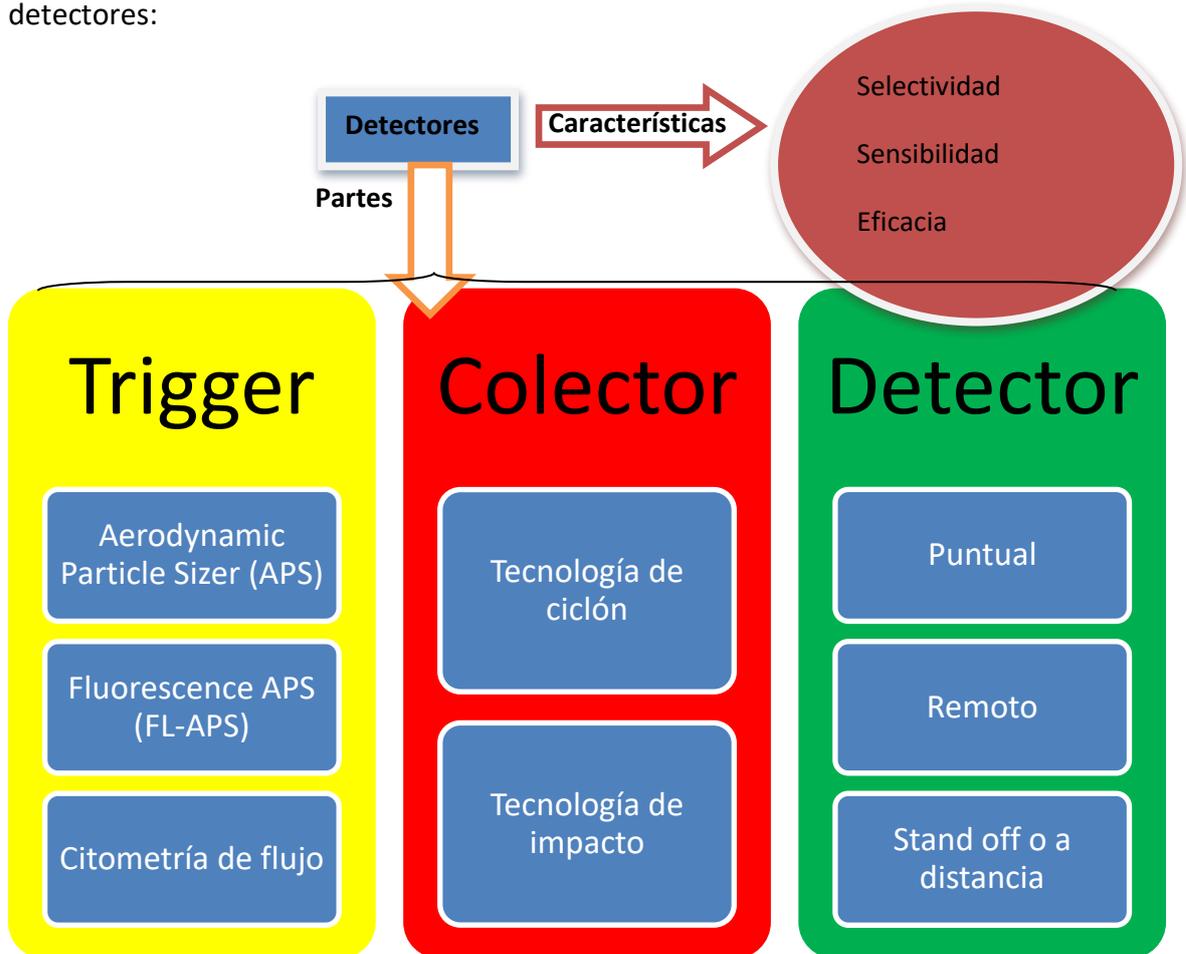
- APS (Aerodynamic Particle Sizer). Consiste en hacer pasar el aire con las partículas a través de una boquilla. Las partículas adquieren mayor o menor velocidad en función de su tamaño, con lo cual se puede hacer una caracterización de las mismas y comprobar si el flujo de partículas ha variado respecto al del fondo ambiental de la zona.
- FL-APS (Fluorescence Aerodynamic Particle Sizer). Con esta tecnología además de determinar el tamaño de las partículas, se puede conocer la fluorescencia de estas, y por tanto discriminar entre partículas biológicas de las que no lo son.
- Citometría de flujo. Es una tecnología optoelectrónica, que utiliza un haz de luz láser para caracterizar las partículas por sus características antigénicas y por las morfológicas.

Los detectores requieren de un sistema que recoja la sustancia aerosolizada del ambiente, para que después con las tecnologías anteriormente explicadas, podamos detectar la presencia de agentes biológicos. Las tecnologías que utilizan estos colectores son:

- Tecnología de ciclón. Son dispositivos que recogen partículas de flujos de aire utilizando la fuerza centrífuga, recogiendo las mismas en un depósito. Las partículas más pequeñas siguen la espiral con el aire y se llegan al depósito, las partículas grandes quedan adheridas a las paredes y son arrastradas posteriormente con agua pulverizada.

- Tecnología de impacto. Están formados por un sistema de placas múltiples con orificios de distinto diámetro. A través de un flujo de aire, las partículas que interesan van pasando por los orificios hasta llegar a un depósito, donde quedarán por tanto recogidas todas las partículas para su posterior análisis e identificación.

A continuación, vamos a desarrollar un resumen de los tipos y tecnologías de los detectores:



### 3.2.2. Ejemplos de muestreadores/ detectores.

Como hemos podido ver en la clasificación anterior, tenemos diferentes tipos de detectores que pueden ser operados a diferente distancia de la zona contaminada. Por tanto, según la finalidad para la que vaya a ser usado el detector, tendrá unas características u otras. Pero todos ellos tienen el mismo objetivo, detectar la presencia de agentes biológicos, para poder dar la alarma correspondiente y tomar las medidas de protección y seguridad pertinentes.

- XMX-2AL-MIL. Es un equipo fijo, con tecnología de impacto, permite recoger grandes volúmenes de aerosoles y los deposita en un vial con agua destilada o buffer salino, o en un filtro seco donde se depositan las partículas y posteriormente es diluido en agua para su análisis.



- BIOCAPTURE 650. Es un muestreador portátil de tecnología de impacto rotacional, que recoge partículas biológicas, incluyendo bacterias, partículas virales y toxinas, concentrándolas en una solución tampón. La muestra queda recogida en un vial que puede ser retirado para su posterior análisis. Es un aparato muy sencillo de usar y su uso está muy extendido entre los equipos de reconocimiento NRBQ . Dispone de un alojamiento para introducir una Biological Threat Agents (BTA) y por tanto se puede realizar la identificación del patógeno recogida *in situ*. Realiza el muestreo en un tiempo seleccionable entre 5, 10, 30 y 60 minutos, por lo que muy rápidamente podemos obtener resultados.



- SASS 2300: Muestreador ciclónico de pared húmeda multi-estado que extrae las partículas y los vapores químicos solubles en agua y los transfiere a una fase líquida en un vial, para su posterior análisis. Puede utilizarse en modo local o remoto.



- SASS 3100. Es un muestreador portátil de tecnología de filtro seco de alta eficacia, con un microprocesador que controla la velocidad de aspiración. Puede ser controlado de forma remota.



- SPICON 45010<sup>a</sup>. Es un muestreador portátil con tecnología de ciclón de pared mojada, con alta eficiencia recoge las partículas en un medio líquido para ser analizado posteriormente.

- BAWS. Equipo diseñado para dar una alerta temprana en tiempo real, permite monitorizar perímetros de áreas a través de una red integrada de detectores. Utiliza la tecnología de citometría de flujo complementada con un micro láser, lo que permite discriminar partículas biológicas del resto, evitando falsos positivos.

- PRIME ALERT. Kit de detección portátil, utilizado como sistema de alarma, permite la verificación de la presencia de bacterias, virus, esporas y toxinas. Utiliza una tecnología de fluorescencia, determinando la presencia de agentes patógenos en muestras sólidas mediante la tinción de su ADN. Para toxinas emplea técnicas de inmunoensayo.



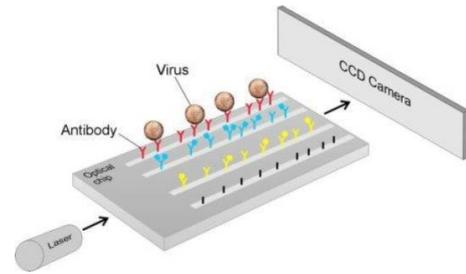
- AIRSENTINEL 1000B. Equipo de detección fijo, que permite la detección de variación de nivel de concentración de partículas biológicas en el ambiente. Utiliza la tecnología de fluorescencia UV y lleva integrado un impactador rotacional.



- MAB. Monitor portátil de tecnología de fotometría de llama, que analiza el espectro de luz de las partículas del ambiente. Puede ser controlado remotamente.



- **SMART BIOSENSOR.** Sistema portátil de detección por fluorescencia y reconocimiento de patrones. Es capaz de clasificar en bacterias, esporas, toxinas y virus.



- **VEROTEC.** Sistema de detección portátil, que discrimina agentes biológicos de guerra del resto de partículas biológicas. Combina la tecnología de caracterización de la forma y tamaño del aerosol (ASAS) con una caracterización genérica por fluorescencia inducida por láser (LIF).



- **SENSITIVE MEMBRANE ANTIGEN RAPID TEST (SMART).** Es un kit personal de detección rápida provisional, que utiliza la tecnología de inmunoensayo, indicando la presencia de agentes por un cambio de color. Permite la detección de ántrax, cólera, tularemia, peste, toxina botulínica, ricina y enterotoxina B estafilocócica.

### 3.3. IDENTIFICACIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS.

Hasta ahora hemos desarrollado y hablado de sistemas de detección, los cuales nos alertan de la posible presencia de agentes biológicos en el ambiente. Algunos de estos sistemas de detección, nos proporcionan también una identificación provisional con diferentes tecnologías, y ayudan en gran medida a la gestión del incidente biológico. Estas identificaciones provisionales están limitadas a un pequeño número de agentes, que suelen ser los más habituales, pero no es posible la identificación de cualquier agente biológico con ellos. La mayoría de los muestreadores, nos permiten extraer el vial donde se recoge la muestra y de este modo, mediante la extracción de parte de la misma, podemos realizar test de identificación provisional como las BTA's. Estas identificaciones provisionales en campo son de gran valor, pero deben ser refrendadas por una identificación posterior en un laboratorio. En estos laboratorios ya podemos hablar de identificaciones confirmadas e inequívocas, las cuales nos permitirán saber a ciencia cierta, cual es el agente al que nos enfrentamos. De este modo, además de tomar las medidas de protección, podremos conocer el tratamiento que hay que seguir para poder enfrentarse al agente identificado.

En cualquier incidente biológico, debe haber al menos un laboratorio que analice las muestras tomadas por los equipos de reconocimiento. Y los resultados de estas muestras deben conocerse en un tiempo lo más rápido posible, para poder actuar eficazmente en el incidente. Para poder cumplir este objetivo, existe una red de alerta de laboratorios biológica (RELAB), que permite disponer de estos laboratorios cuando ocurra un incidente de esta índole.

Para poder realizar una identificación en un laboratorio, es necesario que se realicen unos trabajos previos y deben realizarse siguiendo los procedimientos establecidos. Los equipos de toma de muestras deben seguir lo marcado en el procedimiento para no contaminar la muestra y deben rellenar la documentación pertinente para que las muestras estén perfectamente marcadas y no se rompa en ningún momento la cadena de custodia. De este modo, se podrá garantizar y certificar que los resultados obtenidos son correctos.

### 3.3.1. Niveles y tipos de identificación.

En primer lugar, debemos conocer los diferentes niveles de identificación que podemos tener:

- **Identificación provisional.** Se debe obtener resultado positivo en una de las siguientes técnicas, inmunológica, genética/ molecular y bioquímica/ estructural. Es la identificación realizada por los equipos de reconocimiento NRBQ, con sus medios portátiles. Esta identificación debe ser refrendada por un posterior análisis en un laboratorio, pero es de gran ayuda en la zona afectada para poder ir tomando las medidas de protección oportunas y realizar una correcta zonificación.
- **Identificación confirmada.** Se debe obtener un resultado positivo con dos técnicas diferentes, inmunológica, genética/ molecular y bioquímica/ estructural. Su finalidad es minimizar los posibles falsos positivos de los equipos de reconocimiento NRBQ, confirmando su identificación provisional en campo. Esta identificación se realiza en laboratorios desplegables o fijos, donde utilizan tecnologías de gran fiabilidad y siguen los procedimientos reglamentados para el análisis de agentes biológicos.
- **Identificación acreditada o inequívoca.** Se obtiene cuando hay un resultado positivo en las tres técnicas y una inoculación experimental. En este nivel de identificación se pretende demostrar con absoluta certeza la presencia de agentes biológicos. Todo el proceso debe ser muy escrupuloso, desde la toma de muestras, hasta su traslado y posterior análisis en el laboratorio. En todo momento se deben seguir los procedimientos marcados, que certifiquen la calidad e inviolabilidad de las muestras recogidas. Y se identificarán con al menos dos tecnologías diferentes que deben dar resultados positivos. Este tipo de identificación se suele utilizar en acciones de gran relevancia, donde haya que demostrar con certeza la culpabilidad o no de un hecho, que tendrá por tanto consecuencias legales.

### 3.4. MÉTODOS DE DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS.



El esquema expuesto resume el procedimiento a seguir para poder enfrentarnos a la detección, muestreo y posterior identificación de un agente biológico.

Como ha quedado reflejado en el texto, la detección biológica es la más compleja de todos los riesgos NRBQ, y casi con toda seguridad el equipo de primera intervención que llegue al incidente en primer lugar no va a disponer de medios para poder realizar este trabajo. Por este motivo, lo que debe hacer este equipo de intervención es limitarse a zonificar la zona afectada e intentar identificar de forma visual todos los indicios posibles, además de avisar a un equipo especialista NRBQ. Es muy importante realizar una correcta zonificación de la zona contaminada y debe hacerse lo antes posible. De este modo, se limitará el acceso de personal, permitiendo tan solo que se encuentren dentro de esta zona, los intervinientes con misiones necesarias y con el nivel de protección adecuado.

Cuando llegue un equipo con medios específicos de detección biológica, podrá realizar varias tareas, pero será fundamental que realice un muestreo en el escenario del riesgo, para que posteriormente esta muestra pueda ser analizada en un laboratorio y se

obtenga una identificación confirmada. En cualquier caso, se puede realizar una detección provisional in situ con algunos medios. Por ejemplo, una prueba rápida de proteína nos puede permitir una primera valoración de un incidente.

Pero realmente la identificación biológica no suele realizarse en campo ya que los medios portátiles apenas existen y esta labor la realizan los laboratorios de referencia de la RELAB, tras el muestreo realizado por los equipos de reconocimiento. Para poder realizar una identificación en un laboratorio, es necesario que se realicen unos trabajos previos y deben realizarse siguiendo los procedimientos establecidos. Los equipos de toma de muestras deben seguir lo marcado en el procedimiento para no contaminar la muestra y deben rellenar la documentación pertinente para que las muestras estén perfectamente marcadas y no se rompa en ningún momento la cadena de custodia. De este modo, se podrá garantizar y certificar que los resultados obtenidos son correctos. Los laboratorios que analizan estas muestras y nos proporcionan la identificación del agente, pueden ser móviles o fijos, y utilizarán las tecnologías que sean necesarias para una correcta identificación.

### **Sistemas de identificación móviles**

- Los sistemas móviles de identificación biológica que operan en o cerca de áreas problemáticas, tienen la capacidad de proporcionar en un tiempo oportuno, a cualquier nivel jerárquico, información cualitativa de la situación en el área objetivo. Con el uso de adecuados sistemas móviles junto con equipos de técnicos entrenados se obtiene un análisis inmediato sobre el terreno para determinar la presencia de un posible agente de guerra biológica conocido, sino que también puede proporcionar información acerca de la presencia de agentes biológicos no identificados. Adicionalmente, tales análisis permiten hacer ya una preselección de las muestras, y, por tanto, reducir el trabajo en los laboratorios base, donde existen los equipamientos para una identificación precisa del agente biológico. Hay una verdadera necesidad de hacer una identificación precisa siempre que se trate de un "primer uso".
- El laboratorio móvil puede tener la capacidad para una identificación cualitativa, pero puede no tener la capacidad para llevar a cabo análisis cuantitativos. La capacidad de análisis cuantitativo es esencial para algunos tipos de muestras, puesto que algunos agentes biológicos pueden ser endémicos en algunas áreas y las tasas de agentes microbianos son críticas para verificar si el ataque ha ocurrido o no. Las muestras han de ser transportadas a un laboratorio para el análisis cuantitativo por si el laboratorio móvil no tiene esa capacidad.

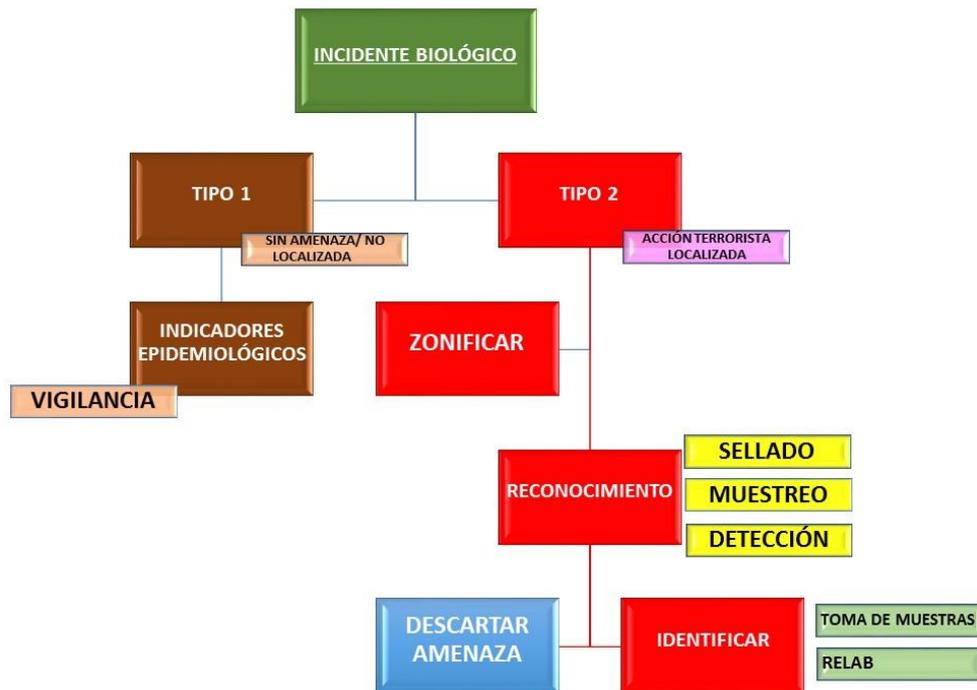
- La movilidad se gana a costa de perder en el número y en la elección de los métodos de análisis disponibles. Sin embargo, estas pérdidas se compensan por el corto espacio de tiempo que transcurre entre la recogida y el análisis de las muestras, lo cual reduce la posibilidad de perder muestras por deterioro, y la disponibilidad de información obtenida sobre el terreno acerca de la naturaleza del ataque.
- Hay solamente un pequeño potencial de sistemas de identificación móviles que podrían ser incorporados al concepto SIBCA y ser aplicados de acuerdo a la particular política de la situación táctica. Otros sistemas, usando en mayor o menor medida instrumentación analítica, son solamente transportables y han sido desarrollados para propósitos civiles y militares.

#### **Sistemas de identificación fijos**

- Los sistemas fijos de identificación biológica que operan en laboratorios fijos que están dentro de la RELAB y tienen la capacidad de proporcionar en un tiempo oportuno la identificación del agente.
- Disponen de equipos mucho más completos y complejos, ya que cuentan con unas instalaciones mucho mejores y mayor cantidad de personal, pero en cualquier caso emplean las mismas tecnologías para el análisis de la muestra.
- Para llevar a cabo una identificación de agentes biológicos de manera confirmada usarán dos tecnologías diferentes y contrastadas,

#### **3.4.1. Detección biológica**

Los incidentes biológicos son uno de los riesgos más complicados con los que se ha de tratar, tanto por el desconocimiento y alarma en la sociedad, implicación de más actores (servicios médicos, veterinarios, laboratorios, etc.), dificultad en su detección, y posible extensión del incidente, tanto en el tiempo como en superficie afectada. El reconocimiento constituye un elemento esencial para detectar, descartar en su caso, hacer seguimiento y zonificar un incidente de este tipo. Todo miembro del equipo necesita tener un conocimiento mínimo para poder formar parte de un equipo de reconocimiento biológico y poder realizar el mismo.



Los sistemas de detección de aerosoles biológicos requieren de una sensibilidad elevada, puesto que en muchos casos la infección se produce a dosis bajas, y una gran especificidad, consecuencia de la gran variedad de fondo biológico presente en el medioambiente. Estos requisitos obligan al uso de sistemas complejos compuestos de varias subunidades o elementos que permitan de forma eficaz una recogida y una concentración de la muestra y una detección e identificación con elevadas especificidad y sensibilidad.

- **APS (Aerodynamic Particle Sizer):** Se trata de una tecnología empleada que permite la obtención del promedio del número de partículas en unos rangos específicos de tamaño.
- **FPS (Fluorescence Particle Sizer):** Es un ejemplo de tecnología, que combina la tecnología APS con tecnología de fluorescencia. Se trata de una APS modificado que además de determinar el tamaño aerodinámico de las partículas, incluye un láser adicional (azul o UV) para detectar la fluorescencia intrínseca de las partículas biológicas. La principal diferencia entre un FPS y un APS, es que el primero tiene la habilidad de discriminar entre aerosoles biológicos de los no biológicos.

Un ejemplo de estos detectores son el TACBIO vehicular, y el HANDHELD 3016.



### *Muestreadores*

Son equipos que nos van a permitir tomar una muestra de aire bien en un filtro, o en un medio líquido. Utilizaremos estas muestras para una posible identificación in situ, con los medios que veremos más adelante, o bien para enviarlos como muestra a un laboratorio, donde podrán realizar la identificación del agente.

Las tecnologías que se están incorporando en los equipos actuales son principalmente ciclones e impactadores virtuales.

- **Tecnología del ciclón:** Un ciclón es un dispositivo de inercia comúnmente utilizado en aplicaciones industriales para recoger partículas de flujos de aire. Los ciclones son equipos sin partes móviles que utilizan la fuerza centrífuga para separar las partículas de una corriente gaseosa.
- **Tecnología de impacto:** Un impactador convencional generalmente está constituido de múltiples placas, cada una de las cuales contiene una serie de orificios o aperturas con un diámetro distinto. Funciona recogiendo una corriente de aire cargada de partículas y dirigiéndolas, a través de un inyector, a la placa de impacto que se encuentra a una distancia fija de éste. Las partículas más grandes no pueden seguir las líneas aerodinámicas del fluido debido a su elevada inercia, pero sí lo hacen las de menor tamaño, que salen del muestreador y son recogidas en un tubo, en una placa Petri, etc., para una detección y una identificación posteriores.

Un ejemplo de estos muestreadores son el BIOCAPTURE 650, el SASS2300, y el SASS3100.

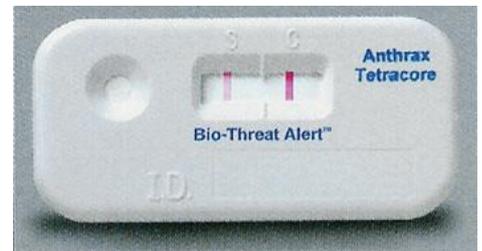


### 3.4.2. Identificación Biológica.

Durante el reconocimiento trataremos de descartar una amenaza (polvos blancos) o tratar de identificar el agente para poder dar esa información lo más rápido posible, de manera que se puedan adoptar las medidas adecuadas.

Para ello, disponemos de medios que nos van a permitir diferenciar polvos inertes de un agente biológico. Hay test como BIOCHECK o PRIME ALERT, que mediante una prueba rápida de proteína nos puede permitir una primera valoración de un incidente.

Para identificar in situ los agentes podemos disponer de un sistema de fácil utilización para la identificación rápida e in situ de muestras biológicas desconocidas, basado en la técnica de la inmuno-cromatografía. Estas pruebas, permiten la identificación de agentes a partir de una muestra sólida o de una muestra líquida (de los muestreadores, por ejemplo)..



# 4

## EQUIPOS Y TÉCNICAS DE DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES RADIOLÓGICOS



#### 4.1. OBJETO .

El objeto de la presente capítulo de detección radiológica es orientar e informar a aquellos servicios de bomberos o de primera respuesta en general que, una vez que tengan perfectamente formado y entrenado a su personal en la primera respuesta que se puede y se debe realizar aún en ausencia de equipos de detección, decidan por las circunstancias que sean, bien incorporar equipos de detección a la primera respuesta (si lo tiene alguien en un cajón con llave y hay que localizarle y avisarle NO es primera respuesta) o bien adentrarse en la segunda respuesta y formar a personal específico en la utilización, comprensión y manejo de equipos de detección radiológica, nuestra eterna cuestión de realismo en cualquier servicio de emergencia a la hora de asumir responsabilidades y mantenerlas en el tiempo.

Esta capítulo es una ampliación de la información publicada en el año 2018 “Propuestas Operativas con presencia de material radiactivo” (se da por leída al llegar a este guía de detección) en la que ya se presentaba y explicaba toda la estrategia de Intervención en fases, terminología, conceptos ,etc. así como la entrada en acción de estos equipos en aquellos casos en los que se cuente con ellos, y mucho más importante aún, siendo repetitivo y con toda la intención, se cuente con personal entrenado y capacitado para su correcta lectura, interpretación y comprensión de la valiosa información que nos puede aportar un detector.

La detección radiológica y los equipos de detección tienen un campo ilimitado de interpretación y comprensión incluso para verdaderos especialistas como ingenieros nucleares y radio físicos, por lo que la prudencia ha de ser una de nuestras premisas a la hora de adentrarnos en este mundo de radiaciones que, aunque se presente de una manera “sencilla” en estos manuales, pertenece al mundo científico.

El uso de estos equipos en servicios de emergencia es una simplificación de lo complejo que puede llegar a ser la radiación en ciertos casos, ya que no debemos olvidar que ni todos los equipos miden todas las radiaciones, ni todos están listos para los diferentes niveles de energías que emite el material radiactivo, ni en todos los casos vamos a contar en un servicio de emergencia con el detector más apropiado según el escenario, por lo que hay que reincidir también en la prudencia en su uso y en la solicitud de ayuda de verdaderos especialistas y la notificación y evaluación del CSN<sup>11</sup> desde el primer momento, especialmente en aquellos en los que no sepamos a que nos estamos enfrentando.

No vamos a dejar de mencionar tampoco la idoneidad de contar con personal entrenado en emergencias capaz de manejar estos equipos. Pensar que alguien que jamás se ha enfrentado a una emergencia y que no está, ni mental ni físicamente, preparado para la misma va a poder realizarlo un día cualquiera, es igualmente imprudente y puede

---

<sup>11</sup> Consejo de Seguridad Nuclear

generar un vacío importante en estas responsabilidades a la hora de la verdad. Una vez más, el equilibrio entre técnicos y servicios de emergencia es fundamental, por lo que ha de practicarse y fomentarse.

Ni que decir tiene, que nadie pretenda convertirse en un especialista en detección radiológica solamente por la lectura de esta guía, no es ni su objetivo ni contiene de lejos ese tipo de información, sólo con la buena información y una formación impartida por especialistas en equipos de detección y la práctica constante se puede obtener personal capacitado para el manejo de estos equipos, no sólo en el mundo radiológico si no también en las otras dos siglas B y Q que acompañan en esta guía.

## 4.2. INTRODUCCIÓN .

En este primer apartado vamos a explicar la parte más técnica y científica de los equipos de detección, insistiendo desde el principio en la complejidad de esta ciencia y lo prudentes que han de ser los servicios de emergencia en la utilización y comprensión de estos equipos.

Vamos a intentar realizar con todo el respeto de la parte científica y sin incluir demasiada terminología, que, si bien es necesaria para operadores especializados en estos equipos y han de obtener en las formaciones pertinentes, la simplificación que consideramos necesaria para hacer llegar al operativo lo necesario e imprescindible, y sobre todo las carencias que se pueden presentar especialmente en ciertas situaciones.

La mayoría de los detectores de radiación presentan un comportamiento similar:

1. La radiación entra en el detector e interaccionan con los átomos de éste.
2. A partir de aquí se aprovechan los diversos efectos que produce la radiación en la materia.
3. Estos efectos son: ionización de gases, excitación de luminiscencia y disociación de la materia
4. El efecto final es la aparición de información en la pantalla que puede alcanzar una variada información, la mera llegada de radiación ionizante, el tipo de partícula, su energía, etc.
5. En general se suelen distinguir entre **detectores**, contadores de partículas o fotones que alcanzan el dispositivo y **espectrómetros**, donde además de la presencia que da el detector, se mide la energía de la radiación incidente y se puede conocer el “nombre” de la fuente radiactiva.

Dentro de este esquema tan simple, encontramos diferentes tipos de detectores y espectrómetros, con diferentes tecnologías y diferentes tipos de radiación para los que son preferentemente utilizados.

No olvidemos que las radiaciones y partículas que buscamos emiten en diferentes niveles de energías, con diferentes distancias de alcance y que los equipos cuentan con características intrínsecas como tiempo de respuesta, tiempo de resolución y de recuperación, eficiencia energética, sensibilidad, etc. que también influyen en sus características y elección apropiada.

### 4.3. TIPOS DE DETECTORES.

#### 4.3.1. DETECTORES GASEOSOS

Los detectores gaseosos se basan en la recolección directa de la ionización producida por una partícula al atravesar un gas encerrado entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial.

Los hay de tres tipos:

- *Cámara de ionización.* Es el más sencillo de este tipo. Se considera un condensador plano paralelo en el que la región entre los planos está rellena de un gas, usualmente aire. Son utilizados preferentemente para la detección de rayos X, gamma y beta. Para detección alfa, la fuente debe situarse en el interior de la cámara.
- *Contador proporcional.* Funcionan acelerando los electrones aumentando el voltaje y por tanto produciendo nuevas ionizaciones. Utilizan un gas llamado *P-10* que consiste en 90% argón 10% metano. Es utilizado frecuentemente en el monitoreo de contaminaciones superficiales con radiación alfa o beta.
- *Geiger-Müller.* Elevando aún más la tensión de polarización, los impulsos alcanzan la zona Geiger y activan directamente sistemas electrónicos de registro, lo que abarata la cadena electrónica. Son equipos muy sensibles, lentos de operación, pero ideales para medir niveles de radiación bajos, no suministrando en ningún caso la naturaleza o energía de las partículas detectadas. Se usan preferentemente para detección de radiación gamma o partículas beta, aunque en sus principios solo detectaba alfa.

#### 4.3.2. DETECTORES DE CENTELLEO

La interacción de la radiación ionizante en medios materiales tiene como consecuencia una absorción parcial o total de su energía por el medio. Dicha energía cedida origina principalmente procesos de excitación e ionización, siendo degradada a calor en la mayoría de las sustancias. Sin embargo, ciertos compuestos cristalinos (materiales luminiscentes) tienen la propiedad de que una parte de la energía absorbida la emiten en forma de luz visible o ultravioleta. Esta propiedad permite este tipo de sistema de detección, son los llamados detectores de centelleo, formados por una sustancia luminiscente y un fotomultiplicador, que convierte los destellos luminosos en impulsos

eléctricos y mide la luz emitida por la sustancia luminiscente. Este detector es capaz de funcionar como espectrómetro, con la ventaja adicional de tener un alto rendimiento de detección y un tiempo de resolución corto.

Hay dos tipos básicos de detectores de centelleo:

- Materiales orgánicos. Suelen ser líquidos o sólidos.
- Materiales inorgánicos El más conocido el NaI (yoduro sodio), algunos espectrómetros.

#### 4.3.3. DETECTORES SEMICONDUCTORES

Este tipo de detectores son los más sensibles a la radiación y como consecuencia también los más delicados. La detección se realiza por medio de un material semiconductor a base de germanio o silicio.

Hoy en día existen diferentes clases de detectores semiconductores como los de barrera superficial, de silicio-litio y los de germanio de muy alta pureza (HpGe)

Existe una variedad de semiconductor con Dewar que cuenta con un sistema de refrigeración a través de un criostato denominado Dewar (recipiente con doble pared aislado al vacío) en el cual se deposita nitrógeno líquido permitiendo mantener una temperatura en el interior de  $-190^{\circ}\text{C}$ .

## 4.4. CONCEPTOS OPERATIVOS EN LA DETECCIÓN RADIOLÓGICA

Es importante también conocer en ciertos conceptos que son utilizados como idioma en las Intervenciones con presencia de material Radiactivo, aun pudiendo ser repetitivos y estar en la guía operativa sobre “*intervenciones para personal de emergencia en presencia de material radiactivo*”, vamos a recordarlas por aparecer algunas en esta guía de nuevo.

#### 4.4.1. Rangos de energía con los que se emiten estas radiaciones.

Cada detector suele tener en la descripción de sus características el rango de energías en el que trabaja su detector. Algo muy importante.

Recordemos que las ondas electromagnéticas, dependiendo de su frecuencia, emiten una energía que se expresa en KeV, MeV o GeV. Al final cada elemento radiactivo emite con un rango de energía característico y propio, y eso permite en algunos casos la espectrometría.

#### 4.4.2. Fondo ambiental o radiación de fondo.

Es la radiación que, de manera natural, hay en el medio. El origen de la radiación natural se debe a la radiación cósmica, al gas radón que hay en la atmósfera, a los rayos gamma procedentes de elementos químicos que haya en la naturaleza, pero significa una conclusión importantísima de cara a la operatividad y es que siempre que encendamos un equipo de radiación tiene que medir algo, y son los primeros niveles que estableceremos, para saber desde donde comenzamos a medir.

El valor de esta radiación de fondo oscila entre los 0,08 y 0,30  $\mu\text{SV/h}$  (aproximadamente), sabiendo que nunca ha de estar por encima de 0,50  $\mu\text{SV/h}$  como criterio operativo. Si supera en algo esta medida podemos empezar a pensar que hay presencia de radiación que no es natural, por lo que en muchas ocasiones si lo que queremos es simplemente verificar si hay, o no, presencia de radiación, no es necesario llegar a niveles mucho más elevados. Se puede considerar si llegamos a 1  $\mu\text{SV/h}$  que hay presencia de radiaciones que, en condiciones normales, NO deberían estar ahí. Otra cosa es identificar de dónde vienen.

El considerar el fondo ambiental es *fundamental* en el trabajo con los equipos de medición. Lo ideal para cualquier establecimiento de zonas es intentar permanecer *siempre* lo más cerca posible del nivel de la radiación de fondo. Son muchas las ventajas de trabajar de esta manera, además de cumplir los principios básicos de protección radiológica como es la justificación, la optimización y la limitación (ALARA) no acercando más que lo necesario a los Intervinientes para realizar las acciones que se precisen.

Muchos países como Francia, EE. UU. o Suiza utilizan una medida de referencia para esta *zona caliente*, 2,5  $\mu\text{SV/h}$ . Una medida muy baja y ajustada que nos permite trabajar con seguridad y calidad con los equipos de medición sin exponerlos (ni a las personas) más de lo necesario hasta que sea imprescindible, teniendo en cuenta que también se pueden llegar a saturar y dar lecturas erróneas, pudiendo permanecer personal en este espacio sin acumular a penas dosis.

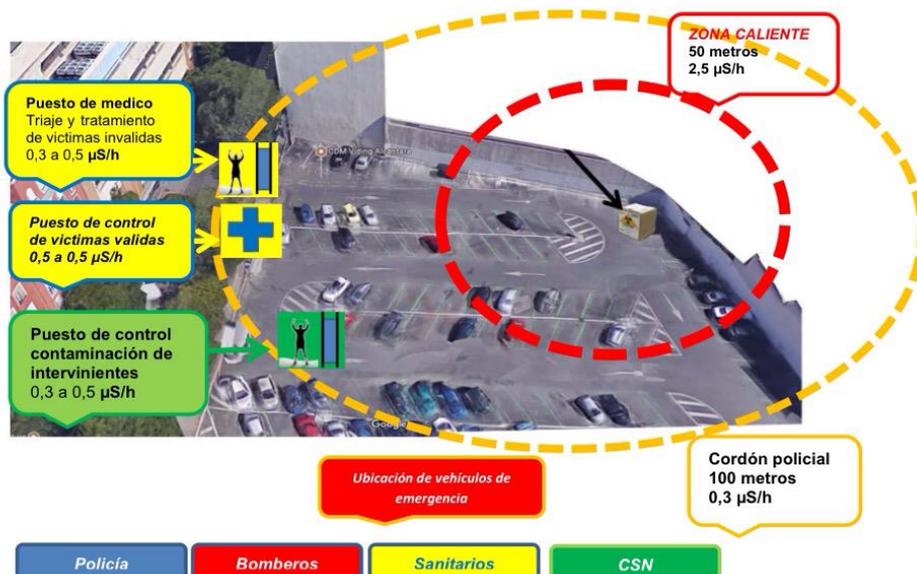
Las estaciones de control de contaminación en las intervenciones con presencia de material radiactivo tienen una clara diferencia con la zonificación convencional de intervenciones "Q" (químicos), que tradicionalmente se hace en la salida de la zona caliente. En estos siniestros será, la medición de la radiación de fondo, un poco más alta.

Si tengo una radiación de fondo de 0,20  $\mu\text{SV/h}$ , nos iremos a 0,50  $\mu\text{SV/h}$  para montar una zona de control de contaminación de calidad.

Si un equipo de detección está midiendo por ejemplo 3 mSv/h (esta medida ya es para estar muy en alerta) porque hemos establecido allí el límite de la zona caliente, todo lo que pase por su lado y esté por debajo de esta medida NO lo va a detectar, además de que el equipo no parara de pitar en varias alarmas.

Esto es un concepto *muy importante* y tiene que ver con la sensibilidad de estos equipos y su incapacidad (lógica) para discriminar de dónde le viene la radiación, detectando toda y sumándola toda. En ocasiones, incluso si se acumula material contaminado cerca de la estación de contaminación, los detectores nos darán lecturas constantes, por lo que seremos incapaces de hacer un control correcto.

Esto en una intervención puede significar la salida de personas con altos niveles de contaminación e incluso portadoras de material radiactivo sin que nos demos cuenta.



#### 4.4.3. Triajes radiológicos.

Es otra denominación específica de este tipo de intervenciones, en las que resulta idóneo, una vez que disponemos de equipos de medición, realizar un “Triaje radiológico” a fin de separar y aplicar métodos más o menos escrupulosos en función de la contaminación tanto a Intervinientes como a público/víctimas que salgan de la zona caliente, en definitiva, saber quién lleva mucha y quien lleva poca contaminación.

Se puede dar una calidad muy aceptable, especialmente en los casos con población afectada ya que normalmente no llevaran ningún tipo de EPI’s. En estos casos gracias a este triaje y a ajustar las necesidades de cada caso, no perderemos más tiempo que el

imprescindible en quien no lo necesita, y daremos más y mejor al que necesita los cuidados y atenciones precisas.

*Método pies y manos.* Consiste en medir únicamente estas dos partes del cuerpo. Es un método que agiliza tremendamente las estaciones de control. Normalmente quien sale de una zona contaminada, porta en los pies contaminación, salvo que “levite”.

*Medición en la zona de la cara.* Se trata de evitar en todos los casos la contaminación interna. Aquellos que porten contaminación en cara, y más aún cerca de fosas nasales y boca, es muy probable que presenten contaminación interna. Generalmente se aplica después de método de pies y manos.

*Medición con radiómetro.* Recomendado por la OIEA<sup>12</sup> en primera respuesta. Cuando los niveles de contaminación son altos, podremos medir con un radiómetro a 10 cm., separando los que nos den más de 1  $\mu$ SV/h como positivos.

*Localizar dónde está la contaminación.* Si está solo en algunos puntos lo sabremos claramente si la exploración es adecuada. A veces basta con retirar esa prenda, o ese trozo de prenda, o lavar solo esa parte para realizar una correcta descontaminación.

*Conocimiento del escenario.* Sabiendo la zona donde se concentra la contaminación, las personas que vengan de allí serán probablemente los más contaminados.

*Realizar una exploración sistemática.* Realizando siempre la misma sistemática no dejaremos nunca zonas sin explorar.



<sup>12</sup> Organización Internacional de la Energía Atómica

## 4.5. EQUIPOS DE DETECCIÓN RADIOLÓGICA.

Desde el punto de vista operativo y de un servicio de emergencia, existen una serie de equipos que pueden ser incluidos en una emergencia radiológica por su ligereza, portabilidad o rudeza, y que presentan, dependiendo de su función, diferentes grados de complejidad y por lo tanto mayor demanda formativa y mayor riesgo de generar una errónea interpretación de los datos que nos aporta.

Al margen de las fases en las que recomendamos que cada uno pueda ser más útil, bien por su sencillez o bien por su fiabilidad, no cabe duda de que la primera, más básica e importante de las funciones de un equipo sencillo ha de ser la de comunicar al usuario si hay presencia de “radiación” lo antes posible. Un simple SI o NO para empezar a comprender el escenario en el que vamos a trabajar es una información de gran valor. En aquellos casos en los que aparezca un “SI” es necesario para comenzar a pedir ayuda lo antes posible, y en muchos casos también valorando si la cantidad es importante.

A continuación, vamos a describir, de la gran variedad de equipos que hay en el mercado y seguro que otros conoceréis, aquellos que hemos probado o entrenado con ellos y por tanto nos permiten tener una opinión con fundamento. Hablaremos tanto de los creados para uso industrial y “adaptados” a las intervenciones, como algunos otros que son específicamente creados para dar esta información tan valiosa a los primeros intervinientes. El nombre es el comercial, y en Internet es sencillo buscarlos, así como sus proveedores.

### 4.5.1. Equipos asociados a primera respuesta. SI o NO lo antes posible.

Generalmente son equipos con mucha sensibilidad y que nos informan tanto de la presencia de radiación como de sus cantidades desde el momento en que superamos el umbral de la radiación de fondo; sin ser capaces de afinar más esta información, que será necesario en otras fases.

**RADIATION PAGER.** Se trata de un equipo tremendamente sencillo en su uso, muy comprensible en la información que nos aporta y con una sensibilidad muy alta para aportar lo antes posible al Interviniente el aviso “SI” a la presencia de radiación. Detector de centelleo Ioduro Cesio.



El rango de energía de medición 60 Kev a 1.5 MeV. Es un equipo ideal no sólo en intervenciones si no también en labores de prevención (grandes aglomeraciones de personas) para la búsqueda de personas que pueden portar material radiactivo con fines maliciosos.

Una simple escala de 1 a 8 en el lateral del equipo nos muestra la presencia de radiación por encima de lo normal, así como su cantidad de radiación asociada a dicha escala.

#### *ULTRA RADIAC- PLUS*

Es un equipo sencillo; esta vez con pantalla directa que nos aporta más información que el anterior y que está creado específicamente para primeros Intervinientes. Detector Geiger-Müller.



#### *DOSÍMETROS de lectura directa ( DLD)*

De diferentes modelos y marcas, basados en detectores de ionización o de silicio, y utilizados en muchas instalaciones radiactivas al objeto de medir la dosis recibida por el portador en tiempo real (sin necesidad de enviar a realizar la lectura a ningún laboratorio, lo cual no es operativo en una intervención), mostrándola en una pantalla y permitiendo saber inmediatamente dicha información. Están dotados de alarmas que pueden ser programadas a diferentes umbrales.

Proporcionan lecturas de Rayos X, gamma y beta. Generalmente cuentan también con lectura de tasa de dosis y algunos realizan esta función en la pantalla, aunque no debe de sustituir jamás a un radiómetro que sí está creado específicamente para esa función.



El dosímetro es un equipo fundamental en todas las fases de la Intervención, pero en este caso se utiliza como un equipo de *rápida detección en primera respuesta* utilizándolo como un medio ligero, fácil de manejar y fiable que puede darne una idea clara de si estoy en presencia de radiación y si los niveles son altos, simplemente

comprendiendo que la dosis que van acumulando y el tiempo en el que la reciben va directamente asociado a la noción del riesgo de las radiaciones que estamos recibiendo, al menos de su existencia.

Un dosímetro que comienza a aumentar en su pantalla la dosis que recibimos de una manera rápida y hace saltar las alarmas en pocos segundos está siendo expuesto a un campo de radiación alto sin ninguna duda.

Además, cuentan con alarma de tasa de dosis ( $\mu\text{SV/h}$ ,  $\text{mSv/h}$ ) en muchos casos, con lo cual me van a determinar si sobrepaso umbrales de peligro que están tasados en niveles bajos e inmediatos.

Normalmente la función de DOSIMETRÍA o control dosimétrico está asignada al CSN<sup>13</sup>, aunque aquellos servicios que dispongan de dosímetros deben de ejercerla “funcionalmente” hasta que pueda hacerse cargo personal de segunda respuesta, teniendo, desde el punto de vista operativo, una utilización diferente en cada fase de la Intervención.

Pueden ser reutilizables en la Intervención ya que se puede poner a cero la lectura de dosis que aporte, y por lo tanto asignar a otro interviniente si fuese necesario.

#### *4.5.2. Equipos asociados a una segunda respuesta.*

La llegada de la segunda respuesta a este tipo de Intervenciones va a significar la llegada de personal especializado ,y por tanto la entrada en acción de equipos de detección mucho más apropiados y que aportarán “criterio” a la respuesta.

#### **RADIÓMETROS.**

De muchas marcas, modelos y tipos, con sondas o sin ellas, pequeños y compactos etc., todos ellos comienzan a aportar mucha más información y de mucha más calidad sobre las radiaciones que pueden haber sido detectadas en una primera respuesta con los equipos anteriormente expuestos.

Los radiómetros miden la radiación gamma y normalmente también los rayos X. El manejo de estos equipos requiere lógicamente mayor formación y práctica para poder ser bien comprendido y que aporte a su vez mayor seguridad a la Intervención.

Estos equipos, en ciertos modelos, cuentan con un accesorio complementario, la “pértiga”, donde se inserta y gracias a la cual el factor distancia se integra. El uso de la pértiga presenta estrategias de uso específicas que deben de ser tenidas en cuenta; puede aumentar la seguridad del interviniente, pero sin entrenamiento adecuado puede aportarle información errónea que puede poner en peligro al portador.

---

<sup>13</sup> Consejo de Seguridad Nuclear

La información que se recibe está a cuatro metros del portador y, por tanto, si no rastrea correctamente su paso, puede exponerse a la fuente radiactiva sin saberlo (como un zapador que no detecta una mina a su paso y avanza). Normalmente llevan un sistema para alternar la lectura en punta y la lectura del portador a fin de evitar este riesgo que ha causado accidentes graves por exposición.

Al igual que el dosímetro, puede realizar diferentes funciones dependiendo de la fase de la Intervención.

Según la fase los utilizaremos con diferentes objetivos:

- Llegada y detección. Confirmación de presencia de radiaciones, así como establecimiento de perímetros de seguridad (zonificación). Labores fundamentales para establecer las distancias correctas y seguras, así como del escenario al que nos enfrentamos.
- Monitorización del escenario. Especialmente complicado en los casos en los que se desconozca el tipo de fuente radiactiva, así como dónde se encuentra o encuentran. Labores de dificultad media/alta, minuciosa y entrenada.
- Búsqueda de las fuentes radiactivas. Labores de dificultad y de riesgo alto para personal no entrenado. Existen escenarios en los que esta labor puede llevar días.
- Recuperación de fuentes radiactivas. Labores de dificultad alta y de riesgo para personal no entrenado, si bien no tanto por las acciones en sí, sino más bien por la complejidad de la planificación que ha de ser minuciosa y ajustada.



CONTAMINÓMETROS o medidores de contaminación.

Todos los equipos descritos con anterioridad se referían a la detección de rayos gamma, si bien no tienen por qué ser los únicos presentes durante la Intervención.

En las estaciones de control de la contaminación de personas (Intervinientes o público), se realiza la búsqueda exhaustiva de aquella radiación que no recorre tanta distancia (alfa y beta) y por tanto precisa de otros sistemas de detección y de contabilización. (Cuentas por segundo *cps*, impulsos por segundo *ips*, Bq/cm<sup>2</sup>).

Hay que recordar que nuestra protección para la contaminación radiactiva será siempre el uso apropiado de EPI's y, por supuesto, su posterior retirada con metodología y procedimiento de desvestido.

La OIEA en su manual de Primeros Respondientes nos recomienda *“presumir la presencia de contaminación hasta que ésta sea descartada correctamente”*, es cierto que en muchos casos y escenarios se puede descartar con una buena formación e información, pero en aquellos casos en los que haya la más mínima sospecha de su presencia es fundamental contar cuanto antes con detectores de contaminación y personal adiestrado correctamente en su uso.

Los detectores de contaminación son, de los expuestos hasta ahora, los más complicados de utilizar, ya que exigen al usuario una técnica muy entrenada y exhaustiva en la búsqueda de la contaminación, especialmente cuando se hace sobre personas en estaciones de control de contaminación, donde un falso negativo puede generar una situación muy complicada.

Existen muchos factores que pueden errar la correcta lectura de estos equipos, especialmente en intervenciones. Son equipos muy sensibles y a veces la propia contaminación del equipo, si ha tocado por error lo que se está explorando, puede generar un problema de interpretación. También se recomienda establecer estos puntos de control, lo más cercano a la radiación ambiental o radiación de fondo, a fin de detectar cualquier contaminación que pase por el detector partiendo de lo más bajo posible en lo que a radiaciones se refiere.

Otro factor fundamental a tener en cuenta es el humano; la lentitud por lo exhaustivo de esta lectura con equipos portátiles fatiga tremendamente al operador y hay que pensar en sustituirlo cuando lleva un rato trabajando para no originar su fallo por fatiga.

La búsqueda de partículas alfa (la beta es más evidente) requiere profesionales entrenados y muy buenos medios para ser correctamente detectada, más aún cuando se puede presentar sola en emisores alfa puros, sin estar acompañada de gamma o beta, como el conocido caso del asesinato con Polonio-210 del espía ruso Alexander Litvinenko en 2016, donde su localización fue y es sigue tan compleja. El fantasma del falso negativo es aquí donde más se puede dar.



Fig.1.



Fig.2.



Fig.3

Existen en el mercado múltiples tipos de sondas de detección que en muchos casos se incorporan al radiómetro por medio de un cable. (Fig.3)

En otros casos (Fig. 1 y Fig.2) son equipos puros de medición de contaminación, con diferentes tamaños de las ventanas que se acercan al material a explorar y que tienen diferentes ventajas. Mayores ventanas de exploración reducen el tiempo a emplear, pero son más pesadas y fatigan más. Ventanas más pequeñas son más sencillas y ligeras, pero obligaba emplear mayor tiempo.

Existen también pórticos portátiles montables por piezas que pueden ser instalados en el terreno para efectuar las mediciones de todo aquel que pase por su interior o a través de él, pero tardan un rato en ser instaladas es cierto que luego generan una garantía de lecturas y una rapidez prácticamente inalcanzable con lecturas manuales, añadiendo que no va a generar el error humano por fatiga (Fig. 4, 5 y 6).Pórtico para control de contaminación portátil transportado en una maleta grande utilizado por los bomberos de Mulhouse (Francia). Se tarda unos 25 minutos en montar entre tres.



Fig.4

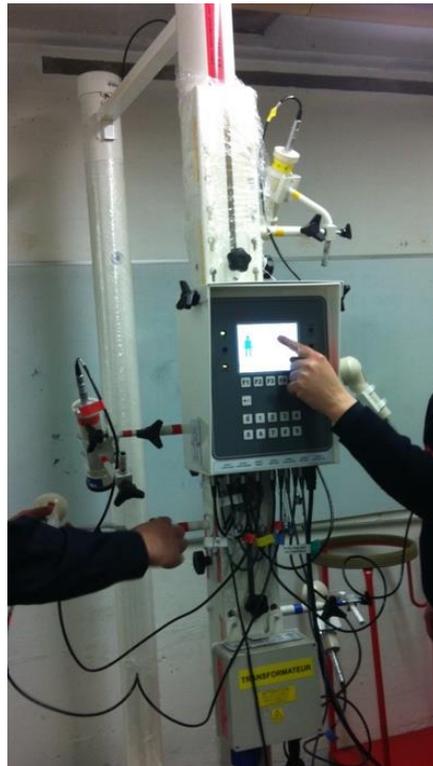


Fig.5.



Fig.6

## ESPECTRÓMETROS.

La espectrometría consiste en identificar un material gracias a la medición, dentro de un cierto rango, de la energía que emite. Cuando hablamos de espectrometría nos referimos a la emisión gamma.

Las situaciones en las que un servicio de emergencia se enfrenta a una fuente radiactiva desconocida puede ser la situación más arriesgada, y además supone, en muchos casos, la activación de funciones policiales de investigación, pues podemos encontrarnos ante el tráfico, la tenencia o el uso malintencionado de material radiactivo.

A todos los efectos se considera necesario conocer lo antes posible de qué se trata y valorar con expertos las acciones a tomar, una vez efectuada la primera respuesta.

La utilización de un espectrómetro es, por la propia complejidad de la información abundante que nos dan y la tecnología de que disponen, una verdadera especialidad. En algunos casos no dejan lugar a duda como es el caso de los espectros de energía (Co-60), pero en otros casos puede ser realmente complejo descifrar la información que nos aporta y más cuando de este equipo pueden depender todas las decisiones posteriores a tomar.

Existen dos grandes grupos de espectrómetros

**Detectores de NaI- Yoduro -sodio.** El más conocido el *Identifinder*, que también dispone de un detector Geiger-Müller para medición de dosis y tasa de dosis. Realiza Espectrometría Gamma con NaI. También detecta neutrones.

Son considerados espectrómetros de baja resolución. Lo cierto es que para la cantidad de información que nos puede suministrar es un equipo muy sencillo de utilizar.



Puede darnos en pantalla orientación de la dirección de la que está recibiendo la radiación, lo cual puede ser una protección muy buena en la búsqueda de fuente o fuentes pérdidas.

**Detectores de germanio.** Son mucho más grandes y robustos pero portátiles y con una eficacia muy superior a los de NaI. Son los más complejos en su utilización y considerados como de alta resolución en espectrometría gamma.



5

# BIBLIOGRAFÍA



## 5. BIBLIOGRAFÍA Y LINKS DE INTERÉS

- “Componentes de la defensa química y biológica en operaciones militares”. René Pita Pita.
- “Guide for the Selection of Chemical Detection Equipment for Emergency First Responders”, Preparedness Directorate Office of Grants and Training, 2007.
- “IR & Catalytic Combustible Detection” Technical Bulletin. MSA.
- “Photoionization Detectors (PIDs) Theory, Uses and Applications” Technical Bulletin. MSA.
- Daniel C. Harris. Análisis químico cuantitativo. Ed. Iberoamericana. California.1992
- Detección e identificación de agentes de guerra química. Estado de arte y tendencia futura. Monografías del SOPT. España: Ministerio de Defensa;2011.
- Detección e identificación no son sinónimos. [Internet]; España; 2015. Available from : <http://cbrn.es?p=152/>
- Enciclopedia de Salud y Seguridad den el trabajo. Capítulo 33 “Toxicología”. Ellen K. Silbergeld
- Final Report Summary - BIO-PROTECT (Ionisation-based detector of airborne bio-agents, viruses and toxins for fast-alert and identification). EU.
- First Response to a Radiological Emergency. IAEA. 2009.
- Guías Técnicas. Consejo de Seguridad Nuclear. Gobierno de España.
- Intoxicación por Monóxido de Carbono. A. Sibón Olano, P. Martínez-García, MA. Vizcaya Rojas y JL. Romero Palanco. Cuad Med Forense 2007; 13(47):65-69.
- Manual de Operador de Instalaciones Radiactivas .CIEMAT/CSN
- Manual de usuario del GDA.
- Manual equipos de Intervención formación RAPTER- NATO unclassified .
- Manual usuario de Dräger.
- Monografía SOPT 04. “Detección e identificación de material nuclear y radiológico. Estado de arte y tendencia futura. 2009”. Ministerio de Defensa.
- Monografías del Sistema de observación y prospectiva tecnológica (SOPT). Detección e identificación de agentes de guerra biológica. Estado del arte y tendencia futura. Dirección General de relaciones institucionales. Ministerio de Defensa.
- NTP 108: Criterios toxicológicos generales para los contaminantes químicos. INSHT. 1984
- NTP 379: Productos inflamables: variación de los parámetros de peligros . Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. INSHT
- Portable Digital Tool for Assisting First Responders to a Radiological Emergency. IAEA. 2009

- Primera respuesta a una emergencia radiológica – Materiales didácticos. IAEA. 2009.
- *Rodi Sferopoulos.* “A Review of Chemical Warfare Agent (CWA) Detector Technologies and Commercial-Off-The-Shelf Items” Australian Government.
- TMT Handbook. “Triage, monitoring and treatment of people exposed to ionising radiation following a malevolent act”. NRPA. 2009.
- TN-106: A Guideline for PID Instrument Response. RAE. Honeywell.
- TN-114: Sensor Specifications and Cross-Sensitivities. RAE. Honeywell.

FICHA 1

# UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN INCENDIOS



## FICHA 1. UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN INCENDIOS

**Descripción:** Incendio

**Objeto:** Empleo del equipo de detección

**Justificación:** Daremos uso a la información que nos aporta la detección en tres momentos de la intervención:

- Para verificar la presencia de un agente agresor en una intervención, como primera medida, nos exigirá limitar el acceso a las zonas contaminadas. (Zonificación)
- Para adoptar las medidas de protección adecuadas al agente agresor y grado de implicación. (Protección personal)
- Para saber con datos objetivos si la población se encuentra expuesta algún tipo de agente agresor. Este tipo de riesgo puede derivarse de una errónea descontaminación de los equipos actuantes o una mala delimitación de la zona fría segura. (Zonificación)

Si ponemos un ejemplo de un incendio. La detección nos ayuda a detectar atmósferas inflamables, explosivas, deficiencia de oxígeno, así como determinar, en algunos casos, la presencia de otros productos. (Tóxicos, venenosos, irritantes, corrosivos, etc.)

Igualmente, es necesario realizar la detección en las viviendas próximas afectadas por el humo, este puede haberse expandido por ellas contaminando el aire.

Esta contaminación puede generar problemas de salud a quien lo respira, sobre todo, con riesgo de exposiciones largas.

Seguridad en los intervinientes, detección de riesgos y definición de medidas de seguridad.

- Protección personal.
- Zonificación.
- Atmosferas explosivas

Seguridad en los afectados, control de contaminación.

- Tipo de toxico contaminante.

### Funciones del Mando:

El Mando responsable deberá:

- Considerar la detección como una de las tareas prioritarias de la intervención. A partir de esta información se podrán determinar los riesgos involucrados y establecer las medidas básicas para dar respuesta al siniestro.
- Definir un canal de comunicación a través del cual estará permanentemente comunicado con el equipo de detección.
- En caso de realizarse “detección con aparatos de detección y medida”, marcará los recorridos a seguir y los criterios para realizar estas tareas.
- Señalar el equipamiento de protección personal.
- Tras las mediciones realizadas, efectuar la zonificación del escenario y definir las acciones a acometer.

### Zonificación:

- **Zona caliente** o de intervención (existe riesgo importante de explosión o de contaminación). A ella sólo accede el personal de intervención con la protección mínima definida.
- **Zona templada** o de socorro (el riesgo no es inminente, pero hay que estar dispuesto a la posible evacuación si el incidente se propaga). En ella se encuentran los medios y personal de apoyo a la intervención.
- **Zona fría** o base (zona sin riesgo). En ella se encuentran otros servicios que colaboren y el personal evacuado del foco del incidente.

### Acciones a desarrollar:

- Evaluación de riesgos asociados a las sustancias presentes y al propio entorno.
- Rescates rápidos y evacuación de zona caliente, o si no es posible, perseguir el confinamiento de los afectados en lugar seguro.
- Aplicación de técnicas específicas de control y neutralización del incidente. Entre otras:
  - Ventilación.
  - Abatimiento de gases.
  - Sellado o cubrición.
  - Etc.

## Seguridad en los intervinientes:

**Oxígeno:** Una concentración de oxígeno atmosférico inferior al 19,5% (deficiencia de oxígeno) o superior al 23,5% (enriquecimiento de oxígeno).

Potenciales efectos de las atmósferas suficientes o deficientes en oxígeno Contenido de oxígeno (% en vol.)

| Concentración <sup>14</sup><br>Oxígeno % | Tiempo de<br>exposición | Consecuencias   |
|--|-------------------------|---|
| 21                                       | Indefinido              | Concentración normal de oxígeno en el aire  |
| 20,5                                     | No definido             | Concentración mínima para entrar sin equipos de suministro de aire  |
| 18                                       | No definido             | Se considera atmósfera deficiente en oxígeno según la normativa ANSI Z117..1-1994. Problemas de coordinación muscular y aceleración del ritmo respiratorio. |
| 17                                       | No definido             | Riesgo de pérdida de conocimiento si signo precursor.   |
| 12-16                                    | Segundos a minutos      | Vértigo, dolores de cabeza, disneas e incluso alto riesgo de inconsciencia.   |
| 6-10                                     | Segundos a minutos      | Nauseas, pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos   |

Tabla1

**Toxicidad:** Una concentración atmosférica de cualquier contenedor toxico que se encuentre por encima del límite de exposición permisible.

| Gas Toxico           | Valor límite ambiental<br>ED <sup>15</sup> | Valor límite ambiental EC <sup>16</sup> |
|----------------------|--|---|
| Amoniaco             | 20 ppm                                     | 50 ppm                                  |
| Cloro                | 0.5 ppm                                    | 1 ppm                                   |
| Cianuro de hidrogeno | 1 mg/m <sup>3</sup>                        | 5 mg/m <sup>3</sup>                     |
| Sulfuro de hidrogeno | 5 ppm                                      | 10 ppm                                  |
| Dióxido de azufre    | 0,5 ppm                                    | 1 ppm                                   |
| Monóxido de carbono  | 20 ppm                                     | 100 ppm                                 |

Tabla2

<sup>14</sup> NTP 223: Trabajos en recintos confinado. INSHT

<sup>15</sup> Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2018. Ministerio de Empleo y Seguridad Social

<sup>16</sup> Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2018. Ministerio de Empleo y Seguridad Social

Efectos potenciales letales del Monóxido de carbono (CO)

| Concentración de <sup>17</sup> monóxido de carbono | Efecto  |
|--|---|
| 0-229 mg/m <sup>3</sup> (0-200)                    | Ligero dolor de cabeza en algunos casos   |
| 10 mg/m <sup>3</sup> (8,7 ppm)                     | No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 8 horas     |
| 30 mg/m <sup>3</sup> (26 ppm)                      | No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante una hora    |
| 34,4 mg/m <sup>3</sup> (30 ppm)                    | La exposición diaria a esta concentración es equivalente a fumar 20 cigarrillos al día  |
| 40,1 mg/m <sup>3</sup> (35 ppm)                    | Las personas que tienen enfermedades cardíacas no deben exponerse a niveles superiores a esta concentración                             |
| 60 mg/m <sup>3</sup> (52 ppm)                      | No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 30 minutos  |
| 100 mg/m <sup>3</sup> (87 ppm)                     | No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 15 minutos  |
| 115 mg/m <sup>3</sup> (100 ppm)                    | Se informó del primer indicio de angina en sujetos que hacían ejercicio con cardiopatía coronaria expuestos a esta concentración        |
| 229-458 mg/m <sup>3</sup> (200-400 ppm)            | Después de 5-6 horas se puede observar un leve dolor de cabeza, náuseas, vértigo y síntomas mentales                                    |
| 458-802 mg/m <sup>3</sup> (400-700 ppm)            | Después de 4-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, incoordinación muscular, debilidad, vómitos y colapso                 |
| 802-1260 mg/m <sup>3</sup> (700-1100 ppm)          | Después de 3-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, debilidad, vómitos y colapso  |
| 1260-1832 mg/m <sup>3</sup> (1100-1600 ppm)        | Después de 1.5-3 horas se puede observar coma. (la respiración es aún bastante buena a no ser que el envenenamiento se haya prolongado) |
| 1832-2290 mg/m <sup>3</sup> (1600-2000 ppm)        | Después de 1-1.5 horas hay posibilidad de muerte  |
| 5726-11452 mg/m <sup>3</sup> (5000-10000 ppm)      | Después de 2-15 minutos se puede producir la muerte   |

Tabla3

<sup>17</sup> Servicio Murciano de salud. Consejería de Salud. Región de Murcia

### Seguridad en los afectados, control de contaminación.

Tipo de tóxico contaminante. Existe la necesidad de obtener los datos de los niveles de contaminación a la que ha estado expuesta la víctima, así como del tipo de tóxico que ha inhalado. Esta información es necesaria para los equipos sanitarios a la hora de atender a la víctima y conseguir su estabilización.

**Método:** 1º rescatar, seguidamente analizar. Empleando un detector, situarlo a la altura donde se encontraba la cabeza de la víctima y entregar estos datos al equipo sanitario.

Valores: % de oxígeno,

Valores de toxicidad: ppm de CO, ppm de H<sub>2</sub>S, ppm de SO<sub>2</sub>, ppm de HCN

Con los datos facilitados los sanitarios, administraran los fármacos adecuados para estabilizar a la víctima.



Fecha de Calibración



Nº de Serie



**Actuación si hay un cadáver en el interior de la zona afectada por el incendio.**

**Método:** Sin mover el cadáver, situar a ambos lados de la cabeza, un detector.

Detector A de la Bomba, detector B del Coche de mando. Anotar los valores de cada detector.

Esta información debe de figurar en el parte de intervención, así como el número de serie del detector y fecha de calibración.

Con fines jurídicos, debemos de informar de la detección realizada con dos detectores. Pudiendo ser de tecnologías distintas o iguales con fechas distintas de calibración.

Al finalizar cualquier incendio en lugares confinados, donde se haya realizado una evacuación, o sin haberla realizado haya personas en las zonas próximas. Se debe de monitorizar todas las zonas afectadas por el humo del incendio, con la intención de permitir el acceso a los propietarios, inquilinos, trabajadores, etc.

Esta monitorización debe de estar delimitada a los valores de referencia expuestos en este documento. (Tabla 4). Columna indicativa de valores límite ambientales de exposición diaria.



**LIMITES DE INFLAMABILIDAD (Explosividad):** Son la mínima y máxima concentración (%) de vapor del combustible (de gas combustible) en el aire que permite la combustión (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

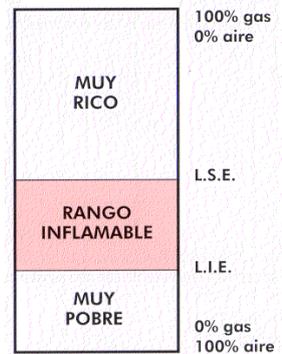
**LIMITE SUPERIOR INFLAMABILIDAD (L.S.I.)**

**(Explosividad L.S.E.) :** Es la máxima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

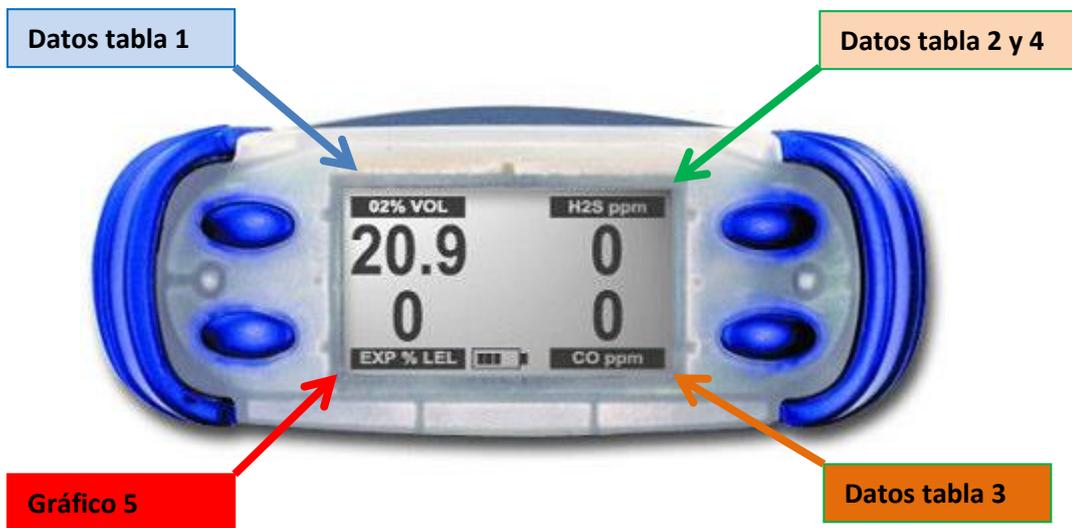
**LIMITE INFERIOR INFLAMABILIDAD**

**(Explosividad L.I.E):** Es la mínima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

Gráfico 5



**RANGO DE INFLAMABILIDAD (explosividad):** Es la zona comprendida entre el L.S.E. y el L.I.E.



FICHA 2

# UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN BAJADAS A POZOS, DEPÓSITOS Y GALERÍAS DE SERVICIO



**FICHA 2. UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN BAJADAS A POZOS, DEPÓSITOS Y GALERÍAS DE SERVICIO.**

**Descripción:** Rescate en un pozo / fosa séptica/ deposito/ red de alcantarillado, galerías de servicio.

**Objeto:** Empleo del equipo de detección

**Justificación:** Efectuar intervenciones seguras para la salud de los trabajadores y su entorno.

Rescate en el interior de un pozo con agua contaminada y en un avanzado estado de descomposición.

- Riesgo de caída al interior por precipitación, profundidad de agua del pozo.
- Riesgo de contaminación por inhalación.
- Riesgo de contaminación por absorción.
- Riesgos por exposición a atmosferas peligrosas en espacios confinados.

**Funciones del Mando:**

El Mando responsable deberá:

- Considerar la detección e identificación del producto involucrado como una de las tareas prioritarias de la intervención. A partir de esta información se podrán determinar los riesgos involucrados y establecer las medidas básicas para dar respuesta al siniestro.
- Definir un canal de comunicación a través del cual estará permanentemente comunicado con el equipo de detección.
- En caso de realizarse “detección con aparatos de detección y medida” marcará los recorridos a seguir y los criterios para realizar estas tareas.
- Señalar el equipamiento de protección personal.
- Tras las mediciones realizadas efectuar la zonificación del escenario y definir las acciones a acometer.

Una atmósfera se considera peligrosa para las personas cuando debido a su composición, existe riesgo de muerte, incapacitación, lesión o enfermedad grave, o dificultad para abandonar el recinto por sus propios medios.

En el caso de las redes de alcantarillado, la atmósfera interior debe ser calificada como peligrosa cuando se dan una o varias de las siguientes condiciones:

Riesgo de asfixia por insuficiencia de oxígeno: Cuando la concentración de oxígeno es inferior a 19,5% en volumen.

| Concentración<br>18 Oxígeno % | Tiempo de exposición | Consecuencias   |
|-------------------------------|----------------------|---|
| 21                            | Indefinito           | Concentración normal de oxígeno en el aire  |
| 20,5                          | No definido          | Concentración mínima para entrar sin equipos de suministro de aire  |
| 18                            | No definido          | Se considera atmósfera deficiente en oxígeno según la normativa ANSI Z117..1-1994. Problemas de coordinación muscular y aceleración del ritmo respiratorio. |
| 17                            | No definido          | Riesgo de pérdida de conocimiento si signo precursor.   |
| 12-16                         | Segundos a minutos   | Vértigo, dolores de cabeza, disneas e incluso alto riesgo de inconsciencia.   |
| 6-10                          | Segundos a minutos   | Nauseas, pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos   |

Tabla1

Riesgo de explosión o incendio: Cuando la concentración de gases o vapores inflamables supera el 10% de su límite inferior de explosividad.

| Producto | Densidad aire | Densidad agua | LIE   | LSE   |
|----------|---------------|---------------|-------|-------|
| GN       | 0.56          | >1            | 5%    | 15.4% |
| GLP      | 2.11          | >1            | 1.8 % | 8.4 % |
| Gasolina | 4             | >1            | 1.4 % | 7.6 % |
| Gasóleo  | 2             | >1            | 1.3 % | 6 %   |
| Metano   | 0.6           | 3.3           | 5 %   | 15 %  |

Tabla2

Riesgo de intoxicación por inhalación de contaminantes: Cuando la concentración ambiental de cualquier sustancia, o del conjunto de varias, supera sus correspondientes límites de exposición laboral.

| Gas Tóxico           | Valor límite ambiental ED <sup>19</sup> | Valor límite ambiental EC <sup>20</sup> |
|----------------------|---|---|
| Amoniaco             | 20 ppm                                  | 50 ppm                                  |
| Cloro                | 0.5 ppm                                 | 1 ppm                                   |
| Cianuro de hidrogeno | 1 mg/m <sup>3</sup>                     | 5 mg/m <sup>3</sup>                     |
| Sulfuro de hidrogeno | 5 ppm                                   | 10 ppm                                  |
| Dióxido de azufre    | 0,5 ppm                                 | 1 ppm                                   |
| Monóxido de carbono  | 20 ppm                                  | 100 ppm                                 |

Tabla3

<sup>18</sup> NTP 223: Trabajos en recintos confinado. INSHT

<sup>19</sup> Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2018. Ministerio de Empleo y Seguridad Social

<sup>20</sup> Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2018. Ministerio de Empleo y Seguridad Social

Una vez conocidos y valorados los riesgos existentes, corresponde aplicar las medidas de prevención que los eliminen o en su defecto los reduzcan a niveles asumibles.

Antes de entrar en un espacio confinado, **evaluar las condiciones de explosividad, contenido de oxígeno y toxicidad** de su atmósfera interior, y proceder en consecuencia.

Como norma general esta valoración deberá continuarse mientras dure la permanencia en el recinto. Antes de entrar y mientras permanezca personal en el interior, **ventilar adecuadamente** el recinto, reforzando la ventilación natural con equipos de ventilación forzada, siempre que sea necesario.

Emplear siempre equipos de respiración autónoma (ERA).

Mantener de forma **permanente personal de vigilancia en el exterior**, con preparación y equipo suficiente para prestar ayuda y lograr un rescate eficaz en caso de emergencia en el interior. (Equipo SOS).

**Evacuar inmediatamente el recinto** cuando se observen las primeras señales de alarma, tanto por los aparatos de medición, como por síntomas fisiológicos de malestar, indisposición, sensación de calor, etc., o como por cualquier otra causa que indique la propia experiencia.

Monitorizar el interior del pozo con un equipo de detección (explosímetro riesgo de explosividad, deficiencia de oxígeno, etc.)



Si existe riesgo de toxicidad. (Trajes tipo 3B + ERA + Guantes de neopreno + Botas de PVC)

Si existe riesgo de toxicidad + inflamabilidad (Nivel I + ERA + traje tipo 4B)



El bombero, que se encuentre en la entrada del pozo, debe de tener el mismo nivel de protección, que el bombero que haya bajado al interior del pozo.

**Consumo de oxígeno;** en tanques, depósitos de acero, pozos, red de alcantarillado y galerías de servicio.

Puede estar ocasionado por tres condiciones: las derivadas del propio recinto, las que se derivan del trabajo realizado, y las consideradas como propias del entorno del recinto.

Las causas más comunes de la disminución de oxígeno son su consumo debido a fermentaciones y descomposiciones biológicas de materia orgánica, desplazamiento del oxígeno por el CO<sub>2</sub> desprendido en los procesos citados, o absorción por el agua. Los lugares con mayor riesgo son los recintos con ventilación escasa, especialmente si son húmedos (pozos, depósitos, arquetas, cámaras subterráneas, fosas sépticas y de purines).

La disminución de oxígeno puede deberse al uso de sopletes, soldadura, etc., empleo de gases inertes, removido o pisado de lodos, la propia respiración humana, etc.. Estos riesgos se presentan en cualquier recinto con ventilación insuficiente, incluso en galerías y colectores.

### **Riesgo de explosión o incendio**

Las atmósferas peligrosas pueden ser explosivas por causas debidas al propio recinto, al trabajo realizado, y al entorno, igual que en el caso anterior.

La causa más común de la presencia de sustancias inflamables es la descomposición de materia orgánica con desprendimiento de gas metano. Esta contingencia se presenta en fosas sépticas y de purines, recintos comunicados con vertederos de residuos sólidos urbanos, instalaciones de depuración de aguas residuales.

Las sustancias inflamables pueden proceder de productos del tipo: pintura, disolventes, resinas, plásticos, soldadura con soplete, así como por sobre-oxigenación debido a fugas o excedentes de oxígeno en trabajos de oxicorte, soldaduras oxiacetilénicas y similares. Es un riesgo inherente a cualquier recinto sin ventilación donde se efectúen los procesos citados.

Las sustancias inflamables pueden haberse acumulado por filtración de conducciones de gas combustible, filtraciones y vertidos de productos inflamables (combustibles de automoción, disolventes orgánicos, pinturas), o por emanaciones de metano procedentes del terreno. Los lugares con mayor riesgo son las zonas urbanas con red de distribución de gas, recintos próximos a instalaciones de producción, almacenamiento y

distribución de gas combustible, o gasolineras, almacenes de productos químicos, talleres de pintura, etc.; así como los recintos situados en terrenos carboníferos.

Este riesgo de atmósfera peligrosa tiene entidad propia para presentarlo por separado. No tiene la contundencia del riesgo explosivo ni del riesgo de asfixia, pues la inhalación de contaminantes puede ser un riesgo insidioso (pasa desapercibida), lo que aumenta, si cabe, su gravedad.

La presencia de la sustancia tóxica suele obedecer a la descomposición biológica de materia orgánica con formación de sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>), anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>), etc. Cabe sospechar de su presencia en fosas sépticas y de purines, recintos mal ventilados con aguas residuales, especialmente si hay restos animales (mataderos, pescaderías, granjas, curtidores) o vegetales (almacenes o silos de grano, industrias de pasta de papel, etc.).

El trabajo que se efectúa puede provocar la aparición de gases al liberar conductos obstruidos (principalmente SH<sub>2</sub>), al remover o pisar lodos con gases tóxicos ocluidos, por procesos con liberación de contaminantes: soldadura, pintura, limpieza con disolvente; corte con esmeriladoras, especialmente de materiales friables de fibrocemento, que contienen amianto.

También hay que contar con la toxicidad derivada de la utilización de equipos con motor de combustión (bombas de achique, generadores eléctricos, compresores, vehículos) que producen monóxido de carbono (CO). El problema es inherente a recintos con poca ventilación, o ventilación insuficiente para los procesos que allí se llevan a cabo.

**La presencia de tóxicos deriva de causas varias:** filtraciones de monóxido de carbono de conducciones de gas; gases de combustión procedentes de filtraciones o comunicación con conductos de evacuación de sistemas de ventilación de garajes, calderas de calefacción, etc.; contaminantes diversos procedentes de vertidos incontrolados (disolventes, ácidos, álcalis); contaminantes formados por reacciones químicas accidentales. La localización típica será en recintos urbanos con conducciones de gas, recintos de redes de aguas residuales, o próximos a industrias químicas, talleres, etc.

En los espacios confinados pueden encontrarse atmósferas tóxicas por la propia etiología del recinto. El buzo integral y la protección respiratoria son parte del equipo imprescindible

## Zonificación

- **Zona caliente** o de intervención (existe riesgo importante de explosión o de contaminación). A ella sólo accede el personal de intervención con la protección mínima definida.
- **Zona templada** o de socorro (el riesgo no es inminente, pero hay que estar dispuesto a la posible evacuación si el incidente se propaga). En ella se encuentran los medios y personal de apoyo a la intervención.
- **Zona fría** o base (zona sin riesgo). En ella se encuentran otros servicios que colaboren y el personal evacuado del foco del incidente.

## Acciones a desarrollar

- Evaluación de riesgos asociados a las sustancias presentes y al propio entorno.
- Rescates rápidos y evacuación de zona caliente, o si no es posible, perseguir el confinamiento de los afectados en lugar seguro.
- Aplicación de técnicas específicas de control y neutralización del incidente. Entre otras:
  - Ventilación.
  - Refrigeración.
  - Abatimiento de gases.
  - Sellado o cubrición.

## Rescate de una víctima en el interior de un pozo

### Análisis de riesgos:

Monitorizar el interior del pozo, elección de la protección personal.

Reconocimiento de la estructura del pozo: Asegurar la resistencia del terreno para la colocación del trípode de salvamento.



En el parte de intervención, detallar que el pozo se ha monitorizado y anotar los valores obtenidos en la monitorización.

Detallar el número de equipo y fecha de calibración.

**Fecha de Calibración**



**Nº de Serie**



Con fines jurídicos debemos de informar de la detección realizada con dos detectores. Pudiendo ser de tecnologías distintas o iguales con fechas distintas de calibración.

**LIMITES DE INFLAMABILIDAD (Explosividad):** Son la mínima y máxima concentración (%) de vapor del combustible (de gas combustible) en el aire que permite la combustión (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

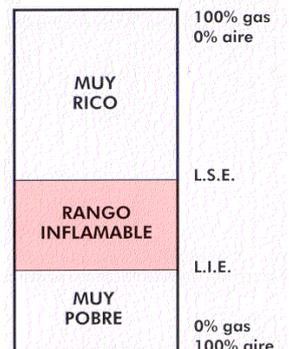
**LIMITE SUPERIOR INFLAMABILIDAD (L.S.I.)**

**(Explosividad L.S.E.) :** Es la máxima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

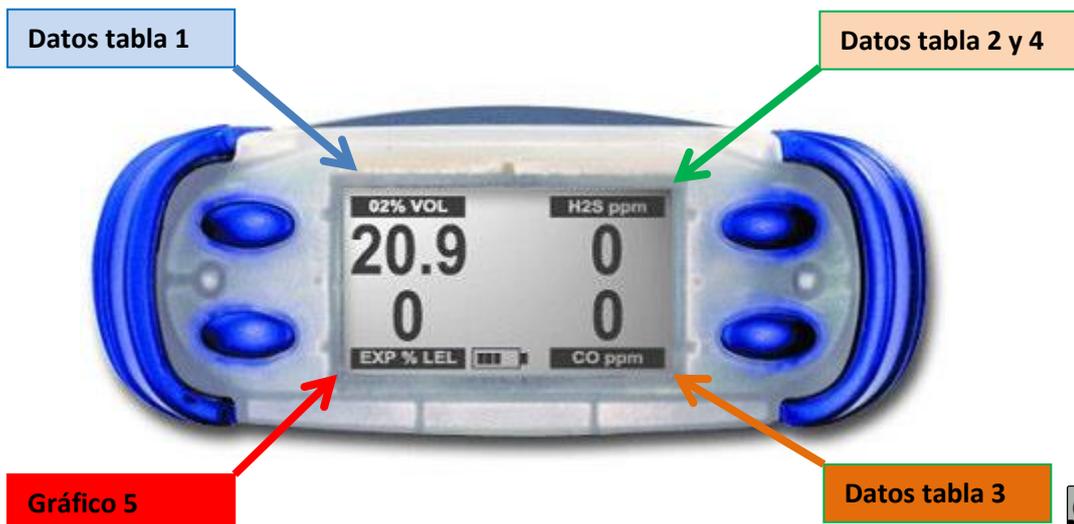
**LIMITE INFERIOR INFLAMABILIDAD**

**(Explosividad L.I.E):** Es la mínima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

**Grafico 5**



**RANGO DE INFLAMABILIDAD (explosividad):** Es la zona comprendida entre el L.S.E. y el L.I.E.



# FICHA 3 UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN HUNDIMIENTOS, COLAPSO DE EDIFICIOS



### FICHA 3. UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN HUNDIMIENTOS, COLAPSO DE EDIFICIOS

**Descripción:** Rescate en un hundimiento total o parcial de un edificio

**Objeto:** Empleo del equipo de detección

**Justificación:** Efectuar intervenciones seguras para la salud de los trabajadores y su entorno.

Rescate en el interior de la estructura colapsada

- Riesgo de caída al interior por precipitación, huecos sin señalar
- Riesgo de contaminación por inhalación.
- Riesgo de contaminación por absorción.
- Riesgos por exposición a atmosferas peligrosas, roturas de instalaciones.

#### Funciones del Mando

El Mando responsable deberá:

- Considerar la detección e identificación del producto involucrado como una de las tareas prioritarias de la intervención. A partir de esta información se podrán determinar los riesgos y establecer las medidas básicas para dar respuesta al siniestro.
- Definir un canal de comunicación a través del cual estará permanentemente comunicado con el equipo de detección.
- En caso de realizarse “detección con aparatos de detección y medida” marcará los recorridos a seguir y los criterios para realizar estas tareas.
- Señalar el equipamiento de protección personal.
- Tras las mediciones realizadas efectuar la zonificación del escenario y definir las acciones a acometer.

Una atmósfera se considera peligrosa para las personas cuando debido a su composición, existe riesgo de muerte, incapacitación, lesión o enfermedad grave, o dificultad para abandonar el recinto por sus propios medios.

En el caso de colapso parcial o total de un edificio, la atmósfera interior debe ser calificada como peligrosa cuando se dan una o varias de las siguientes condiciones:

Riesgo de asfixia por insuficiencia de oxígeno: Cuando la concentración de oxígeno es inferior a 19,5% en volumen.

| Concentración<br><sup>21</sup> Oxígeno % | Tiempo de exposición | Consecuencias  |
|--|----------------------|--|
| 21                                       | Indefinito           | Concentración normal de oxígeno en el aire   |
| 20,5                                     | No definido          | Concentración mínima para entrar sin equipos de suministro de aire   |
| 18                                       | No definido          | Se considera atmósfera deficiente en oxígeno según la normativa ANSI Z117.1-1994. Problemas de coordinación muscular y aceleración del ritmo respiratorio. |
| 17                                       | No definido          | Riesgo de pérdida de conocimiento si signo precursor.  |
| 12-16                                    | Segundos a minutos   | Vértigo, dolores de cabeza, disneas e incluso alto riesgo de inconsciencia.  |
| 6-10                                     | Segundos a minutos   | Nauseas, pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos  |

Tabla 1

Riesgo de explosión o incendio: Cuando la concentración de gases o vapores inflamables supera el 10% de su límite inferior de explosividad.

| Producto | Densidad aire | Densidad agua | LIE   | LSE   |
|----------|---------------|---------------|-------|-------|
| GN       | 0.56          | >1            | 5%    | 15.4% |
| GLP      | 2.11          | >1            | 1.8 % | 8.4 % |
| Gasolina | 4             | >1            | 1.4 % | 7.6 % |
| Gasóleo  | 2             | >1            | 1.3 % | 6 %   |
| Metano   | 0.6           | 3.3           | 5 %   | 15 %  |

Tabla 2

Riesgo de intoxicación por inhalación de contaminantes: Cuando la concentración ambiental de cualquier sustancia, o del conjunto de varias, supera sus correspondientes límites de exposición laboral.

| Gas Tóxico           | Valor límite ambiental ED <sup>22</sup> | Valor límite ambiental EC <sup>23</sup> |
|----------------------|---|---|
| Amoniaco             | 20 ppm                                  | 50 ppm                                  |
| Cloro                | 0.5 ppm                                 | 1 ppm                                   |
| Cianuro de hidrogeno | 1 mg/m <sup>3</sup>                     | 5 mg/m <sup>3</sup>                     |
| Sulfuro de hidrogeno | 5 ppm                                   | 10 ppm                                  |
| Dióxido de azufre    | 0,5 ppm                                 | 1 ppm                                   |
| Monóxido de carbono  | 20 ppm                                  | 100 ppm                                 |

Tabla 3

<sup>21</sup> NTP 223: Trabajos en recintos confinados. INSHT

<sup>22</sup> Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2018. Ministerio de Empleo y Seguridad Social

<sup>23</sup> Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2018. Ministerio de Empleo y Seguridad Social

Una vez conocidos y valorados los riesgos existentes, corresponde aplicar las medidas de prevención que los eliminen o en su defecto los reduzcan a niveles asumibles.

Antes de entrar en un espacio confinado, **evaluar las condiciones de explosividad, contenido de oxígeno y toxicidad** de su atmósfera interior, y proceder en consecuencia.

Como norma general esta valoración deberá continuarse mientras dure la permanencia en el recinto. Antes de entrar y mientras permanezca personal en el interior, **ventilar adecuadamente** el recinto, reforzando la ventilación natural con equipos de ventilación forzada, siempre que sea necesario.

Emplear siempre equipos de respiración autónoma (ERA).

Mantener de forma **permanente personal de vigilancia en el exterior**, con preparación y equipo suficiente para prestar ayuda y lograr un rescate eficaz en caso de emergencia en el interior. (Equipo SOS).

**Evacuar inmediatamente el recinto** cuando se observen las primeras señales de alarma, tanto por los aparatos de medición, como por síntomas fisiológicos de malestar, indisposición, sensación de calor, etc., o como por cualquier otra causa que indique la propia experiencia.



**Consumo de oxígeno;** en tanques, depósitos de acero, pozos, red de alcantarillado y galerías de servicio.

Puede estar ocasionado por tres condiciones: las derivadas del propio recinto, las que se derivan del trabajo realizado, y las consideradas como propias del entorno del recinto.

La disminución de oxígeno puede deberse al uso de sopletes, soldadura, etc., empleo de gases inertes, removido o pisado de lodos; la propia respiración humana. Estos riesgos se presentan en cualquier recinto con ventilación insuficiente, incluso en galerías y colectores.

Se producen por reacciones químicas de oxidación o desplazamiento del oxígeno por otros gases. Son propias de los recintos afectados por vertidos industriales, y los que están comunicados con conducciones de gas.

### **Riesgo de explosión o incendio**

Las atmósferas peligrosas pueden ser explosivas por causas debidas al propio recinto, al trabajo realizado, y al entorno, igual que en el caso anterior.

Las sustancias inflamables pueden proceder de productos de esa índole: pintura, disolventes, resinas, plásticos, soldadura con soplete, así como por sobre-oxigenación debido a fugas o excedentes de oxígeno en trabajos de oxicorte, soldaduras oxiacetilénicas y similares. Es un riesgo inherente a cualquier recinto sin ventilación donde se efectúen los procesos citados.

Las sustancias inflamables pueden haberse acumulado por filtración de conducciones de gas combustible, filtraciones y vertidos de productos inflamables (combustibles de automoción, disolventes orgánicos, pinturas), o por emanaciones de metano procedentes del terreno. Los lugares con mayor riesgo son las zonas urbanas con red de distribución de gas, recintos próximos a instalaciones de producción, almacenamiento y distribución de gas combustible, o gasolineras, almacenes de productos químicos, talleres de pintura, etc.; así como los recintos situados en terrenos carboníferos.

Este riesgo de atmósfera peligrosa tiene entidad propia para presentarlo por separado. No tiene la contundencia del riesgo explosivo ni del riesgo de asfixia, pues la inhalación de contaminantes puede ser un riesgo insidioso (pasa desapercibida), lo que aumenta, si cabe, su gravedad.



La presencia de la sustancia tóxica suele obedecer a la descomposición biológica de materia orgánica con formación de sulfuro de hidrógeno ( $\text{SH}_2$ ), anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), etc. Cabe sospechar de su presencia en fosas sépticas y de purines, recintos mal ventilados con aguas residuales, especialmente si hay restos animales (mataderos, pescaderías, granjas, curtidores) o vegetales (almacenes o silos de grano, industrias de pasta de papel, etc.).

El trabajo que se efectúa puede provocar la aparición de gases al liberar conductos obstruidos (principalmente  $\text{SH}_2$ ), al remover o pisar lodos con gases tóxicos ocluidos, por procesos con liberación de contaminantes: soldadura, pintura, limpieza con disolvente; corte con esmeriladoras, especialmente de materiales friables de fibrocemento, que contienen amianto.

También hay que contar con la toxicidad derivada de la utilización de equipos con motor de combustión (bombas de achique, generadores eléctricos, compresores, vehículos) que producen monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ). El problema es inherente a recintos con poca ventilación, o ventilación insuficiente para los procesos que allí se llevan a cabo.

**La presencia de tóxicos deriva de causas varias:** filtraciones de monóxido de carbono de conducciones de gas; gases de combustión procedentes de filtraciones o comunicación con conductos de evacuación de sistemas de ventilación de garajes, calderas de calefacción, etc.; contaminantes diversos procedentes de vertidos incontrolados (disolventes, ácidos, álcalis); contaminantes formados por reacciones químicas accidentales. La localización típica será en recintos urbanos con conducciones de gas, recintos de redes de aguas residuales, o próximos a industrias químicas, talleres, etc.

En los espacios confinados pueden encontrarse atmósferas tóxicas por la propia etiología del recinto. El buzo integral y la protección respiratoria son parte del equipo imprescindible

### ZONIFICACIÓN

- **Zona caliente** o de intervención (existe riesgo importante de explosión o de contaminación). A ella sólo accede el personal de intervención con la protección mínima definida.
- **Zona templada** o de socorro (el riesgo no es inminente, pero hay que estar dispuesto a la posible evacuación si el incidente se propaga). En ella se encuentran los medios y personal de apoyo a la intervención.
- **Zona fría** o base (zona sin riesgo). En ella se encuentran otros servicios que colaboren y el personal evacuado del foco del incidente.

### *Acciones a desarrollar*

- Evaluación de riesgos asociados a las sustancias presentes y al propio entorno.
- Rescates rápidos y evacuación de zona caliente, o si no es posible, perseguir el confinamiento de los afectados en lugar seguro.
- Aplicación de técnicas específicas de control y neutralización del incidente. Entre otras:
  - Ventilación.
  - Refrigeración.
  - Abatimiento de gases.
  - Sellado o cubrición.

### **Rescate de una víctima en el interior de una estructura colapsada**

#### **Análisis de riesgos:**

Monitorizar la zona del derrumbe, posible riesgo de instalaciones, elección de la protección personal.

Reconocimiento de la estructura dañada: Asegurar el rescate, riesgo de nuevos desprendimientos.



En el parte de intervención, detallar que derrumbe se ha monitorizado y anotar los valores obtenidos en la monitorización.

Detallar el número de equipo y fecha de calibración.

**Fecha de Calibración**



**Nº de Serie**



Con fines jurídicos debemos de informar de la detección realizada con dos detectores. Pudiendo ser de tecnologías distintas o iguales con fechas distintas de calibración.

**LIMITES DE INFLAMABILIDAD (Explosividad):** Son la mínima y máxima concentración (%) de vapor del combustible (de gas combustible) en el aire que permite la combustión (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

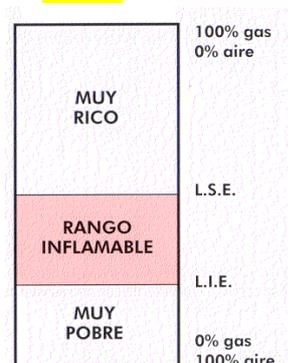
**LIMITE SUPERIOR INFLAMABILIDAD (L.S.I.)**

**(Explosividad L.S.E.) :** Es la máxima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

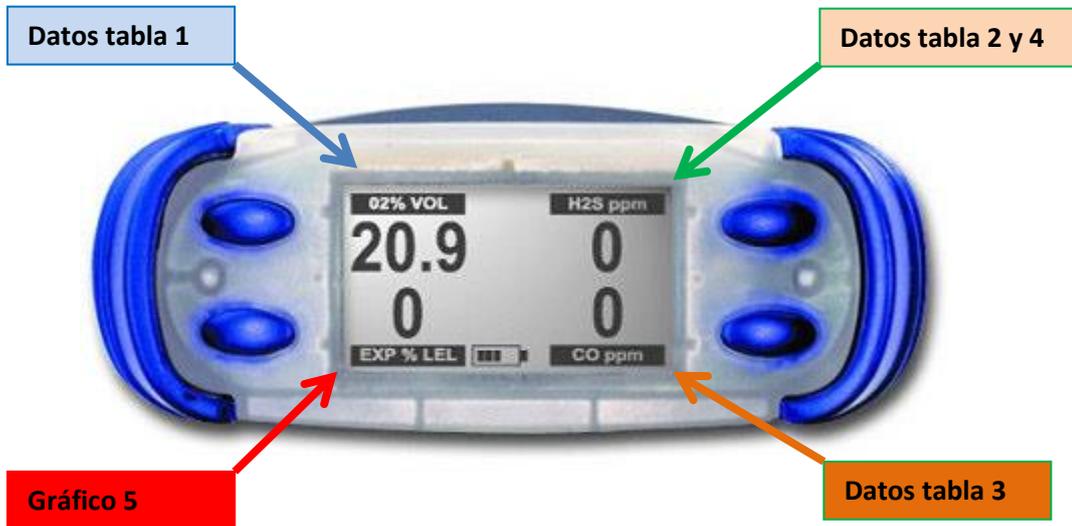
**LIMITE INFERIOR INFLAMABILIDAD**

**(Explosividad L.I.E):** Es la mínima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

**Gráfico 5**



**RANGO DE INFLAMABILIDAD (explosividad):** Es la zona comprendida entre el L.S.E. y el L.I.E.



## FICHA 4

# UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN FUGAS DE GAS EN INTERIORES



## FICHA 4. UTILIZACIÓN DE DETECTORES EN FUGAS DE GAS EN INTERIORES

**Descripción:** Fuga de gas en un edificio

**Objeto:** Empleo del equipo de detección

**Justificación:** Efectuar intervenciones seguras para la salud de los trabajadores y su entorno, así como para las personas que habitan el edificio.

### Funciones del Mando

El Mando deberá:

- En el recorrido al siniestro indicaran enciendan el detector.
- Ordenara ubicar el vehículo en un lugar determinado como mediad de protección.
- Fugas en recintos cerrados: no estacionar justamente bajo la finca afectada. Hacerlo frente a la anterior y de forma que el vehículo esté protegido ante una posible explosión.
- Fugas en alcantarillado: no ubicar el vehículo en la vertical de la galería o registro
- Considerar la detección e identificación del producto involucrado como una de las tareas prioritarias de la intervención. A partir de esta información se podrán determinar los riesgos y establecer las medidas básicas para dar respuesta al siniestro.
- Definir un canal de comunicación a través del cual estará permanentemente comunicado con el equipo de detección.
- En caso de realizarse “detección con aparatos de detección y medida” marcará los recorridos a seguir y los criterios para realizar estas tareas.
- Señalar el equipamiento de protección personal.
- Tras las mediciones realizadas efectuar la zonificación del escenario y definir las acciones a acometer.
- Solicitar a la central avise a la compañía de gas natural.

Una atmósfera se considera peligrosa para las personas cuando debido a su composición, existe riesgo de muerte, incapacitación, lesión o enfermedad grave, o dificultad para abandonar el recinto por sus propios medios.

Riesgo de asfixia por insuficiencia de oxígeno: Cuando la concentración de oxígeno es inferior a 19,5% en volumen.

| Concentración <sup>24</sup><br>Oxígeno % | Tiempo de<br>exposición | Consecuencias   |
|--|-------------------------|---|
| 21                                       | Indefinito              | Concentración normal de oxígeno en el aire  |
| 20,5                                     | No definido             | Concentración mínima para entrar sin equipos de suministro de aire  |
| 18                                       | No definido             | Se considera atmósfera deficiente en oxígeno según la normativa ANSI Z117..1-1994. Problemas de coordinación muscular y aceleración del ritmo respiratorio. |
| 17                                       | No definido             | Riesgo de pérdida de conocimiento si signo precursor.   |
| 12-16                                    | Segundos a minutos      | Vértigo, dolores de cabeza, disneas e incluso alto riesgo de inconsciencia.   |
| 6-10                                     | Segundos a minutos      | Nauseas, pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos   |

Tabla 1

Riesgo de explosión o incendio: Cuando la concentración de gases o vapores inflamables supera el 10% de su límite inferior de explosividad.

| Producto | Densidad aire | Densidad agua | LIE   | LSE   |
|----------|---------------|---------------|-------|-------|
| GN       | 0.56          | >1            | 5%    | 15.4% |
| GLP      | 2.11          | >1            | 1.8 % | 8.4 % |
| Gasolina | 4             | >1            | 1.4 % | 7.6 % |
| Gasóleo  | 2             | >1            | 1.3 % | 6 %   |
| Metano   | 0.6           | 3.3           | 5 %   | 15 %  |

Tabla 2

Antes de entrar en un espacio confinado, **evaluar las condiciones de explosividad, contenido de oxígeno y toxicidad** de su atmósfera interior, y proceder en consecuencia.

Como norma general esta valoración deberá continuarse mientras dure la permanencia en el recinto. Antes de entrar y mientras permanezca personal en el interior, **ventilar adecuadamente**

Emplear siempre equipos de respiración autónoma (ERA).

Mantener de forma **permanente personal de vigilancia en el exterior**, con preparación y equipo suficiente para prestar ayuda y lograr un rescate eficaz en caso de emergencia en el interior. (Equipo SOS).

**Evacuar inmediatamente el recinto** cuando se observen las primeras señales de alarma, tanto por los aparatos de medición, como por síntomas fisiológicos de malestar,

<sup>24</sup> NTP 223: Trabajos en recintos confinado. INSHT

indisposición, sensación de calor, etc., o como por cualquier otra causa que indique la propia experiencia.

**Consumo de oxígeno;** en edificios, red de alcantarillado y galerías de servicio.

Puede estar ocasionado por tres condiciones: las derivadas del propio recinto, las que se derivan del trabajo realizado, y las consideradas como propias del entorno del recinto.

### **Fugas en recintos cerrados**

Se pueden formar mezclas explosivas en recintos cerrados en los que está fugando un líquido inflamable o un gas inflamable. Los gases y vapores se pueden acumular en techos, así como ser más densos que el aire y acumularse en el suelo y llegar a fluir a zonas bajas y sótanos.

Tomar mediciones con el explosímetro en varios lugares. Si se trata de un gas denso medir especialmente en huecos y sótanos.

Repetir las mediciones varias veces si se desconoce el origen de la fuga o se producen aumentos de concentración.

Efectuar diversas mediciones hasta que el explosímetro marque un 10% LEL. **La ZONA CALIENTE** será la comprendida entre ese punto y la fuga.

**La ZONA TEMPLADA** será el resto de la finca incluida la vía pública frente a las fachadas

En caso de fuga prever la disposición de instalaciones en prevención de una posible inflamación

Eliminar todo tipo de fuente de ignición en toda la zona de intervención, hasta *límite de la zona fría*.

Averiguar donde se corta el suministro eléctrico y efectuarlo si el mando lo considera oportuno

Cortar la fuga y ventilar el recinto hasta que el explosímetro de concentración 0

Verificar atmósferas de recintos anexos y sótanos en el caso de que se sospeche de acumulación de gases.

## Riesgo de explosión o incendio

Las atmósferas peligrosas pueden ser explosivas por causas debidas al propio recinto, al trabajo realizado, y al entorno, igual que en el caso anterior.

Las sustancias inflamables pueden proceder de productos de esa índole: pintura, disolventes, resinas, plásticos, soldadura con soplete, así como por sobre-oxigenación debido a fugas o excedentes de oxígeno en trabajos de oxicorte, soldaduras oxiacetilénicas y similares. Es un riesgo inherente a cualquier recinto sin ventilación donde se efectúen los procesos citados.

Las sustancias inflamables pueden haberse acumulado por filtración de conducciones de gas combustible, filtraciones y vertidos de productos inflamables (combustibles de automoción, disolventes orgánicos, pinturas), o por emanaciones de metano procedentes del terreno. Los lugares con mayor riesgo son las zonas urbanas con red de distribución de gas, recintos próximos a instalaciones de producción, almacenamiento y distribución de gas combustible, o gasolineras, almacenes de productos químicos, talleres de pintura, etc.; así como los recintos situados en terrenos carboníferos.

### Acciones a desarrollar

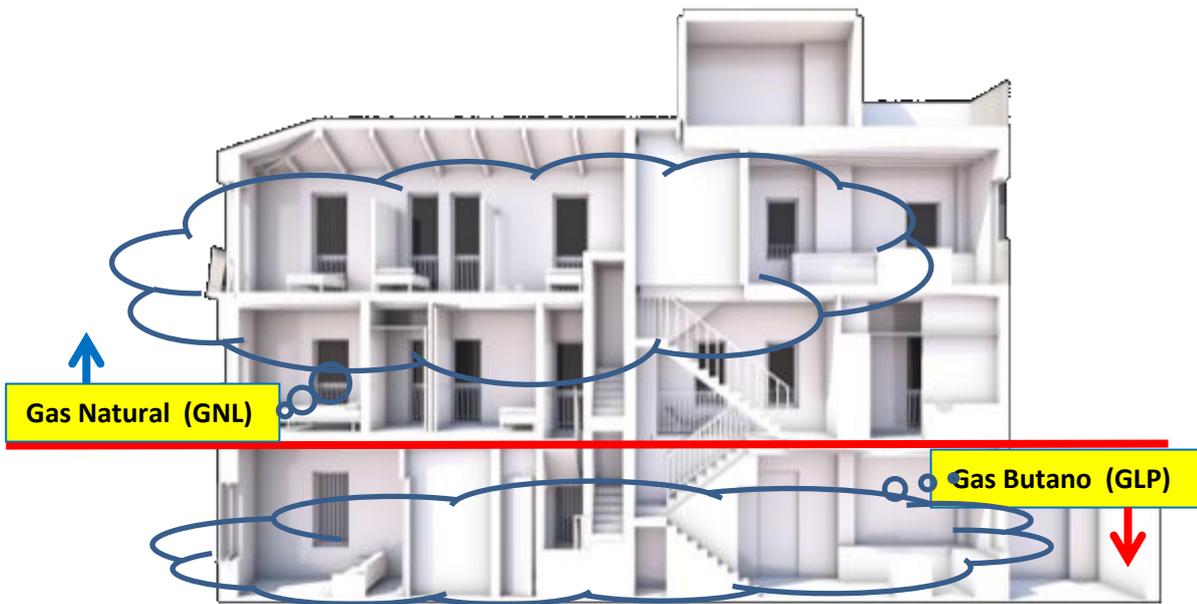
- Evaluación de riesgos asociados a las sustancias presentes y al propio entorno.
- Rescates rápidos y evacuación de zona caliente, o si no es posible, perseguir el confinamiento de los afectados en lugar seguro.
- Aplicación de técnicas específicas de control y neutralización del incidente. Entre otras:
  - Ventilación.
  - Refrigeración.
  - Abatimiento de gases.

### Rescate de una víctima en el interior de una vivienda, como consecuencia de una fuga de gas

#### Análisis de riesgos:

Monitorizar la vivienda, caja de escalera y viviendas.

- Gas natural. Revisión pormenorizada de las viviendas situadas, por encima de la fuga.
- GLP. Revisión pormenorizada de las viviendas situadas, por debajo de la fuga.



Cuando encontremos a la/s víctimas, monitorizar su entorno y anotar los valores obtenidos.

En el parte de intervención, detallar que la fuga, se ha monitorizado y anotar los valores obtenidos en la monitorización.

Detallar el número de equipo y fecha de calibración.

**Fecha de Calibración**



**Nº de Serie**



Con fines jurídicos debemos de informar de la detección realizada con dos detectores. Pudiendo ser de tecnologías distintas o iguales con fechas distintas de calibración.

**LIMITES DE INFLAMABILIDAD (Explosividad):** Son la mínima y máxima concentración (%) de vapor del combustible (de gas combustible) en el aire que permite la combustión (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

### LIMITE SUPERIOR INFLAMABILIDAD (L.S.I.)

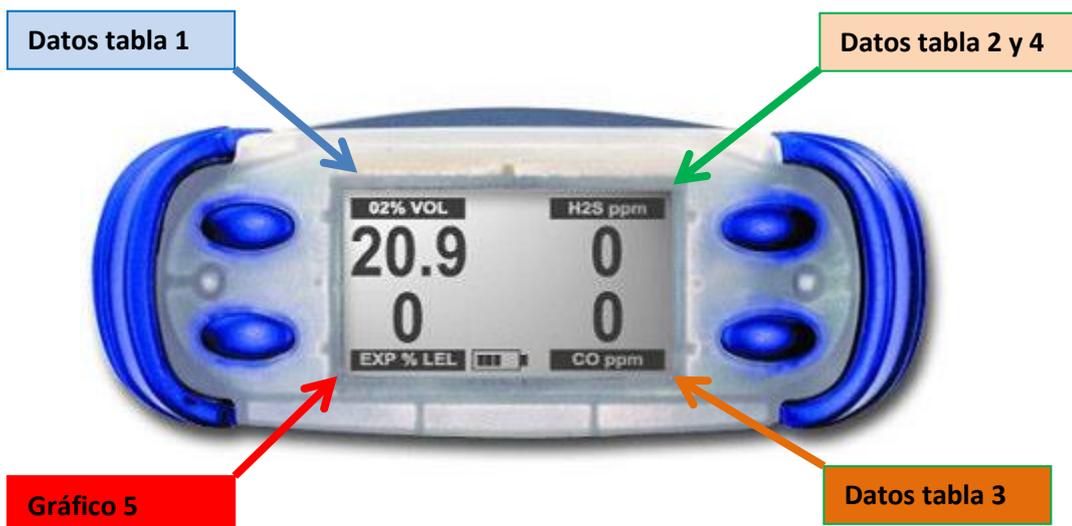
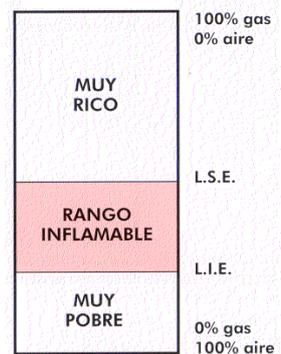
**(Explosividad L.S.E.)** : Es la máxima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

### LIMITE INFERIOR INFLAMABILIDAD

**(Explosividad L.I.E):** Es la mínima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

**RANGO DE INFLAMABILIDAD (explosividad):** Es la zona comprendida entre el L.S.E. y el L.I.E.

Gráfico 5



Para facilitar la vuelta a la normalidad del edificio, volver a monitorizar todas las viviendas afectadas y cuando estén dentro de los valores de seguridad, autorizar el paso a las viviendas. (Ver tablas 1 y 2)

# FICHA 5 UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN FUGAS DE GAS EN VÍA PÚBLICA



**FICHA 5. UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN FUGAS DE GAS EN VÍA PÚBLICA**

**Descripción:** Fuga de gas en la vía pública.

**Objeto:** Empleo del equipo de detección

**Justificación:** Efectuar intervenciones seguras para la salud de los trabajadores y su entorno, así como para las personas que habitan los edificios próximos.

**Funciones del Mando**

El Mando deberá:

- En el recorrido al siniestro indicaran enciendan el detector.
- Ordenara ubicar el vehículo en un lugar determinado como mediad de protección.
- Fugas a la atmósfera: estacionar a favor del viento a 300 m
- Fugas en recintos cerrados: no estacionar justamente bajo la finca afectada. Hacerlo frente a la anterior y de forma que el vehículo esté protegido ante una posible explosión
- Fugas en alcantarillado: no ubicar el vehículo en la vertical de la galería o registro
- Se solicitará la presencia de la compañía de gas o hidrocarburos correspondiente.
- Comprobar baterías del explosímetro y calibrar según instrucciones del manual del aparato.
- Fugas en alcantarillado: no ubicar el vehículo en la vertical de la galería o registro
- Considerar la detección e identificación del producto involucrado como una de las tareas prioritarias de la intervención. A partir de esta información se podrán determinar los riesgos y establecer las medidas básicas para dar respuesta al siniestro.
- Definir un canal de comunicación a través del cual estará permanentemente comunicado con el equipo de detección.
- En caso de realizarse “detección con aparatos de detección y medida” marcará los recorridos a seguir y los criterios para realizar estas tareas.
- Señalar el equipamiento de protección personal.
- Tras las mediciones realizadas efectuar la zonificación del escenario y definir las acciones a acometer.
- Solicitar a la central avise a la compañía de gas natural.

Una atmósfera se considera peligrosa para las personas cuando debido a su composición, existe riesgo de muerte, incapacitación, lesión o enfermedad grave, o dificultad para abandonar el recinto por sus propios medios.

Riesgo de asfixia por insuficiencia de oxígeno: Cuando la concentración de oxígeno es inferior a 19,5% en volumen.

| Concentración <sup>25</sup><br>Oxígeno % | Tiempo de<br>exposición | Consecuencias   |
|--|-------------------------|---|
| 21                                       | Indefinito              | Concentración normal de oxígeno en el aire  |
| 20,5                                     | No definido             | Concentración mínima para entrar sin equipos de suministro de aire  |
| 18                                       | No definido             | Se considera atmósfera deficiente en oxígeno según la normativa ANSI Z117..1-1994. Problemas de coordinación muscular y aceleración del ritmo respiratorio. |
| 17                                       | No definido             | Riesgo de pérdida de conocimiento si signo precursor.   |
| 12-16                                    | Segundos a minutos      | Vértigo, dolores de cabeza, disneas e incluso alto riesgo de inconsciencia.   |
| 6-10                                     | Segundos a minutos      | Nauseas, pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos   |

Tabla 1

Riesgo de explosión o incendio: Cuando la concentración de gases o vapores inflamables supera el 10% de su límite inferior de explosividad.

| Producto | Densidad aire | Densidad agua | LIE   | LSE   |
|----------|---------------|---------------|-------|-------|
| GN       | 0.56          | >1            | 5%    | 15.4% |
| GLP      | 2.11          | >1            | 1.8 % | 8.4 % |
| Gasolina | 4             | >1            | 1.4 % | 7.6 % |
| Gasóleo  | 2             | >1            | 1.3 % | 6 %   |
| Metano   | 0.6           | 3.3           | 5 %   | 15 %  |

Tabla 2

Antes de entrar en un espacio confinado, **evaluar las condiciones de explosividad, contenido de oxígeno y toxicidad** de su atmósfera interior, y proceder en consecuencia.

Como norma general esta valoración deberá continuarse mientras dure la permanencia en el recinto. Antes de entrar y mientras permanezca personal en el interior, **ventilar adecuadamente**

Emplear siempre equipos de respiración autónoma (ERA).

Mantener de forma **permanente personal de vigilancia en el exterior**, con preparación y equipo suficiente para prestar ayuda y lograr un rescate eficaz en caso de emergencia en el interior. (Equipo SOS).

<sup>25</sup> NTP 223: Trabajos en recintos confinado. INSHT

**Evacuar inmediatamente el recinto** cuando se observen las primeras señales de alarma, tanto por los aparatos de medición, como por síntomas fisiológicos de malestar, indisposición, sensación de calor, etc., o como por cualquier otra causa que indique la propia experiencia.

**Consumo de oxígeno;** en edificios, red de alcantarillado y galerías de servicio.

Puede estar ocasionado por tres condiciones: las derivadas del propio recinto, las que se derivan del trabajo realizado, y las consideradas como propias del entorno del recinto.

### **Fugas en exteriores**

El tamaño de la nube inflamable depende varios factores, entre otros de su origen (roturas o fugas en canalizaciones, botellas, cisternas...), de la temperatura ambiente o de la dirección del viento.

Gases densos fugando en días de baja temperatura y vientos flojos, pueden acumularse en zonas bajas, depresiones o sótanos. Siempre se tendrá en cuenta esta posibilidad

Aproximarse a la nube desde diversas direcciones hasta que el explosímetro marque un 20% LEL.

La **ZONA CALIENTE** será la comprendida entre ese punto y la fuga.

Disponer instalaciones en prevención de una posible inflamación

Eliminar todo tipo de fuente de ignición (incluidos teléfonos móviles) en toda la zona de intervención, hasta *límite de la zona fría* (al menos a 100 m del límite zona caliente)

Si no es posible eliminar alguna fuente de ignición, diluir la fuga con agua pulverizada sobre la misma, o en el caso de líquidos volátiles cubrir el derrame con la espuma adecuada al producto (directrices en el Plan de Intervención para líquidos inflamables PIIE- SPE 001)

Dentro de la zona de intervención solo se emplearán herramientas antideflagrantes y equipos de seguridad intrínseca

El mando valorará la posibilidad de cortar el suministro eléctrico y evacuar a los ciudadanos de las viviendas más cercanas.

Asegurada la zona se procederá a la eliminación de la fuga, por el método más adecuado: corte del suministro, taponamiento, fuga controlada...

## Riesgo de explosión o incendio

Las atmósferas peligrosas pueden ser explosivas por causas debidas al propio recinto, al trabajo realizado, y al entorno, igual que en el caso anterior.

Las sustancias inflamables pueden proceder de productos de esa índole: pintura, disolventes, resinas, plásticos, soldadura con soplete, así como por sobre-oxigenación debido a fugas o excedentes de oxígeno en trabajos de oxicorte, soldaduras oxiacetilénicas y similares. Es un riesgo inherente a cualquier recinto sin ventilación donde se efectúen los procesos citados.

Las sustancias inflamables pueden haberse acumulado por filtración de conducciones de gas combustible, filtraciones y vertidos de productos inflamables (combustibles de automoción, disolventes orgánicos, pinturas), o por emanaciones de metano procedentes del terreno. Los lugares con mayor riesgo son las zonas urbanas con red de distribución de gas, recintos próximos a instalaciones de producción, almacenamiento y distribución de gas combustible, o gasolineras, almacenes de productos químicos, talleres de pintura, etc.; así como los recintos situados en terrenos carboníferos.

## Acciones a desarrollar

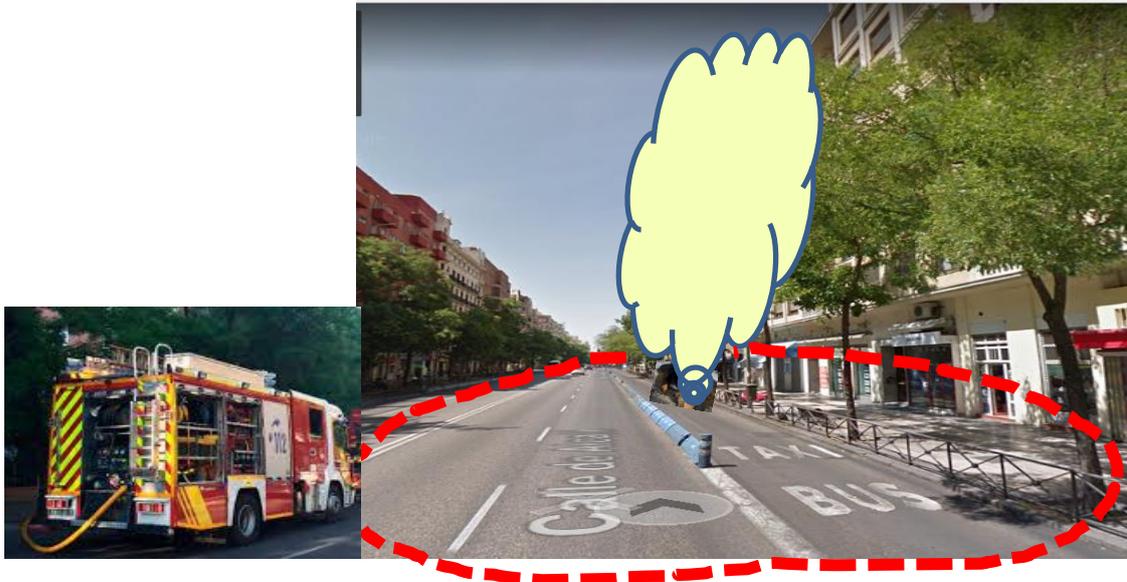
- Evaluación de riesgos asociados a las sustancias presentes y al propio entorno.
- Rescates rápidos y evacuación de zona caliente, o si no es posible, perseguir el confinamiento de los afectados en lugar seguro.
- Aplicación de técnicas específicas de control y neutralización del incidente. Entre otras:
  - Ventilación.
  - Refrigeración.
  - Abatimiento de gases.

## Fuga de gas en vía pública

### Análisis de riesgos:

Monitorizar edificios próximos, caja de escalera y viviendas.

Gas natural. Revisión pormenorizada de las viviendas situadas, por encima de la fuga.



Realizar instalaciones de agua en prevención

En el parte de intervención, detallar que la fuga, se ha monitorizado y anotar los valores obtenidos en la monitorización.

Detallar el número de equipo y fecha de calibración.

### Fecha de Calibración



### Nº de Serie



**LIMITES DE INFLAMABILIDAD (Explosividad):** Son la mínima y máxima concentración (%) de vapor del combustible (de gas combustible) en el aire que permite la combustión (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

### LIMITE SUPERIOR INFLAMABILIDAD (L.S.I.)

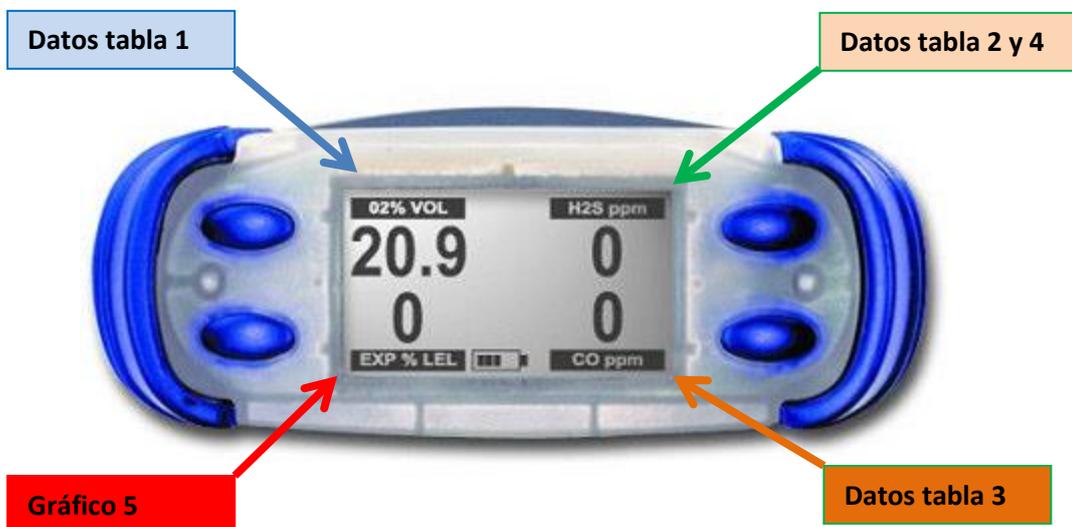
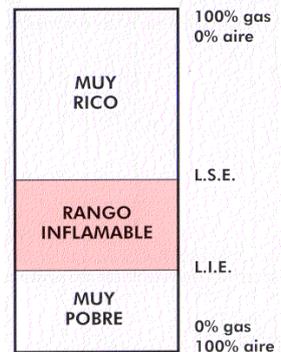
**(Explosividad L.S.E.):** Es la máxima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

### LIMITE INFERIOR INFLAMABILIDAD

**(Explosividad L.I.E):** Es la mínima concentración (%) de gas combustible en el aire que permite que se produzca una explosión en presencia de una fuente de ignición.

**RANGO DE INFLAMABILIDAD (explosividad):** Es la zona comprendida entre el L.S.E. y el L.I.E.

Gráfico 5



Para facilitar la vuelta a la normalidad del edificio, volver a monitorizar todas las viviendas afectadas y cuando estén dentro de los valores de seguridad, autorizar el paso a las viviendas. (Ver tablas 1 y 2).

# FICHA 6 UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN ACCIDENTES DE TRÁFICO



## FICHA 6. UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE DETECCIÓN EN ACCIDENTES DE TRÁFICO

En el momento actual como consecuencia de los nuevos vehículos en el mercado, que emplean nuevas energías para automoción, se considera necesario la utilización de equipos de detección en los accidentes de tráfico, para asegurar la no presencia de fugas de este tipo de productos energéticos que se están empleando como carburantes en los vehículos. Proponer a los responsables de las unidades RAT (rescate en accidentes de tráfico), incorporen a sus procedimientos la detección y la descarga equipotencial y puesta a tierra de los vehículos afectados en el accidente.

En la actualidad los vehículos que emplean productos menos contaminantes para automoción, en el supuesto de una fuga tienen mayor riesgo de explosividad.

*Vehículos solares*

Vehículo eléctrico

*Vehículos eléctricos*

*Vehículos híbridos gasolina eléctricos / Vehículos híbridos gasóleo eléctricos.*

*Vehículos gasolina*

Vehículo híbrido

*Vehículos gasóleo*

*Vehículos con biodiesel*

*Vehículos gasolina / GLP*

*Vehículos gasolina GNC*

Vehículo gasolina /GLP

*Vehículos industriales de transporte autobuses y autocares gasóleo / GNC*

Vehículo GNC

Autobús GNC



*Camiones gasóleo / GNL*

*Vehículos con hidrogeno*



Camión GNL



Vehículo de hidrógeno

Tabla de rangos de explosividad

| Tipo de vehículo | Combustible | Límite inferior de explosividad (LIE) | Límite superior de explosividad (LSE) | Densidad respecto al aire | T. auto inflamación |
|------------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Camión/vehic     | Gasóleo     | 6.00%                                 | 13,5%                                 | +                         | >338°C              |
| Vehículos        | Gasolina    | 0,8%                                  | 5,0%                                  | +                         | >200°C              |
| Camión/vehic     | Biodiesel   | 0,5%                                  | 5.0%                                  | +                         | >250°C              |
| Vehículos        | Hidrogeno   | 4,0%                                  | 77,0%                                 | -                         | >500°C              |
| Vehículos        | GLP         | 1,9%                                  | 8,5%                                  | +                         | >400°C              |
| Camión/vehic     | GNL         | 4,14%                                 | 17,0%                                 | -                         | >600°C              |
| Camión/vehic     | GNC         | 5,3%                                  | 14,0%                                 | -                         | >537°C              |

Siguiendo el criterio de seguridad, valorar la descarga equipotencial y puesta a tierra del vehículo / camión / autocar siniestrado.



## VEHÍCULO DE GASOLINA



Lo más urgente es hacer seguro el siniestro para las víctimas / intervinientes.

Con independencia de otras seguir estos criterios ayudara a cumplir el objetivo de la seguridad.

| Tipo de vehículo | Combustible | Límite inferior de explosividad (LIE) | Límite superior de explosividad (LSE) | Densidad respecto al aire | T. auto inflamación |
|------------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Vehículos        | Gasolina    | 0,8%                                  | 5,0%                                  | +                         | >200°C              |

| RIESGOS  | CAUSAS  | ACCIONES  |
|----------|---|---|
| Incendio | Fuentes de ignición<br>Acumulación de carga electrostática<br>Motores próximos de explosión | Zonificación<br>Cubrición con espuma de media expansión<br>Valorar descarga equipotencial y puesta a tierra |

| PROTECCIÓN PERSONAL  |
|--|
| Nivel I + ERA ( si se dispusiera un traje antiestático colocar sobre el nivel I) |



## VEHÍCULO DE GASOLEO



Lo más urgente es hacer seguro el siniestro para las víctimas / intervinientes.

Con independencia de otras seguir estos criterios ayudara a cumplir el objetivo de la seguridad.

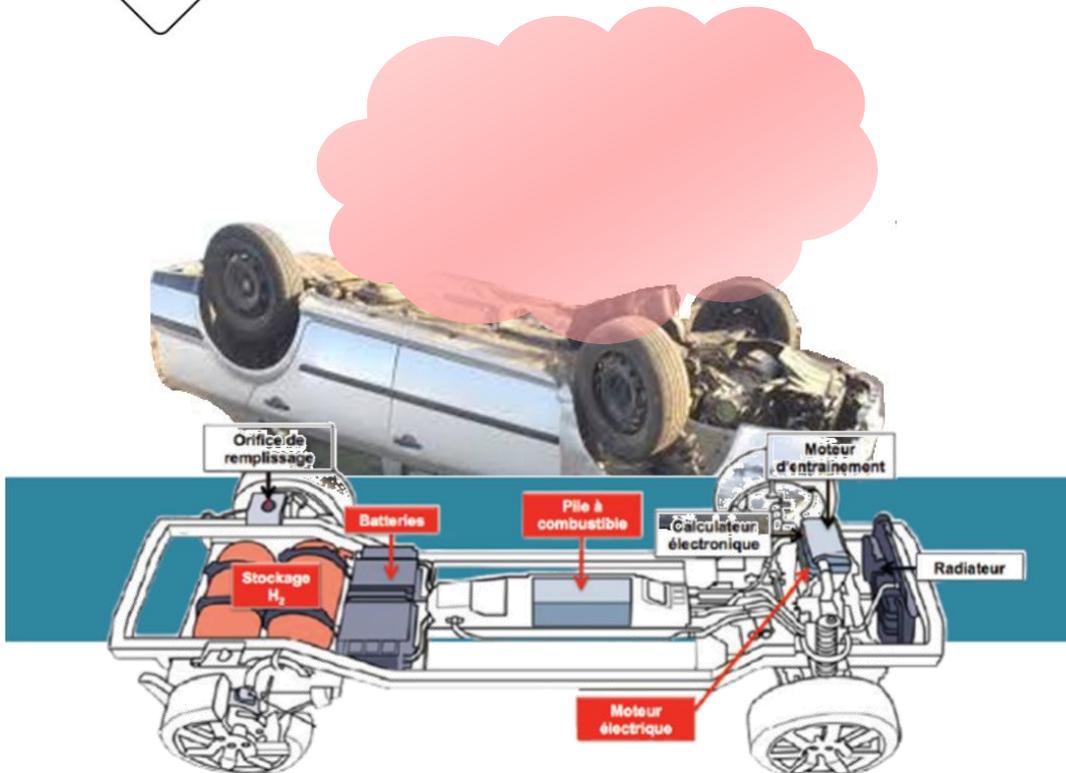
| Tipo de vehículo | Combustible | Límite inferior de explosividad (LIE) | Límite superior de explosividad (LSE) | Densidad respecto al aire | T. auto inflamación |
|------------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Vehículos        | Gasóleo     | 6.00%                                 | 13,5%                                 | +                         | >338°C              |

| RIESGOS  | CAUSAS  | ACCIONES  |
|----------|---|---|
| Incendio | Fuentes de ignición<br>Acumulación de carga electrostática<br>Motores próximos de explosión | Zonificación<br>Cubrición con espuma de media expansión<br>Valorar descarga equipotencial y puesta a tierra |

| PROTECCIÓN PERSONAL  |
|--|
| Nivel I + ERA ( si se dispusiera un traje antiestático colocar sobre el nivel I) |



## VEHÍCULO DE HIDROGENO



Tener especial precaución las llamas del hidrogeno no se ven, si comprobamos que es un coche con este combustible, antes de aproximarse comprobar con la cámara térmica.

Lo más urgente es hacer seguro el siniestro para las victimas / intervinientes.

Con independencia de otras seguir estos criterios ayudara a cumplir el objetivo de la seguridad.

| Tipo de vehículo | Combustible | Límite inferior de explosividad (LIE) | Límite superior de explosividad (LSE) | T. auto inflamación |
|------------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Vehículos        | Hidrogeno   | 4,0%                                  | 77,0%                                 | >500°C              |

| RIESGOS  | CAUSAS   | ACCIONES   |
|----------|--|--|
| Incendio | Fuentes de ignición<br>Acumulación de cargas electrostáticas.<br>Motores de fricción / explosión próximos. | Zonificación<br>Valorar descarga equipotencial y puesta a tierra |

| PROTECCIÓN PERSONAL |
|---------------------|
| Nivel I + ERA       |



## CAMIÓN DE GLP / GASOLEO



Lo más urgente es hacer seguro el siniestro para las víctimas / intervinientes.

Con independencia de otras seguir estos criterios ayudara a cumplir el objetivo de la seguridad.

Reconocer el contenido de la carga esta podría agravar el incidente

| Tipo de vehículo | Combustible | Límite inferior de explosividad (LIE) | Límite superior de explosividad (LSE) | Densidad respecto al aire | T. auto inflamación |
|------------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Camión           | Gasóleo     | 6.00%                                 | 13,5%                                 | +                         | >338°C              |
| Camión           | GLP         | 1,9%                                  | 8,5%                                  | +                         | >400°C              |

| RIESGOS  | CAUSAS  | ACCIONES   |
|----------|---|--|
| Incendio | Fuentes de ignición<br>Acumulación de carga electrostática<br>Motores próximos de explosión | Zonificación<br>Valorar descarga equipotencial y puesta a tierra<br>Preparar líneas (2) de 45 mm en prevención |

### PROTECCIÓN PERSONAL

Nivel I + ERA



## CAMIÓN DE GNL / GASOLEO



Lo más urgente es hacer seguro el siniestro para las víctimas / intervinientes.

Con independencia de otras seguir estos criterios ayudara a cumplir el objetivo de la seguridad.

Reconocer el contenido de la carga esta podría agravar el incidente

| Tipo de vehículo | Combustible | Límite inferior de explosividad (LIE) | Límite superior de explosividad (LSE) | Densidad respecto al aire | T. auto inflamación |
|------------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Camión           | Gasóleo     | 6.00%                                 | 13,5%                                 | +                         | >338°C              |
| Camión           | GNL         | 4,14%                                 | 17,0%                                 | -                         | >600°C              |

| RIESGOS                    | CAUSAS  | ACCIONES   |
|----------------------------|---|--|
| Incendio                   | Fuentes de ignición<br>Acumulación de carga electrostática<br>Motores próximos de explosión | Zonificación<br>Cubrir con espuma de media expansión el vertido.<br>Valorar descarga equipotencial y puesta a tierra<br>Preparar líneas (2) de 45 mm en prevención |
| <b>PROTECCIÓN PERSONAL</b> |   |  |
| Nivel I + ERA              |   |  |



## AUTOBUS DE GNC / GASOLEO



Lo más urgente es hacer seguro el siniestro para las víctimas / intervinientes.

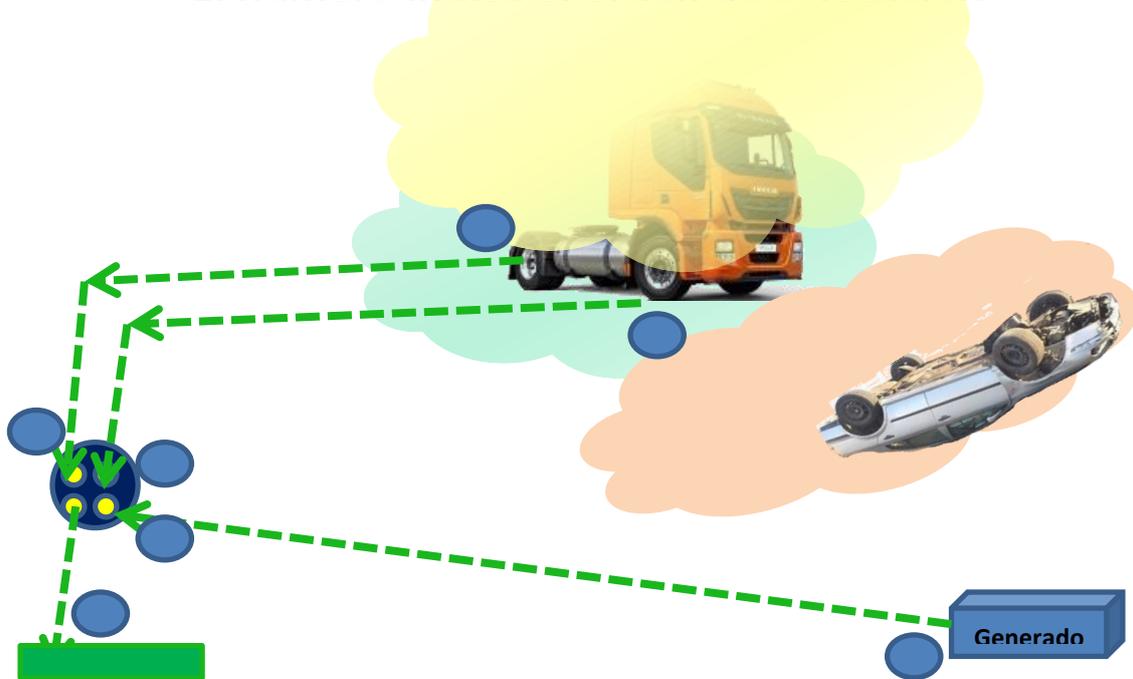
Con independencia de otras seguir estos criterios ayudara a cumplir el objetivo de la seguridad.

| Tipo de vehículo | Combustible | Límite inferior de explosividad (LIE) | Límite superior de explosividad (LSE) | Densidad respecto al aire | T. auto inflamación |
|------------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Autobús          | Gasóleo     | 6.00%                                 | 13,5%                                 | +                         | >338°C              |
| Autobús          | GNC         | 5,3%                                  | 14,0%                                 | -                         | >537°C              |

| RIESGOS                    | CAUSAS  | ACCIONES   |
|----------------------------|---|--|
| Incendio                   | Fuentes de ignición<br>Acumulación de carga electrostática<br>Motores próximos de explosión | Zonificación<br>Valorar descarga equipotencial y puesta a tierra<br>Preparar líneas (2) de 45 mm en prevención |
| <b>PROTECCIÓN PERSONAL</b> |   |  |
| Nivel I + ERA              |   |  |

## CAMIÓN GNL + GASOLEO / VEHÍCULO DE GASOLINA

Conexión equipotencial y puesta a tierra  
El numero indica el orden de colocación



Es un siniestro donde se da diferentes tipos de carburantes, densidades distintas, puntos de auto inflamación distintos, etc.

| Tipo de vehículo | Combustible | Límite inferior de explosividad (LIE) | Límite superior de explosividad (LSE) | Densidad respecto al aire | T. auto inflamación |
|------------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Camión/vehic     | Gasóleo     | 6,00%                                 | 13,5%                                 | +                         | >338°C              |
| Vehículos        | Gasolina    | 0,8%                                  | 5,0%                                  | +                         | >200°C              |
| Camión/vehic     | GNL         | 4,14%                                 | 17,0%                                 | -                         | >600°C              |

| RIESGOS                    | CAUSAS  | ACCIONES  |
|----------------------------|---|---|
| Incendio                   | Fuentes de ignición<br>Acumulación de carga electrostática<br>Motores próximos de explosión | Zonificación<br>Cubrir con espuma de media expansión el vertido<br>Valorar descarga equipotencial y puesta a tierra<br>Preparar líneas (2) de 45 mm en prevención |
| <b>PROTECCIÓN PERSONAL</b> |   |   |
| Nivel I + ERA              |   |   |

## GUÍA OPERATIVA

EQUIPOS DE DETECCIÓN,  
IDENTIFICACIÓN Y  
MONITORIZACIÓN (DIM)