

3.2



Manual del BOMBERO
Fenómenos Naturales y Antrópicos
Operaciones de Ayudas Técnicas

3.2 Riesgo en accidentes con materias peligrosas

3.2

Manual del BOMBERO
Fenómenos Naturales y Antrópicos
Operaciones de Ayudas Técnicas

3.2 Riesgo en accidentes con materias peligrosas

TÍTULOS DE LA COLECCIÓN MANUAL DEL BOMBERO

Volumen 1 Operaciones de salvamento

- 1.1 Rescate en accidentes de tráfico
- 1.2 Trabajos y rescates en altura
- 1.3 Rescate acuático en superficie
- 1.4 Urgencias sanitarias para bomberos

Volumen 2 Control y extinción de incendios

- 2.1 Principios de lucha contra incendios
- 2.2 Incendios en interiores
- 2.3 Incendios forestales
- 2.4 Prevención de incendios

Volumen 3 Fenómenos naturales y antrópicos. Operaciones de ayudas técnicas

- 3.1 Riesgos naturales
- 3.2 Riesgo en accidentes con materias peligrosas
- 3.3 Redes de distribución e instalaciones
- 3.4 Principios de construcción y estabilización de estructuras

Volumen 4 Uso de recursos operativos

- 4.1 Equipos de protección respiratoria
- 4.2 Medios de extinción. Operaciones e instalaciones con mangueras
- 4.3 Bombas. Hidráulica básica para bomberos
- 4.4 Vehículos de los S.P.E.I.S
- 4.5 Manejo de herramientas y equipos

Volumen 5 Organización y desarrollo profesional

- 5.1 El Sistema Vasco de Atención de Emergencias
- 5.2 Seguridad y salud laboral
- 5.3 Aspectos legales de la intervención. Responsabilidades, deberes y derechos
- 5.4 Psicología de emergencias

Edición:	Junio 2011.
Tirada:	1.800 ejemplares.
©	Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Departamento de Interior.
Internet:	www.arkauteakademia.euskadi.net
Edita:	Academia de Policía del País Vasco. Carretera Gasteiz-Irún Km. 5. 01192 Arkaute - Álava.
Dirección proyecto:	Hilario Sein Narvarte. <i>Asesor de la Academia de Policía del País Vasco.</i>
Autores:	Eduardo Aragolaza Rabanal. <i>Subinspector -Subjefe del Servicio de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamento del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.</i> Javier Elorza Gómez. <i>Subinspector del Servicio de Extinción de Incendios y Salvamento de la Diputación Foral de Bizkaia.</i> José Manuel Hormazabal Meabe. <i>Subinspector SPEIS del Consorcio de Ayala.</i>
Coordinación Editorial:	Javier Elorza Gómez. <i>Subinspector del Servicio de Extinción de Incendios y Salvamento de la Diputación Foral de Bizkaia.</i>
Diseño:	Bell Comunicación, S. Coop.
Impresión:	
ISBN de la Obra Completa:	978-84-615-1638-4 / ISBN del Volumen 3: 978-84-615-1635-3 / ISBN de este libro: 978-84-615-1729-9
D.L.:	

Aurkezpena

Niretzat aparteko ohorea da Suhiltzaileen eskuliburu bezalako argitalpen liburu bat aurkeztea. Aspalditik, larrialdiekin zerikusia duten profesionalak asko hitz egin dute “euskarazko eskuliburu” baten inguruan. Izan ere, etorkizuneko suhiltzaileentzat eta elkargo osoarentzat liburu hori zen erreferentzia liburu.

“Hasierako edo lehen liburu hori” Eusko Jaurlaritzako Larrialdien Zuzendaritzan argitaratu zen; hain zuzen ere, niretzat urte askotan lanean harrotasunez ibilitako tokia. Nire ibilaldi profesional luze honetan ziurtatu ahal izan dut “euskarazko eskuliburu” guztiek errespetatu duten tresna bat izan dela.

Eskuliburu berri honetan aurrekoaren mamia agertzen bada ere, hau askoz gehiago da. XXI. mendearen beharrazin erantzuten die. Eta, Arkauteko Ikastegiko zuzendaria naizen aldetik, nire gogobetea adierazten dut guztiek egindako lanagatik.

Ertzaintzaren sorreran ospe handia gordetzen duen Ikastegia da gurea eta, segurtasunean eta larrialdietan prestakuntza osoa ematera bideratutako Ikastegia dugu.

Eta azken esparru honetan, denbora marka baten barruan, luzaroan etsi-etsian oroitutako egitasmo bat bete ahal izan dugu: eguneratutako eta maila tekniko altuko Suhiltzaileen eskuliburu bat izatea, gizarteak arriskuaren aurrean dituen beharrezkoak eta betekizunak erantzun behar izateko, gero eta konplexuago eta teknifikatuago dagoen lanbide baterako.

Ikastegiaren bateratzeko zeregina ere nabarmendu behar dugu. Udaletakoak, Aldundietakoak eta Partzuergoetakoak diren Suhiltzaileen Zerbitzuen egituratzeak berak ezinbestekoa egiten du guztien erantzukizunak eta ahaleginak biltzean etengabeko ahalegina eta ahalegin tinkoa izatea.

Eskuliburu hau talde-lanaren emaitza da, Euskadiko Suhiltzaileen Zerbitzu guztien lankidetzan izan dugun lanaren emaitza. Lan horretan izan dira ondorengoak: Bilboko suhiltzaileak, Vitoria-Gasteizkoak, Donostia-San Sebastiánkoak, Bizkaikoak, Gipuzkoakoak eta Arabakoak; baita ere, Eusko Jaurlaritzako Larrialdi Zerbitzuetako kideak eta egiaztatutako adituak.

Eta garrantzitsuagoa duguna, egileen konpromisoa nabarmendu nahi dut, inolako interesik gabe euren onena, jakinduria eta eskarmentua eman baitizkiote elkargo osoari.

Kalitate handiko lana eskaintzen dizuegula uste dugu. Lan honekin gozatzea espero dugu.

Presentación

Presentar un libro como esta edición del Manual de Bomberos es para mí un honor especial. Desde hace muchos años, todos los profesionales relacionados con las emergencias han hablado del “manual vasco”. Era el libro de referencia para los futuros bomberos y también de ayuda para todo el colectivo profesional.

Este “libro de cabecera” se editaba en la Dirección de Emergencias del Gobierno Vasco, en la que he tenido el orgullo de trabajar durante muchos años. En mi amplia trayectoria profesional he podido comprobar cómo el “manual vasco” era respetado por todos.

Este nuevo manual lleva la esencia del anterior, pero va mucho más allá. Responde a las necesidades del siglo XXI. Y como Directora de la Academia de Arkaute me siento satisfecha del trabajo que entre todos hemos llevado a cabo.

Una Academia que atesora un reconocido prestigio en la creación de la Ertzaintza, camina hacia la formación integral en seguridad y emergencias.

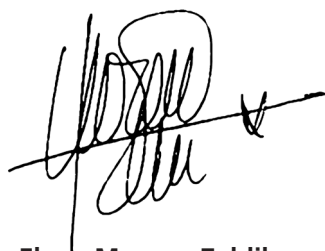
Y es en este último campo donde, en un tiempo récord, hemos podido concretar un proyecto largamente añorado: disponer de un Manual de Bomberos actualizado y de alto nivel técnico, para una profesión cada vez más compleja y tecnificada, que debe responder a las exigencias y requerimientos de una sociedad frente al riesgo.

Hay que destacar el papel aglutinador de la Academia. La propia vertebración de los Servicios de Bomberos dependientes de Ayuntamientos, Diputaciones y Consorcios hace imprescindible un esfuerzo constante e intenso en la articulación de responsabilidades y esfuerzos comunes.

Este manual es el fruto de un trabajo coral, en el que hemos contado con la colaboración y la cooperación de todos los Servicios de Bomberos de Euskadi: Bomberos de Bilbao, de Vitoria-Gasteiz, de Donostia-San Sebastián, de Bizkaia, de Gipuzkoa y de Araba, así como de miembros de los Servicios de Emergencia del Gobierno Vasco y contrastados expertos.

Y lo que es más importante, quiero destacar el compromiso de los autores que han participado desinteresadamente para dar lo mejor de sí mismos, su conocimiento y experiencia a todo el colectivo.

Confiamos en ofrecer un trabajo de gran calidad. Esperamos que disfrutéis con él.



Elena Moreno Zaldibar

Euskal Herriko Polizia Ikastegiaren Zuzendaria
Directora de la Academia de Policía del País Vasco

ÍNDICE

1. IDENTIFICACIÓN	7
1.1 DEFINICIÓN DE MATERIA PELIGROSA	8
1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PELIGROSAS	9
1.3 IDENTIFICACIÓN DE MATERIAS PELIGROSAS	11
2. CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA Y QUÍMICA EN RELACIÓN CON LAS MATERIAS PELIGROSAS	21
2.1 PROPIEDADES FÍSICAS	22
2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS	23
3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL. NIVELES DE PROTECCIÓN	26
3.1 NIVELES DE PROTECCIÓN	28
3.2 ACTUACIÓN CON EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	35
4. DESCONTAMINACIÓN	37
4.1 DEFINICIÓN DE DESCONTAMINACIÓN	38
4.2 OBJETIVOS DE LA DESCONTAMINACIÓN	38
4.3 FORMAS DE DESCONTAMINAR	39
4.4 PROTOCOLO DE DESCONTAMINACIÓN	39
4.5 POSIBLES FORMAS DE REALIZAR LA DESCONTAMINACIÓN	41

5. PAUTAS GENERALES DE INTERVENCIÓN	44
5.1 CLASES Y RIESGOS DE LAS MMPP	45
5.2 MITIGACIÓN DE ACCIDENTES CON MMPP	47
5.3 SEGURIDAD Y CONTROL DEL PERSONAL	48
5.4 PLANTEAMIENTO DEL LUGAR DE INTERVENCIÓN	49
6. SUSTANCIAS PELIGROSAS: CLASES, RIESGOS ASOCIADOS, INTERVENCIÓN	50
6.1 INTERVENCIÓN EN ACCIDENTES CON MATERIAS EXPLOSIVAS	51
6.2 INTERVENCIÓN EN ACCIDENTES QUE INVOLUCRAN GASES	53
6.3 INCIDENTES CON LÍQUIDOS INFLAMABLES	66
6.4 SOLIDOS INFLAMABLES	72
6.5 SUSTANCIAS COMBURENTES Y PERÓXIDOS ORGÁNICOS	73
6.6 PRODUCTOS TOXICOS Y CORROSIVOS	78
6.7 SUSTANCIAS RADIATIVAS	81



1 *IDENTIFICACIÓN*

- 1.1 DEFINICIÓN DE MATERIA PELIGROSA**
- 1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PELIGROSAS**
- 1.3 IDENTIFICACIÓN DE MATERIAS PELIGROSAS**

1. IDENTIFICACIÓN



8

1.1 DEFINICIÓN DE MATERIA PELIGROSA

Materia peligrosa es todo material nocivo o perjudicial que durante su fabricación, almacenamiento, transporte o uso, puede generar o desprender humos, gases, vapores, polvos o fibras de naturaleza peligrosa ya sea explosiva, inflamable, tóxica, infecciosa, radiactiva, corrosivo o irritante, en cantidades que tengan probabilidad de causar lesiones y daños a personas, instalaciones o al medio ambiente.

Hoy en día no podríamos prescindir de estas materias que están catalogadas como peligrosas. No es posible imaginar un siglo XXI sin que exista la gasolina que nos proporciona la energía para los medios de transporte, o sin los abonos necesarios para aumentar la cantidad y calidad de las cosechas, o sin todos los derivados de



DEFINICIÓN DE MATERIA PELIGROSA

DURANTE SU	GENERAN	NATURALEZA PELIGROSA	DAÑOS
Fabricación	Humos	Explosivos	Personas
Almacenamiento	Gases	Inflamables	Bienes
Transporte	Vapores	Tóxicos	Medio ambiente
Uso	Polvos	Infecciosos	
	Fibras	Radiactivos	
		Corrosivos	
		Irritantes	



los plásticos, o sin los desinfectantes como el cloro, que nos garantiza la salubridad del agua, o sin los medicamentos que preservan nuestra salud.

Algunos de los productos considerados como peligrosos son materias primas y, por lo tanto, hay que transportarlos desde los puntos de extracción, hasta los puntos de transformación. Otras materias peligrosas son productos intermedios, que se utilizan en los procesos industriales y que se transportan de una instalación industrial a otra. Finalmente, tenemos los productos terminados y elaborados, que deben ser transportados desde el lugar de producción y fabricación hasta los puntos de consumo.

Cuando estas sustancias son objeto de transporte, se denominan mercancías, ya sean materias, sustancias u objetos.

1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MERCANCÍAS PELIGROSAS

El Comité de Expertos de Seguridad de la ONU, en sus " Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas" (Libro NARANJA) establece el siguiente esquema de clasificación para todas las mercancías peligrosas (el orden de enumeración no guarda relación con la magnitud del peligro):

CLASE 1. SUSTANCIAS Y OBJETOS EXPLOSIVOS

- Las sustancias explosivas, excepto las que son demasiado peligrosas para ser transportadas y aquellas cuyo principal riesgo corresponde a otra clase.
- Los objetos explosivos.
- Las sustancias y objetos no mencionados en los apartados a) y b), que se fabriquen para producir un efecto práctico, explosivo o pirotécnico.

CLASE 2. GASES COMPRIMIDOS, LICUADOS, DISUELTOS A PRESIÓN Y REFRIGERADOS

Pertenecen a esta clase:

- Los gases que no se licuan, por presión, a temperatura ambiente.
- Los gases licuados: gases que pueden licuarse por presión a temperatura ambiente.

- Los gases disueltos: gases disueltos a presión en un disolvente, que puede estar absorbido por una sustancia porosa.
- Los gases criogénicos licuados por frío: por ejemplo, aire líquido, oxígeno...etc

CLASE 3. LÍQUIDOS INFLAMABLES

Son líquidos inflamables los líquidos, mezclas de líquidos o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión (pinturas, barnices, lacas..etc., siempre que no se trate de sustancias incluidas en otras clases por sus características peligrosas) que tengan un punto de inflamación inferior a 60 ° C.

CLASE 4. SÓLIDOS INFLAMABLES

Sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea. Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.

Esta clase abarca:

- 4.1 Sólidos inflamables.** Sustancias sólidas que no están clasificadas como explosivas, pero que se inflaman con facilidad o pueden provocar o activar incendios por fricción.
- 4.2 Sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea.** Sustancias que pueden calentarse espontáneamente en las condiciones normales de transporte.
- 4.3 Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.** Sustancias que por reacción con el agua pueden hacerse espontáneamente inflamables o desprender gases inflamables en cantidades peligrosas.

CLASE 5. SUSTANCIAS COMBURENTES. PERÓXIDOS ORGÁNICOS

Esta clase comprende:

- 5.1 Sustancias comburentes.** Sustancias que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, generalmente liberando oxígeno, causar o facilitar la combustión de otras.
- 5.2 Peróxidos orgánicos.** Los peróxidos orgánicos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica inestable o una descomposición exotérmica auto acelerada.



MATERIAS PELIGROSAS	CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	RIESGOS	PREVENCIONES
CLASE 1: EXPLOSIVOS	<p>1a: Materias y objetos explosivo: pólvora, trilita, dinamita...</p> <p>1b: Objetos cargados con M.EX.: mechas, pistones, espoletas...</p> <p>1c: Inflamadores, y similares: bengalas, mechas, cerillas.</p>	<p>Sensibles al:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calor. • Choque. • Fricción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explosión de toda la masa. • Proyección. • Incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control fuentes ignición. • Material antideflagrante. • No fumar, ni fuego.
CLASE 2: GASES	<ul style="list-style-type: none"> • Comprimidos: metano, oxígeno... • Licuidos: cloro, butano, NH₃... • Disueltos: NH₃ en agua, acetileno... • Criogénicos: N₂, argón, aire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflamables. • No inflamables. • Reactivos. • Tóxicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes a presión. • Incendio si son inflamables. • A veces tóxicos o corrosivos. • Posibilidad de BLEVES. 	<ul style="list-style-type: none"> • Separar posibles incendios. • Prevenir de acuerdo a las características del gas. • Evitar BLEVES a toda costa.
CLASE 3-4: INFLAMABLES COMBUSTIBLES	<p>3-Líquidos inflamables: gasolina.</p> <p>4.1-Sólidos inflamables: naftalina...</p> <p>4.2-Inflamación espontánea: fosforo.</p> <p>4.3-Con H₂O dan gases inflamables: Na, K.</p>	<p>Su grado de peligrosidad es proporcional al FLASH POINT.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inflamables. • A veces explosión. • A veces corrosión o tóxicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar la cantidad. • No fumar, ni fuego.
CLASE 5: OXIDANTES COMBURENTES	<p>5.1-Comburentes u Oxidantes: percloratos, nitratos, cloritos...</p> <p>5.2- Peróxidos orgánicos: peróxido de butilo, de benzoilo...</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sustancias ricas en O₂. • Ayudan a la combustión aunque no arden. • Los peróxidos son muy peligrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento incendio. • A veces explosión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Separar combustibles. • Apartar de fuentes de ignición. • Utilizar envases herméticos.
CLASE 6: TÓXICAS INFECCIOSAS	<p>6.1-Tóxicas: cianuro, arsénico...</p> <p>6.2-Infeciosas o repugnantes: recortes de piel, huesos...</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Polvos. • Gases. • Líquidos. • Vapores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingestión. • Inhalación. • Absorción cutánea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de prendas adecuadas. • Evitar contaminación externa.
CLASE 7: RADIATIVOS	<p>II, III</p> <p>Uranio, Torio, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Isótopos radiactivos. • Combustibles nucleares. • Material fusionable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Radiactividad. • Contaminación ambiente. • Tumores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Separar de incendios y explosiones. • Hermeticidad total. • Uso de prendas especiales.
CLASE 8: CORROSIVOS	<p>Ácidos, bases, orgánicos, etc.</p> <p>Ácido sulfúrico, hidróxido sódico y potásico, hidracinas..etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lesiones graves a los tejidos humanos. • Atacan a los metales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación ambiente. • Corrosividad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de prendas de protección. • Evitar contaminación. • Cierre envases



CLASE 6. SUSTANCIAS VENENOSAS (TÓXICAS) Y SUSTANCIAS INFECCIOSAS

Esta clase comprende:

- 6.1** Sustancias venenosas (tóxicas). Son sustancias que pueden causar la muerte o lesiones graves o que pueden ser nocivas para la salud humana si se ingieren o inhalan o si entran en contacto con la piel.
- 6.2** Sustancias infecciosas que contienen microorganismos que pueden producir enfermedades en los animales y en el hombre.

CLASE 7. MATERIALES RADIATIVOS

Se entiende por material radiactivo todo aquel cuya actividad específica sea superior a 70 kBq/Kg (0,002 nCi/g).

CLASE 8. SUSTANCIAS CORROSIVAS

Son sustancias que, por su acción química, causan lesiones graves a los tejidos vivos con que entran en contacto, o que en caso de fuga puedan causar daños por corrosión en los bienes.

CLASE 9. SUSTANCIAS PELIGROSAS VARIAS

Son sustancias y objetos, que durante el transporte, presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases.

1.3 IDENTIFICACIÓN DE MATERIAS PELIGROSAS

Todos tenemos experiencias, y podríamos citar ejemplos, sobre la importancia de la verificación de la información recibida en un primer momento y de cómo ésta por las circunstancias del comunicante, por la situación de emergencia y por las propias dificultades de recabar una información completa en un primer instante, no siempre se ajusta a la realidad. Asimismo, la falta de información sobre la existencia de materias peligrosas en el escenario del incidente hace que en muchas ocasiones se corran riesgos innecesarios.

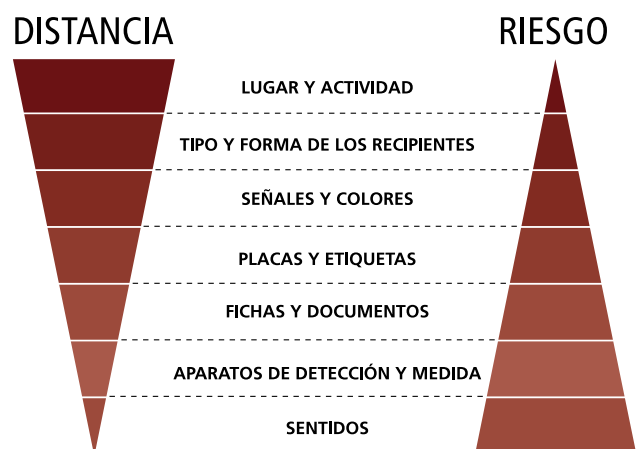
Por lo tanto, ante un incidente en el que estén o puedan estar involucradas materias peligrosas y frente al impulso inicial de actuar con la máxima celeridad, se

debe imponer un primer reconocimiento para entre otras acciones, IDENTIFICAR la materia peligrosa implicada.

La identificación de las materias peligrosas implicadas sera uno de los objetivos prioritarios de los equipos de bomberos.

Hay 7 métodos básicos de identificación de materias peligrosas:

- 1º Lugar y actividad.
- 2º Tipo y forma de los recipientes.
- 3º Señales y colores.
- 4º Placas y etiquetas.
- 5º Fichas y documentos.
- 6º Aparatos de detección y medida.
- 7º Sentidos.



La identificación o verificación de la información recibida, puede realizarse en la mayoría de los casos a distancia, con la utilización si fuese necesario, de prismáticos, evitando de esta forma someter al personal que interviene a riesgos innecesarios hasta que se hayan identificado con seguridad los peligros existentes.

METODO 1º: LUGAR Y ACTIVIDAD

La presencia de MMPP, no sólo están restringidas a las emergencias producidas en la industria o en el transporte, sino que también nos las podemos encontrar en supermercados, garajes, e incluso en nuestros hogares.



Estas localizaciones potenciales pueden ser clasificadas en 4 áreas básicas:

Ante una emergencia con MMPP, la asociación de la misma a alguna de las 4 áreas básicas (**producción, almacenamiento, transporte y uso**), puede dar desde los primeros momentos referencias sobre el tipo o tipos de productos que pueden estar implicados.

Es importante realizar en cada comunidad y con carácter preventivo, un análisis de los riesgos existentes y de su localización, de tal forma que los servicios de bomberos los conozcan antes de la emergencia.



1. PRODUCCIÓN



2. ALMACENAMIENTO



3. TRANSPORTE



4. USO

METODO 2º: TIPO Y FORMA DE LOS RECIPIENTES

El segundo método para identificar las materias peligrosas involucradas en un incidente, consiste en observar las características (tamaño, forma, etc.) del recipiente que contiene dicho producto.

La forma de algunos recipientes es tan característica que determina la posible presencia de algunas materias peligrosas. Este indicador se convierte particularmente importante cuando se produce un incidente en el transporte.

Contenedores característicos indicativos de algún tipo de riesgo son, por ejemplo, los utilizados para el transporte de materiales radiactivos, productos presurizados, criogénicos y corrosivos entre otros.

Ejemplos:

- Las cisternas que transportan productos presurizados (gases licuados) tienen siempre sección circular.



- Las cisternas que tienen sección ovalada o elíptica, transportan productos no presurizados (líquidos inflamables).

- Las cisternas para el transporte de productos tóxicos o corrosivos tienen la zona de valvulería tapada con una cubierta de protección.



METODO 3º: SEÑALES Y COLORES

El código de color se utiliza cada vez más en la señalización de seguridad por ser un sistema rápido de identificación de riesgos.

Los recipientes que contienen materias peligrosas, tienen a menudo marcas específicas o colores que dan alguna indicación de su riesgo, o al menos, de su contenido.

Entre las amplias gamas de colores naturales existentes, se han seleccionado y normalizado aquellos que por sí solos o acompañados de símbolos, fijan tanto el riesgo como los niveles de los mismos y en muchos casos

sirven para orientar a los bomberos sobre los procedimientos a seguir.

Señalización por el color de los gases industriales.

Es imprescindible que los bomberos conozcamos la señalización de los gases industriales contenidos en botellas. De esta forma y ante cualquier emergencia, podremos identificar a distancia y con rapidez, cualquier gas y actuar correctamente en cada caso.

La nueva norma de identificación de botellas de gas, está basada en la ITC EP-6 que salió publicada en el BOE el 6 de febrero del 2009, en la que se decía que las botellas debían atenerse a lo indicado en la norma UNE-EN 1089-3.

Su campo de aplicación son las botellas de gas para usos industriales y medicinales. Esta norma no se aplica a botellas de gases licuados del petróleo (GLP) ni a extintores de incendios. Afecta a los envases transportables a presión para volúmenes inferiores a 1000 litros

Los principios de la norma son los siguientes:

- Los colores de las botellas se refieren a los contenidos y se utilizan para complementar las etiquetas de las mismas, que constituyen el método primario usado para indicar los contenidos de las botellas de gas.
- El código de identificación de colores se utiliza para identificar los riesgos asociados al contenido de la botella.
- Algunos gases para usos medicinales tienen unos colores de identificación específicos según la Norma ISO 32, aunque también se pueden aplicar a gases diferentes a los medicinales
- Los colores de identificación se deben situar a la altura de la ojiva.
- El cuerpo de la botella y la tulipa pueden ser de colores destinados a otros fines, aunque no deben inducir a una mala interpretación del riesgo.
- Si una botella de gas tiene dos propiedades de riesgo, la ojiva debe ser pintada con el color correspondiente al riesgo primario.
- El color de riesgo secundario puede aplicarse también a la ojiva, en forma de bandas o cuarterones (no es obligatorio).
- Identificación según propiedades (conforme con el rombo de riesgo de las etiquetas).





Identificación por colores de botellas de gas según ITC EP-6.
Nuevos colores junto a anterior identificación.



Nueva clasificación de colores según riesgo principal.
Sólo afecta a la ojiva. El riesgo secundario puede ir también indicado (la ojiva irá pintada en cuartos).

- Todas las botellas, en conformidad con esta norma, y que cambien de color, deben llevar la letra "N" (new-nuevo) marcada dos veces en puntos diametralmente opuestos sobre la ojiva de la botella y de un color distinto de los colores de la ojiva. Con una altura igual a la mitad de la altura de la ojiva.

METODO 4º: PLACAS Y ETIQUETAS

Otro método de identificación de las materias peligrosas consiste en la colocación en las unidades de transporte y en los bultos que contengan este tipo de productos de paneles, etiquetas y rótulos especiales, indicativos de sus riesgos. Estos códigos de identificación están definidos por la normativa, así como su obligatoriedad y lugar de colocación.

Nos proporcionan otra fuente de información a la hora de identificar las MMPP, pero no siempre pueden ser considerados como una definitiva fuente de identificación, ya que la experiencia demuestra que, en ocasiones, ciertos vehículos están señalizados incorrectamente o incluso sin señalizar.

Los procedimientos para la identificación de MMPP mediante estos sistemas son:

- Nombre de la mercancía. Número ONU.
- Etiquetas de peligro y rótulos.
- Panel naranja.
- Código HAZCHEM.
- Diamante de peligro (Código NFPA).

Nombre de la mercancía. Número ONU.

Con el fin de facilitar la identificación de cada una de las sustancias peligrosas, se ha adoptado un código numérico de cuatro cifras, dando un número a cada una de las mercancías peligrosas; el número ONU.

La utilización del número de las Naciones Unidas, resuelve el problema de los distintos nombres técnicos

que pueden adquirir los productos en cada idioma y evita las confusiones que pueden producirse debido al uso de distintas denominaciones comerciales para un mismo producto.

En cada bulto o envase debe figurar la designación oficial de transporte de la mercancía peligrosa y el correspondiente Numero ONU.

Etiquetas de peligro y rótulos

Las etiquetas de peligro indicativas de los riesgos, están destinadas principalmente a ser colocadas sobre las mercancías o sobre los bultos o envases que las contienen.

El sistema de etiquetado se basa en la clasificación de las mercancías peligrosas y tiene las siguientes finalidades:

- Hacer que las mercancías peligrosas sean fácilmente reconocibles a distancia por el aspecto general (símbolo, color y forma) de sus etiquetas.
- Hacer que la naturaleza del riesgo sea fácilmente re-

conocible mediante unos símbolos. Los cinco símbolos principales son:

1. La bomba: peligro de explosión.
2. La llama: peligro de incendio.
3. La calavera y las tibias cruzadas: peligro de envenenamiento.
4. El trébol esquematizado: peligro de radiactividad.
5. Los líquidos goteando de dos tubos de ensayo sobre una mano y una plancha de metal: peligro de corrosión.

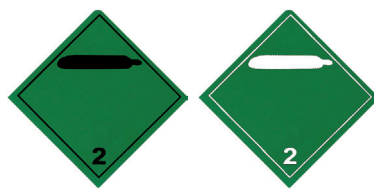
Otros símbolos complementarios utilizados son:

- Una llama sobre un círculo: comburentes.
- Una botella: gases comprimidos no inflamables.
- Tres medias lunas sobre un círculo: sustancias infecciosas.
- Siete franjas verticales: sustancias peligrosas varias.

Los rótulos son etiquetas de peligro ampliadas y deben



Explosivos.



Gases no inflamables, no tóxicos.



Gases o líquidos inflamables.



Sustancias sujetas a autoinflamación.



Sólidos inflamables.



Materias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.



Comburente.



Peróxidos orgánicos.



Materias tóxicas.



Materias infecciosas.



Materia radiactiva categoría II.



Corrosivo.



Clase 9.



ir colocadas en las paredes externas de las unidades de transporte para advertir que las mercancías transportadas son peligrosas y presentan riesgos.

Las unidades de transporte que lleven MMPP o residuos deben llevar rótulos en, al menos, dos lados opuestos de la unidad.

Los rótulos deben tener unas dimensiones mínimas de 25x25 cm y ser resistentes a la intemperie.

Excepto las mercancías de la clase 1, todas las demás deben llevar el número ONU de la mercancía en el centro del rótulo, o bien una placa naranja de 30x23, colocada al lado del rótulo.

Panel naranja

El panel naranja es una placa rectangular de 40x30 ó 40x40, de color naranja dividida horizontalmente por una raya negra y con un reborde negro, que se utiliza para señalar algunas unidades de transporte de mercancías peligrosas.

En la parte superior del panel naranja figura el código de peligro, un código numérico que indica el riesgo de las mercancías transportadas. Se compone de dos o tres cifras y a veces una letra.

A cada cifra le corresponde un significado diferente y según esté situado en primero, segundo o tercer lugar, tiene una importancia distinta.

La cifra que está colocada en primer lugar indica el riesgo principal de la mercancía transportada. La segunda o tercera cifra indican los peligros secundarios.

CODIGO EUROPEO

CODIGO DE PELIGRO (Sólo Cisternas)	SIN NÚMEROS El vehículo transporta mercancías peligrosas sin especificar.	
X 4 2 3	CODIGO DE PELIGRO	
2 2 5 7	CODIGO DE MATERIA	

CODIGO DE IDENTIFICACION DE MATERIA

N.º ONU Número de cuatro cifras asignado oficialmente en el TPC (España) y el ADR (Europa) a cada producto. En la ficha están relacionados correlativamente.

CODIGO DE IDENTIFICACION DEL PELIGRO

<p>LA PRIMERA CIFRA INDICA EL PELIGRO PRINCIPAL</p> <ul style="list-style-type: none"> 2 Gas 3 Líquido inflamable 4 Sólido inflamable 5 Materia comburente o peróxido orgánico 6 Materia tóxica 8 Materia corrosiva 	<p>LA SEGUNDA Y TERCERA CIFRAS INDICAN LOS PELIGROS SECUNDARIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 Carece de significado 1 Explosión 2 Emisión de gases 3 Inflamable 5 Propiedad comburente 6 Toxicidad 8 Corrosividad 9 Peligro de reacción violenta resultante de la descomposición espontánea o de polimerización
--	---

CIFRAS REPETIDAS INDICAN UNA INTENSIFICACION DEL PELIGRO EXCEPTO: 22: GAS REFRIGERADO

LA LETRA X INDICA LA PROHIBICION ABSOLUTA DE ECHAR AGUA AL PRODUCTO

En la parte inferior del panel aparece un número de cuatro cifras que indica el tipo de producto que transporta, es decir: el número ONU.

Código HAZCHEM

El código Hazchem es utilizado en el transporte de MMPP en el Reino Unido. Este código no centra su atención en indicar las propiedades de un producto químico, sino que se concentra en las acciones inmediatas de emergencia que hay que realizar para mitigar los efectos del incidente; así también garantiza la seguridad de las personas de los equipos de emergencia.

Está dividido en cinco secciones:

1. Código de acción de emergencia: consiste en un número seguido por un máximo de dos letras.

El número de una sola cifra, se refiere a los medios de extinción que deben ser utilizados.

CODIGO HAZCHEM

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: x-small;">CODIGO HAZCHEM</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ETIQUETA DE PELIGRO</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">CODIGO DE MATERIAS</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">ASESORAMIENTO TECNICO HAZING</td></tr> </table>	CODIGO HAZCHEM	ETIQUETA DE PELIGRO	CODIGO DE MATERIAS	ASESORAMIENTO TECNICO HAZING	<p>SEGUNDO Y TERCER DIGITO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: x-small;">P</td><td style="font-size: x-small;">1</td><td style="font-size: x-small;">TOTAL</td><td rowspan="4" style="font-size: x-small;">DILUIR</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">R</td><td style="font-size: x-small;">1</td><td style="font-size: x-small;">KR</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">S</td><td style="font-size: x-small;">1</td><td style="font-size: x-small;">AR SOLO COMBURENTE</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">T</td><td style="font-size: x-small;">1</td><td style="font-size: x-small;">KR</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">U</td><td style="font-size: x-small;">1</td><td style="font-size: x-small;">TOTAL</td><td rowspan="4" style="font-size: x-small;">CONTENER</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">X</td><td style="font-size: x-small;">1</td><td style="font-size: x-small;">KR</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">Y</td><td style="font-size: x-small;">1</td><td style="font-size: x-small;">AR SOLO COMBURENTE</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">Z</td><td style="font-size: x-small;">1</td><td style="font-size: x-small;">KR</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">E</td><td colspan="3" style="font-size: x-small;">CONSEJOS DE EVACUACION</td></tr> </table>	P	1	TOTAL	DILUIR	R	1	KR	S	1	AR SOLO COMBURENTE	T	1	KR	U	1	TOTAL	CONTENER	X	1	KR	Y	1	AR SOLO COMBURENTE	Z	1	KR	E	CONSEJOS DE EVACUACION		
CODIGO HAZCHEM																																			
ETIQUETA DE PELIGRO																																			
CODIGO DE MATERIAS																																			
ASESORAMIENTO TECNICO HAZING																																			
P	1	TOTAL	DILUIR																																
R	1	KR																																	
S	1	AR SOLO COMBURENTE																																	
T	1	KR																																	
U	1	TOTAL	CONTENER																																
X	1	KR																																	
Y	1	AR SOLO COMBURENTE																																	
Z	1	KR																																	
E	CONSEJOS DE EVACUACION																																		

CODIFICACION DE MEDIOS A UTILIZAR Y PRECAUCIONES A TOMAR

PRIMER DIGITO

- 1 CHORRO SOLIDO
- 2 NIEBLA
- 3 ESPUMA
- 4 AGENTES SECOS

NOTAS GUIA

<p>NIEBLA En ausencia de equipo de niebla, se puede utilizar agua pulverizada.</p> <p>AGENTES SECOS Prohibido poner agua en contacto con el producto siniestrado, por muy alto riesgo.</p> <p>V Posibilidad de reacción violenta y/o explosión.</p> <p>AGENTES SECOS Traje de protección total del cuerpo con AR.</p> <p>AR Aparato respiratorio y guantes protectores</p> <p>DILUIR Lavar minuciosamente con agua abundante y secar bien.</p>	<p>CONTENER Prevenir, en todos los casos, que las fugas del producto fluyan hacia desagües (alcantarillas, etc.) y cursos de agua (ríos, pantanos, playas, etc.)</p> <p>EVACUACION Esto es lo más importante, con absoluta prioridad. En caso de duda. EVACUACION INMEDIATA de toda la zona de influencia, comunicándose a S.O.S. DE IAK.</p>
--	---

4 WE

1831

NORTHWOOD 26923 HAZING

Las letras proporcionan otras indicaciones:

W, X, Y y Z: advierten que hay que contener el producto y prevenir en lo posible su entrada en alcantarillas, ríos, etc., reduciendo o previniendo los daños al medio ambiente.

P, R, S y T: avisan sobre la necesidad de diluir la sustancia y permitir su drenaje si ello no causa daño al medio ambiente.

P, R W, y X: indican también que debe ser utilizada



protección personal completa, es decir E.R.A. y traje de protección química.

S, T, Y y Z: indican que hay que protegerse con el uniforme completo y E.R.A. Estas letras se presentan a veces en negativo, es decir letras blancas sobre fondo negro. Ésto indica que en circunstancias normales, se requiere exclusivamente el uniforme completo de protección contra incendios. Solo cuando la sustancia esté incendiada se requerirá el uso de equipos de respiración.

P, S, W e Y: también indican que la sustancia puede reaccionar violentamente, y los que intervienen en la emergencia deberán asegurar que las operaciones se realizan desde una distancia segura o a cubierto.

E: indica que se debe considerar la evacuación de la zona, teniendo en cuenta que muchas veces es más seguro permanecer a cubierto, dentro de un edificio con puertas y ventanas cerradas.

2. Número ONU.
3. Etiqueta del peligro principal.
4. Logotipo de la empresa.
5. Número de teléfono de emergencia.

Diamante de peligro (Código NFPA)

El diamante de peligro es un sistema de identificación recomendado para productos químicos peligrosos, por la NFPA (National Fire Protection Association-USA).

Este sistema de identificación da una idea general de los peligros inherentes a cada producto químico, así como una indicación del orden de severidad de dichos peligros bajo condiciones de emergencia, como fuegos, fugas y derrames.

El diagrama identifica los peligros de un material en tres categorías, denominadas "salud", "inflamabilidad" y "reactividad", e indica el orden de severidad en cada una de las tres categorías, mediante cinco niveles numéricos, que oscilan desde el cuatro (4), indicando el peligro más severo o peligro extremo, hasta el cero (0), que indica la no existencia de un peligro especial.

En el diamante de peligro el término "salud", es identificado a la izquierda, en color azul; el peligro de "inflamabilidad" en la parte superior, en color rojo; y el peligro de "reactividad" a la derecha, en color amarillo. El espacio inferior es utilizado para identificar una reactividad no usual con el agua: así, si se encuentra vacía indica que puede normalmente utilizarse agua como agente extintor; una W con una línea atravesada



- | | |
|---|---|
| <p>CODIGO DE RIESGO CONTRA LA SALUD</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 Como material corriente. 1 Ligeramente peligroso. 2 Peligroso. Utilizar aparato para respirar. 3 Extremadamente peligroso. Usar vestimenta totalmente protectoras. 4 Demasiado peligroso que penetre vapor o líquido. | <p>CODIGO RIESGO DE INFLAMABILIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 Materiales que no arden 1 Deben precalentarse para arder. 2 Entra en ignición al calentarse moderadamente. 3 Entra en ignición a temperaturas normales. 4 Extremadamente inflamable. |
| <p>CODIGO RIESGO DE REACTIVIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 Estable totalmente 1 Inestable si se calienta. Tome precauciones normales. 2 Posibilidad de cambio químico violento. Utilice mangueras a distancia. 3 Puede detonar por fuerte golpe o calor. Utilice monitores detrás de las barreras resistentes a la explosión. 4 Puede detonar. Evacue la zona si los materiales están expuestos al fuego. | <p>CODIGO RIESGO INFORMACION ESPECIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 No se utiliza con reactividad 0 1 Los materiales pueden reaccionar al contacto con el agua. 2 Los materiales reaccionan de forma violenta en contacto con el agua 3 Los materiales explotan al contacto con el agua. 4 No se utiliza con el riesgo de reactividad 4. |



en su centro alerta al personal que lucha contra el fuego del posible peligro al utilizar agua. Este espacio inferior también puede utilizarse para identificar peligros de emisión radiactiva mediante el símbolo correspondiente (trébol). También los productos químicos oxidantes son identificados en este espacio inferior por las letras OXW.

METODO 5º: FICHAS Y DOCUMENTOS

Dentro de este 5º método de identificación, citaremos las Cartas de Porte y las fichas de seguridad como documentos que pueden resultar de extraordinaria importancia a la hora de identificar las MMPP implicadas en una emergencia.

Cartas de Porte

La legislación establece que toda operación de transporte, exige al expedidor la confección de una Carta de Porte. Dicho documento debe incluir información



IDENTIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE TRANSPORTE (CARTA DE PORTE)

MODO DE TRANSPORTE	NOMBRE DEL DOCUMENTO	NATURALEZA PELIGROSA	DAÑOS
Carretera	Carta de porte	Cabina del vehículo	Conductor
Ferrocarril	Carta de porte	Máquina	Maquinista
Marítimo	Manifiesto de cargas peligrosas	Puente	Capitán
Aéreo	Listado de carga	Cabina	Piloto

sobre el nombre del producto transportado, número de identificación, clase de peligro y cantidad. Si el envío incluyera mercancías peligrosas, habrá de especificar la naturaleza exacta del peligro que ellas representan, indicando sus incompatibilidades y las precauciones a tomar.

Fichas de Seguridad

El reglamento Nacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, obliga a que todos los vehículos que lleven mercancías de esa índole y en previsión de cualquier accidente, dispongan de una instrucción escrita llamadas "Fichas de Seguridad".

Podemos encuadrar las fichas de seguridad en dos grandes grupos :

- **Por número de peligro.** Este tipo de fichas engloba a todos los productos que poseen el mismo código de peligro. Tienen la ventaja de reducir el número de fichas, consiguiendo una mayor rapidez de acceso a la información y un menor volumen, por lo que resultan muy manejables. Por contra, al ser tan generales no son muy precisas.
- **Por número de materia.** Cada número de materia posee una ficha. Esto permite una mayor precisión y una actuación específica. Dado el gran número de productos que se transportan y que cada día va en aumento, el número de fichas es elevado y por lo tanto, su archivo es voluminoso, dificultando su transporte y utilización.

Dentro de cada grupo existen diferentes modelos, aunque básicamente siguen todos el mismo esquema :

- Naturaleza de los peligros.
- Instrucciones generales.
- Medidas en caso de fuga e incendio.
- Primeros auxilios.

En el transporte por ferrocarril, aunque ni el RID ni el TPF indican nada al respecto, una instrucción interna de RENFE establece que los maquinistas deben tener las "Fichas de Seguridad de las mercancías peligrosas transportadas".

Este formulario es el modelo estándar para la Carta de Porte Internacional (CMR). Contiene los siguientes campos:

- 1:** Remisor (nombre, dirección, país).
- 2:** Destinatario (nombre, dirección, país).
- 3:** Cargo de la mercancía (Peso en carga de la mercancía).
- 4:** Hora de salida y hora de llegada.
- 5:** Instrucciones de entrega.
- 6:** Expediente (nombre, dirección, país).
- 7:** Transportes sucesivos.
- 8:** Reservas y observaciones de transportistas.
- 9:** Documentos aduaneros.
- 10-15:** Datos de mercancías (Materia y cantidad, Número de empaques, Clase de empaques, Naturaleza de la mercancía, Peso bruto, etc.).
- 16:** Condiciones de entrega.
- 17:** Grupo de empaques.
- 18:** Otras indicaciones.
- 19:** Embarque contra reembolso.
- 20:** Declaración de conformidad.
- 21-23:** Firmas y sellos de remitente, transportista y destinatario.
- 24:** Recibo de la mercancía.

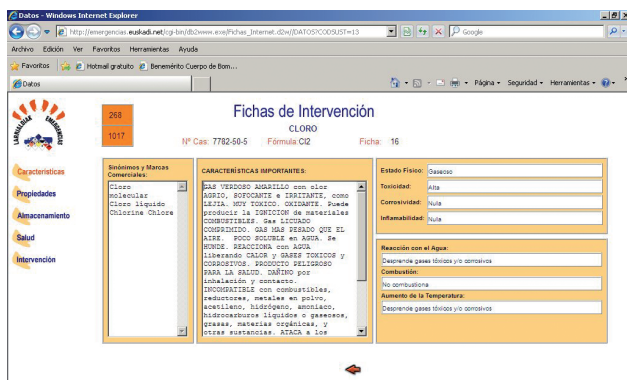
Carta de porte.

En el transporte marítimo, no existe esta ficha, pero en todos los barcos que transportan MMPP debe haber un ejemplar del código IMDG así como un libro llamado "Fichas de emergencia" y otro libro denominado "Guía de la Organización Marítima Internacional de Primeros Auxilios". En ambos libros se dan instrucciones de actuación en caso de vertido, incendio y otras situaciones de emergencia, así como las pautas de tratamiento de los accidentados como consecuencia de los incidentes de mercancías peligrosas.

El reglamento de MMPP por vía aérea, establece la obligatoriedad de suministrar al piloto al mando diversa información sobre las mercancías peligrosas cargadas, así como las instrucciones para la tripulación de vuelo acerca de las medidas que haya que adoptar en el caso de que surjan situaciones de emergencia.

Las fichas de seguridad deberían encontrarse también en todos los parques y vehículos de los Servicios de Intervención, a fin de que sus actuaciones en estos casos sean correctas y eficaces.

Existen diversos modelos de fichas (tarjetas, desplegables, etc.) que compendian gran cantidad de productos. Estas fichas no pueden en ningún caso sustituir a las señaladas en el reglamento del TPC, sino que solamente pueden ser utilizadas a efectos operativos y de información.



Ficha de intervención editada por el Gobierno Vasco y disponible en Internet (<http://emergencias.euskadi.net>).

METODO 6º: APARATOS DE DETECCIÓN Y MEDIDA

Los equipos y aparatos de detección y medida (explosímetros, tubos colorimétricos...etc.), pueden a menudo darnos " pistas " y datos concernientes a la naturaleza del riesgo con que nos encontramos, ayudándonos a detectar atmósferas inflamables o explosivas, deficiencias de oxígeno, ciertos gases y vapores y radiación ionizante, así como determinar los materiales específicos implicados (SO₂, CO₂, etc.).

Aunque en este apartado los aparatos de detección y medida los consideremos como una herramienta para identificar las MMPP, también nos pueden ser útiles para determinar la localización y tamaño de las áreas y zonas de riesgo.



Explosímetro.



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 atmósferas normales. Los filamentos pueden ser dañados por ciertos compuestos como la silicona, el plomo tetraetileno y atmósferas enriquecidas con oxígeno.
MEDIDOR DE OXÍGENO	Oxígeno.	Mide el contenido de oxígeno en el aire.	Algunas sustancias (cloro, fluor) indican un nivel de oxígeno seguro incluso en una atmósfera con deficiencia de oxígeno. Temperaturas extremas pueden retrasar el movimiento del medidor.
TUBOS COLORIMÉTRICOS DETECTORES DE GASES	Gases y vapores específicos.	Indican la presencia y concentraciones de vapores de gas o inflamables y polvos en determinados ambientes.	La indicación se produce por el cambio de color de un reactivo contenido en el tubo. Varios productos químicos similares pueden interferir con las muestras. Los tubos tienen una caducidad. Primariamente utilizado para determinar si un producto químico específico está presente o no.
MEDIDOR DE PH	Corrosividad.	Miden la corrosividad según el pH.	Determinan si un producto es ácido o básico. Lecturas de menos de 2 o más de 12 es motivo para una precaución extrema.
DETECTORES Y DOSÍMETROS DE RADIACIÓN	Radiaciones alfa, beta o gamma.	Definen y miden las radiaciones ionizantes.	Los medidores "geiger" no detectan ninguna radiación alfa.

20

METODO 7º: SENTIDOS

Colores y placas pueden ser vistos a una considerable distancia. Oír un cambio en el sonido de una fuga de un gas presurizado nos puede servir de aviso a un fallo del contenedor.

Los sentidos pueden ofrecer pistas inmediatas ante la presencia de materias peligrosas. Olores, ruidos inusuales, y vegetación destruida, son algunos ejemplos.

Hay que tener en cuenta que en muchos casos, si estamos lo suficientemente cerca para oler, sentir u oír el problema, estaremos probablemente demasiado cerca para actuar de forma segura.

Los sentidos utilizados con "sentido común" nos pueden ayudar en la detección de la presencia de peligro.

RESUMEN

La evaluación y selección de las estrategias y tácticas en un incidente con MMPP, está basado principalmente en la detección e identificación de los productos implicados.

Se puede decir que problema medio definido (medio identificado) está medio resuelto.

Los mandos de los equipos de bomberos como responsables de la seguridad, deben cerciorarse que todos los materiales envueltos en un incidente con MMPP estén identificados y verificados.



CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA Y QUÍMICA EN RELACIÓN CON LAS MATERIAS PELIGROSAS

2.1 PROPIEDADES FÍSICAS

2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA Y QUÍMICA EN RELACIÓN CON LAS MATERIAS PELIGROSAS

22

Aunque muchas de estas propiedades se describen y se analizan más a fondo en otros temas de este manual, por su importancia a la hora de entender ciertos conceptos que se tratan en éste, haremos una breve descripción de aquellas propiedades de las materias peligrosas que nos van a ayudar a interpretar las fichas de seguridad y a evaluar el riesgo intrínseco de cada materia y de cada situación.

2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

• **Estados de la materia:** una sustancia se puede presentar en estado sólido, líquido o gaseoso. Un clásico ejemplo es el agua, que en función de la temperatura y presión a que se encuentre podemos tenerla en fase sólida (hielo), líquida o gaseosa (vapor de agua).

La diferencia de estado de la materia se debe a las fuerzas de cohesión interna de las moléculas, característica de cada sustancia. Estas fuerzas de cohesión varían con la temperatura y la presión y su variación puede provocar el cambio de estado de una sustancia.

- **Punto de fusión:** es la temperatura a la que una sustancia cambia de estado sólido a líquido.
- **Punto de ebullición:** es la temperatura a la que una sustancia cambia de estado líquido a estado gaseoso.
- **Calor específico de una sustancia:** es el calor (ener-

gía) necesario para elevar la temperatura de un gramo de esa sustancia en un grado centígrado.

- **Calor latente de fusión:** es la energía o calor absorbido por un gramo de un sólido para cambiar a estado líquido.
- **Calor latente de vaporización:** es la energía absorbida por un gramo de un líquido para cambiar a estado gaseoso. Los calores latentes de fusión y vaporización son característicos de cada sustancia.

Las propiedades físicas que determinan si un gas puede licuarse y almacenarse a cierta presión son su temperatura y presión críticas.

La temperatura crítica de un gas es aquella por encima de la cuál no puede licuarse, independientemente de la presión ejercida sobre el mismo.

La presión crítica de un gas es la presión que tiene a su temperatura crítica.

• **Leyes de los gases:** nos ayudan a prever los cambios en un gas al variar alguna de sus condiciones, por ejemplo la presión que alcanzará un recipiente al elevarse su temperatura una magnitud determinada.

- a. Ley de Boyle-Mariotte: a temperatura constante, el volumen de un gas varía inversamente con la presión: $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$
- b. Ley de Charles: a presión constante, el volumen



de un gas varía en proporción directa al cambio de temperatura absoluta (K): $T_1 \times V_2 = T_2 \times V_1$

c. Ley de Gay-Lussac: a volumen constante, la presión de un gas varía en proporción directa al cambio de temperatura absoluta (K): $T_1 \times P_2 = T_2 \times P_1$

d. Ecuación general: $P_1 \times V_1 / T_1 = P_2 \times V_2 / T_2$

• **Densidad:** es el peso por unidad de volumen de un producto. En general disminuye con el aumento de temperatura. La densidad del agua a temperatura ambiente es aprox. 1g/cm³. Conocer la densidad de un producto es importante para determinar su flotabilidad en agua. La densidad de los compuestos orgánicos suele ser inferior a la del agua.

• **Densidad relativa de un gas:** es el cociente entre la densidad del gas y la del aire (1.2 Kg/m³). Es importante para determinar en caso de escape:

- a. Modo de dispersión
- b. Velocidad de dispersión.

Cuando el peso molecular del gas o del líquido que está generando vapores es superior a 29 (peso molecular del aire), el gas o los vapores serán más pesados que el aire.

• **Viscosidad:** es la resistencia que ofrece una sustancia a fluir. Disminuye con la temperatura. Es importante para determinar en caso de derrame de un líquido:

- a. Capacidad de dispersión horizontal en el terreno.
- b. Capacidad de dispersión en el terreno en profundidad.
- c. Posibilidad de absorción con bomba.

• **Solubilidad:** es la capacidad de una sustancia de disolverse en otra. Depende del tipo de fuerzas intermoleculares. Estas pueden ser:

- a. Polares (ej.: agua)
- b. No polares (ej.: grasas)

En general las del mismo tipo tienden a disolverse entre sí.

Las fuerzas de cohesión del soluto son superadas por las que se forman entre él y el disolvente.

La solubilidad varía con la temperatura:

- la solubilidad de un sólido en un líquido aumenta con el incremento de temperatura.
- la solubilidad de un gas en un líquido disminuye con el incremento de temperatura.

La solubilidad se mide en porcentaje de soluto en relación con el disolvente en estado de saturación.

El grado de solubilidad de una sustancia en agua determinará la eficacia de las técnicas de dilución de un líquido y abatimiento de una nube de gas en caso de escape. También influye en la dispersión del producto en un terreno húmedo y en los efectos sobre ojos y mucosas.

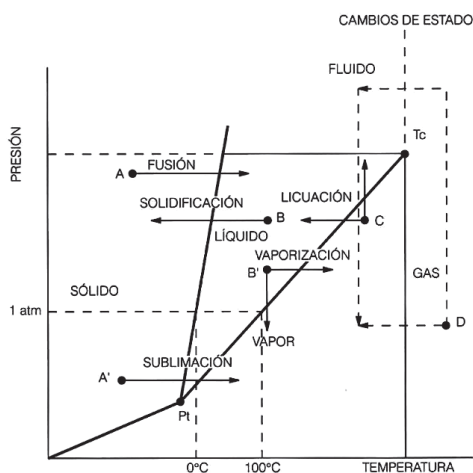
GRADOS DE SOLUBILIDAD

- 100% > mezclable
 - 10 - 99% > muy soluble
 - 1 - 10% > medianamente soluble
 - 0 - 1% > poco soluble
- Ej. NH₃ 68% a 20°C, Cl₂ 1% a 20°C.

• **Presión de vapor:** es la presión característica de un vapor en equilibrio con su fase líquida. Determina la capacidad o tendencia de las sustancias a evaporarse.

Supongamos una sustancia en fase líquida contenida en un recipiente cerrado de volumen mayor que ella. En la superficie del líquido habrá un intercambio de moléculas entre líquido y su vapor. La presión a la que el flujo de moléculas del líquido hacia el vapor es igual al flujo del vapor hacia el líquido, se denomina presión de vapor.

En un recipiente abierto cuando la presión de vapor iguale la presión atmosférica la vaporización se producirá en toda la masa del líquido y no solamente en la superficie, este fenómeno lo denominamos ebullición y se produce cuando la presión de vapor del líquido es



Estados de la materia.



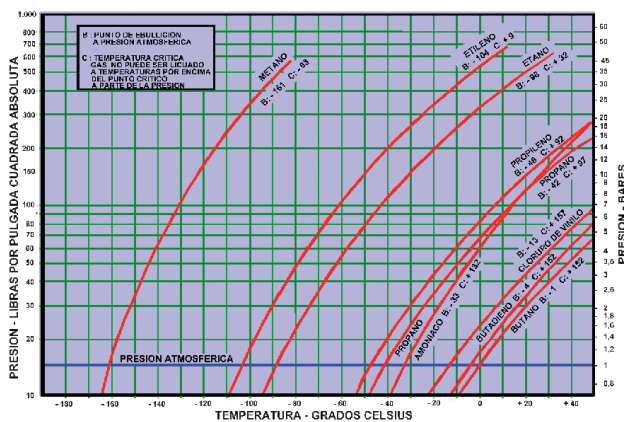


Gráfico que relaciona la temperatura de algunos líquidos o gases licuados con su presión de vapor.

1 atm = 100 Kpa. Por tanto las sustancias con elevadas presiones de vapor tendrán puntos de ebullición bajos.

La presión de vapor de un líquido aumenta ostensiblemente con la temperatura, y es siempre constante para una temperatura dada.

Un recipiente conteniendo un líquido en equilibrio con su vapor mantendrá la presión interior (presión de vapor) aunque variemos su volumen, siempre que la temperatura permanezca constante.

La propiedad física de los líquidos que más influencia tiene sobre su peligrosidad es su presión de vapor. La velocidad de vaporización de un líquido está asociada directamente a su presión de vapor.

- **Conductividad eléctrica:** es la facilidad que presenta una materia para permitir la circulación de corriente eléctrica. Un material puede ser aislante o conductor. Si una sustancia es poco conductora acumulará la carga estática producida debido al frotamiento mecánico. Las materias orgánicas como los hidrocarburos, suelen ser poco conductoras. El contacto o proximidad de un material conductor en contacto con la tierra podría producir una descarga instantánea en forma de chispa que en algunos casos podría tener una energía superior a la energía de activación de un producto inflamable. Por esta razón es importante la puesta a tierra de recipientes con productos inflamables durante las labores de trasvase.

- **Transmisión de calor. Tres formas:** conducción, convección y radiación. Cuando un combustible arde al aire libre podemos considerar que tres cuartas partes de la energía liberada se disipa vertical-

mente mediante convección y que solo una cuarta parte es emitida radialmente a través de la energía radiante.

Es importante tener en cuenta que la conducción de calor siempre se produce de la zona de mayor temperatura a la zona más fría. Por esta razón aunque en general en agua sea un buen agente enfriante, puede producir el efecto contrario cuando la utilizamos sobre una superficie que esté por debajo de la temperatura del agua. (ej.: en un accidente de transporte de un gas criogénico).

- **Dilatación térmica:** aunque los líquidos no se dilatan tanto como los gases con el aumento de temperatura, sí experimentan un apreciable aumento de volumen. Esto unido a su característica de baja compresibilidad hace que la presión ejercida sobre el continente por un líquido que se ha dilatado hasta ocupar todo el recipiente, eliminando la fase gaseosa, aumente considerablemente, con el consiguiente riesgo de fallo del recipiente o incluso de BLEVE.

2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

- **Acidez:** un ácido es un compuesto que puede ceder un protón, - es decir, un átomo de hidrógeno - cargado positivamente H⁺. El contenido de iones de hidrógeno se mide mediante el pH. Su valor indica el grado de acidez o de alcalinidad (basicidad) de la solución. Un ácido fuerte tendrá un pH = 0; una base fuerte, un pH = 14. El valor de pH neutro es el 7.

Los ácidos pueden ser orgánicos o inorgánicos. Los más reactivos son los inorgánicos. Los ácidos se disuelven en agua, y en el caso de los inorgánicos liberan calor. Esta reacción exotérmica puede ser violenta si el ácido está concentrado.

- **Basicidad:** las bases tienen la capacidad de absorber un protón. Sus propiedades corrosivas se deben al ión hidróxido OH⁻. La concentración de iones OH⁻ se mide por el pH. Una base fuertemente alcalina tendrá un pH = 14.

Las bases se disuelven en agua generando calor. La mayoría de las bases inorgánicas son sustancias sólidas (cristalinas).

Las bases, al igual que los ácidos, atacan a los metales generando gas.

Las propiedades corrosivas de las bases sobre los tejidos son más perniciosas que las de los ácidos, porque

disuelven las proteínas del organismo, ocasionando la muerte de los tejidos.

Los ácidos y las bases se neutralizan mutuamente formando una sal y agua. La reacción es exotérmica.

Las consecuencias medio ambientales de los accidentes con sustancias corrosivas son por lo general locales, dado que estas sustancias son muy solubles en agua, por lo que se atenúan rápidamente.

Se consideran aceptables, en cuanto a su acidez, escapes a cursos de agua o al terreno con valores del pH entre 5 y 9.

Al neutralizar los ácidos con cal muerta, debe de ser mezclada con agua para que la neutralización sea efectiva. Como regla general se utilizara entre 1,5 y 0,5 Kg. de cal por litro de ácido fuerte, en función de la concentración del ácido.

Los recipientes de polietileno son adecuados para la recogida de sustancias corrosivas.

El pH del producto se puede medir con tiras de indicador universal (obligado en cualquier vehículo de bomberos).

- **DBO - Demanda Biológica de Oxígeno:** es la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias presentes en el agua para oxidar la materia orgánica que contiene, depurando así en agua. No todos los compuestos orgánicos son susceptibles de tal degradación.

- **LD50 ó DL50 - Dosis Letal del 50%:** es la dosis de producto a la cual el 50% de la población afectada muere por efecto de la intoxicación:

- a. Para una exposición de 24 horas si es por absorción cutánea

- b. Para una exposición de 1 hora si es por ingestión.

- **VLA-EC:** es la concentración media del agente químico medida para cualquier periodo de 15 min a lo largo de la jornada laboral.

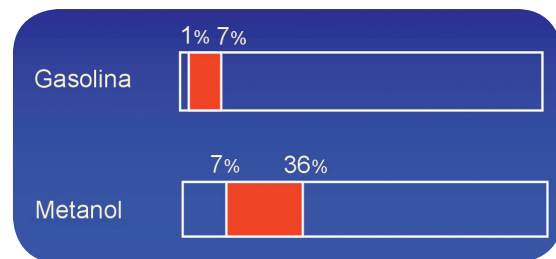
- **IPSV:** concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud. El límite IPSV representa la concentración máxima expresada en ppm o en mg/m³ a la que se

podría escapar en un plazo de 30 min sin experimentar consecuencias graves o irreversibles para la salud. Para medir la peligrosidad en exposiciones cortas también se emplean valores internacionales como AEGL, ERPG y TEEL.

- **Inflamabilidad:** es la aptitud de un material combustible para arder con producción de llama.

- **Límites de inflamabilidad (explosividad):** son la mínima y la máxima concentración (%) de vapor del combustible (del gas combustible) en el aire que permite la combustión (explosión) en presencia de una fuente de ignición.

- **Rango de inflamabilidad (explosividad):** es la zona comprendida entre el límite inferior de inflamabilidad LII (explosividad LIE) y el límite superior de inflamabilidad LSI (explosividad LSE).



Rangos de inflamabilidad de la gasolina y el metanol.

- **Punto de inflamación:** es la mínima temperatura a la que una sustancia combustible, en presencia de aire, libera suficiente cantidad de vapores para que en su superficie se inicie la combustión en presencia de una fuente de ignición y se mantenga por sí sola una vez retirada la fuente. Se suele diferenciar entre punto de inflamación y punto de encendido, en el que la combustión se inicia pero la concentración de vapores no es suficiente para autoalimentarse y que la combustión se mantenga. A efectos prácticos no merece la pena entrar en esta diferenciación puesto que ambas temperaturas están generalmente muy próximas.



EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL. NIVELES DE PROTECCIÓN

3.1 NIVELES DE PROTECCIÓN

**3.2 ACTUACIÓN CON EQUIPOS DE
PROTECCIÓN PERSONAL**

3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL. NIVELES DE PROTECCIÓN



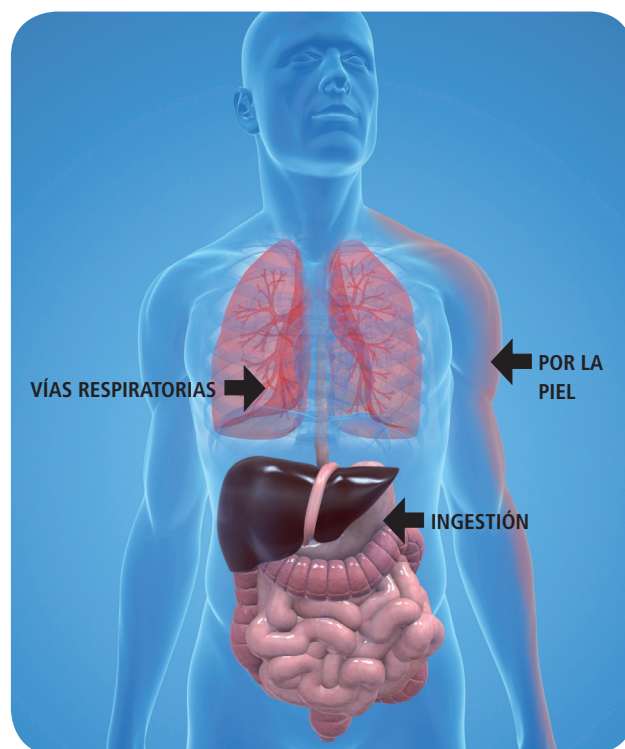
Cuando una sustancia o ser vivo que normalmente no está presente en el organismo humano toma contacto o penetra en él, existe el riesgo de que sus funciones resulten perturbadas. Los efectos concretos dependerán de una serie de variables como: el tiempo de exposición, el nivel de concentración, las propiedades químicas o biológicas de esta sustancia, o del tipo de funciones que hayan resultado afectadas.

Se pueden producir distintas clases de lesiones dependiendo principalmente del tipo de procesos afectados. En general las sustancias químicas reactivas, que se utilizan precisamente por su marcada propensión a reaccionar con otros productos, lo hacen también con los componentes del organismo humano. Esto puede provocar resultados no deseables, como: reacciones alérgicas, efectos sobre la dotación genética del organismo, tumores, etc. Entre tales sustancias pueden citarse, a título de ejemplo, los epóxidos (en plásticos y colas) y los aldehídos (en plásticos y maderas de contrachapados).

Los vapores de ácidos y bases irritan la mucosa nasal, los ojos y las vías respiratorias a causa de su reactividad y solubilidad en agua. Los ácidos y las bases más fuertes producen graves efectos corrosivos sobre la piel, siendo especialmente lesivos los de las bases que disuelven las proteínas y penetran más profundamente. Una pronunciada exposición a un producto tóxico puede perturbar los procesos bioquímicos del organismo.

Los agentes oxidantes y reductores pueden descomponer los tejidos del organismo al contacto con ellos.

Las intoxicaciones son producidas por sustancias que penetran en el organismo por alguno de los siguientes medios: vías respiratorias, ingestión y por la piel.



Se consideran tóxicas aquellas sustancias que aún en pequeñas dosis y tras exposiciones breves, pueden producir daños serios. La dosis afecta al grado de intoxicación.

Las intoxicaciones pueden ser agudas o crónicas. La intoxicación aguda implica frecuentemente la aparición inmediata y de forma súbita de los correspondientes síntomas, aunque en ocasiones pueden retrasarse tal y como sucede por ejemplo en el caso de un edema pulmonar tras una intoxicación aguda por gas. En cambio la intoxicación crónica, debida frecuentemente a pequeñas dosis, tiene un desarrollo más lento y aparece de manera progresiva.

Por lo anteriormente expuesto, las intervenciones en siniestros en los que aparezcan implicados productos químicos peligrosos, deben realizarse con la protección adecuada para evitar riesgos a la salud.

Además de la agresividad de la sustancia química como tal, otro aspecto importante a tener en cuenta es su temperatura, ligada en algunos productos a su estado físico (por ejemplo criogénicos). La protección debe ser también adecuada a la temperatura del producto, sobre todo cuándo se trabaja a temperaturas extremas, tanto de frío como de calor.

La función básica de un Equipo de Protección Personal o Individual (EPP o EPI según autores y contextos), es la de establecer una barrera entre el usuario del equipo y el producto agresivo. La elección de la protección vendrá determinada por factores como la peligrosidad del propio producto, el tiempo de exposición, el nivel de contacto, etc.

3.1. NIVELES DE PROTECCIÓN

Las intervenciones en accidentes en las que se ven involucrados productos peligrosos no siempre presentan el mismo grado de riesgo, por lo que la protección de quienes intervienen no debe ser necesariamente siempre la misma. Como se ha señalado anteriormente, el nivel de peligro depende de varios factores y por lo tanto el nivel de respuesta debe tenerlos en cuenta.

Según un convencionalismo aceptado de forma general en el sector de los SPEIS, y recogido finalmente en ciertos documentos oficiales, se pueden distinguir tres niveles generales de protección:

NIVEL I. Compuesto por el equipo de intervención completo más el equipo de respiración autónomo (E.R.A.).

NIVEL II. Este nivel de protección lo proporciona el traje anti-salpicaduras. Si el producto es inflamable, el traje anti-salpicaduras irá colocado sobre el nivel I (nivel II-a). Si no es inflamable, el traje anti-salpicaduras se podrá colocar directamente sobre ropa ligera de intervención (nivel II-b).

También se habla de nivel de protección II+I o nivel II mejorado, quedando el nivel II como el traje anti-salpicaduras sobre la ropa de parque (pantalón largo y manga larga).

NIVEL III. E.R.A más traje estanco anti-gas.

También se suele utilizar el término NIVEL 0 para referirse al traje de intervención completo para caso de incendio, excluyendo el E.R.A. Asimismo a la protección térmica y criogénica adicional al nivel III se les suele denominar NIVEL 4a y NIVEL 4b.

3.1.1 NIVEL DE PROTECCIÓN I

El Nivel I implica el uso del traje de intervención en incendio completo, es decir chaquetón, cubrepantalón, casco, botas, guantes y verdugo, junto con el Equipo de Respiración Autónomo (E.R.A.). Todos estos elementos tienen que cumplir con sus respectivas especificaciones técnicas marcadas por la normativa.

La protección principal la proporciona el Equipo de Respiración Autónomo (E.R.A.), que protege los órganos más sensibles, es decir los ojos y las vías respiratorias, evitando la intoxicación por inhalación del producto. Esto, unido a la protección que proporciona el traje de intervención, hace que en la mayoría de siniestros el Nivel I sea suficientemente seguro para una primera intervención rápida, siempre y cuando no se produzca un contacto directo con el producto ni una exposición a altas concentraciones de gases o vapores tóxicos o corrosivos que puedan afectar a zonas de la piel no protegidas.

En muchos servicios de bomberos, el vehículo de primera salida no dispone de trajes de protección química, por lo que en un accidente en el que se ven involucradas MM.PP. nos podemos ver obligados a realizar la primera intervención con los medios de que se dispone, en espera de que lleguen refuerzos con los equipos adecuados. En este caso y valorando siempre la situación (producto y condiciones del accidente) el mando de la salida podrá decidir la intervención con Nivel I de protección para:





Nivel de protección I.

1. Rescate de heridos o atrapados sin que haya exposición directa al producto.
2. Identificación del producto y de sus peligros.
3. Asegurar la zona por medio de balizamiento y evacuación.
4. Taponamiento de sumideros y/o preparación de diques de contención.

5. Cualquier otra acción urgente, que no suponga contacto directo con el producto.

Se considera que para más de un 80% de las acciones a realizar en los accidentes con materias peligrosas es suficiente la protección con Nivel I, principalmente en la fase inicial. En el porcentaje restante este nivel de protección permitirá realizar gran número de acciones de apoyo.

3.1.2 NIVEL DE PROTECCION II

El Nivel II de protección es el adecuado para trabajar con productos peligrosos por contacto directo con la piel en fase líquida pero cuyos vapores no son suficientes en concentración o agresividad para suponer un peligro por contacto con la piel en pequeñas concentraciones.

También es apropiado para productos que aunque no sean especialmente peligrosos pueden ser muy sucios y difíciles de limpiar de otros tejidos (gasoil, fuel,...) y para evitar que los productos inflamables puedan empapar la ropa de intervención convencional.

El Nivel II de protección tiene dos variantes, en función de la naturaleza del riesgo:

NIVEL II-a. Traje anti-salpicaduras sobre el Nivel I, es decir sobre chaquetón y cuprepantalón + E.R.A. Lo usaremos cuando exista riesgo de contacto con un líquido inflamable.

NIVEL II-b. Traje anti-salpicaduras + ropa de trabajo ligera (sin protección térmica pero con la adecuada protección mecánica) + E.R.A., cuando el riesgo sea únicamente de contacto con un producto no inflamable.

Esta protección no es estanca a gases ni cuenta con presión positiva por lo que no debe utilizarse en concentraciones altas de gases tóxicos o corrosivos.

El Nivel II-a está especialmente indicado para trabajar con líquidos inflamables ya que si se utilizase únicamente el traje de intervención éste podría llegar a absorber el producto, provocando permeación hasta la piel o graves daños en caso de inflamación. El traje anti-salpicaduras (anti-splash en inglés) hace que el producto resbale y no empape el de intervención. En caso de inflamación este traje se fundiría pero todavía quedaría la protección del traje de intervención.

El Nivel II-b es adecuado para todo tipo de productos no inflamables y que no emitan gases o vapores que en con-





Nivel de protección II-b.

tacto con la piel puedan ser perniciosos. Debajo de este nivel es mejor no llevar el traje de intervención por el riesgo de estrés térmico que conlleva su utilización conjunta.

El Nivel II-b es utilizado también para realizar las tareas de descontaminación de personal con Nivel III. En este caso y para ciertos productos, por comodidad y autonomía, el ERA puede ser sustituido por una máscara de filtro adecuada.

3.1.3 NIVEL DE PROTECCION III

Los equipos de Nivel III de protección son los conocidos como "Trajes Antigás", "Trajes Estancos", "Trajes de Protección Total" o "Trajes NBQ". Su principal característica es la estanquidad, lo que permite trabajar en contacto con el producto y en presencia de altas concentraciones de gases o vapores tóxicos o corrosivos.

La elección del tipo de traje de Nivel III, no es tarea fácil, ya que no existe el traje perfecto. El bombero, a diferencia de los trabajadores de empresas químicas, desconoce el producto al que se va a enfrentar, por lo que debe contar con un traje lo más polivalente posible.

Para realizar trabajos en condiciones especiales, estos trajes deben utilizarse con accesorios que permitan actuar con seguridad, así tenemos :



Nivel de protección III.

• **Sobretraje de protección para temperaturas bajas:** para trabajos con productos criogénicos (cuando la situación lo permita) y para gases licuados en zonas próximas al origen de la fuga donde las temperaturas pueden bajar de -40°C , con lo que la resistencia del traje puede verse afectada gravemente (comprobar características de cada modelo). En estos casos será preciso utilizar protección suplementaria por encima del



Nivel III con protección para temperaturas bajas.

traje de protección química consistente en: guantes de protección para frío, traje de protección de chaqueta y pantalón y protección para botas.

• **Protección para fuego:** esta protección se consigue mediante trajes de aproximación o penetración diseñados expresamente para ser colocados sobre el traje de Nivel III .

Evidentemente todas estas protecciones suplementarias dificultan los movimientos, el tacto y la visión y hacen más fatigosos los trabajos.

• **Sistemas de alimentación de aire. Ventilación y presión positiva:** los trajes de protección integral deben estar dotados de presión positiva con el fin de evitar la entrada de gases en caso de rotura. Para evitar sobrepresiones dentro del traje, éste cuenta con válvulas de liberación de aire.

La presión positiva dentro de los trajes encapsulados, es decir con el E.R.A. en el interior, se consigue con la propia exhalación; en los trajes con el E.R.A. en el exterior se logra mediante conexiones del E.R.A. al sistema de ventilación.

En la actualidad todos los fabricantes incorporan como opción, un sistema de ventilación interior del traje que tiene como finalidad la de sustituir el aire caliente y húmedo en el interior del traje por aire fresco y seco procedente del equipo de respiración. Estos sistemas permiten trabajar con mayor comodidad, además de conseguir un menor empañamiento del visor.

Existen diferentes modelos de ventilación aunque básicamente todos consiguen el mismo objetivo; tenemos así unos que suministran caudales fijos de entre 2 y 5 l.p.m., con opción a más caudal cuándo se desee (sobre 30 l.p.m.), y otros que suministran un caudal fijo de aproximadamente 100 l.p.m., lo que obliga a utilizar una fuente exterior de suministro de aire.



Circuito de aireación de traje Nivel III.





Comparación de trajes de Nivel III de protección.

32

Entre los trajes de protección química Nivel III, existen diferentes tipos en función de su diseño, cada con uno sus ventajas e inconvenientes. La principal diferencia viene dada por que unos llevan el E.R.A. fuera del traje y otros que lo llevan en el interior. Como curiosidad cabe señalar que en países como Suecia se utiliza preferentemente el traje con el E.R.A. en el exterior, mientras que en otros este tipo de traje no se utiliza.

Como se ha señalado cada sistema tiene sus ventajas e inconvenientes. Así:

- **Estanquidad:** la estanquidad viene a ser la misma en ambos trajes, si bien en algunos con el E.R.A. fuera del traje, la máscara no está soldada al mismo, siendo necesario ajustarla perfectamente para evitar una entrada o fuga de aire.
- **Visibilidad:** la visibilidad es notoriamente superior en el traje con el E.R.A. en el exterior ya que la visión se realiza solamente a través de la máscara con lo que el campo de visión es mayor y el empañamiento menor.
- **Protección al E.R.A. y otros equipos auxiliares:** la protección al E.R.A. y otros equipos, como por ejemplo la radio, es evidentemente superior en los que lo llevan en el interior del traje. Tanto la radio como el E.R.A. pueden resultar afectados por el producto y en el caso de la radio dejar de funcionar (por ejemplo un aparato de radio afectado por ácido sulfúrico). Existen protecciones suplementarias para el E.R.A. en los trajes que lo llevan en el exterior.
- **Descontaminación:** en los trajes con el equipo en el exterior no solamente hay que proceder a la descontaminación del propio traje, sino también a la del E.R.A.

Si, como ya se ha señalado, el proceso de descontaminación es complicado, descontaminar todas las partes del equipo (arnés, cintas, grifería, etc.) lo dificultaría aún más.

- **Confort:** para la realización de trabajos pesados el equipo con el E.R.A. en el exterior resulta mucho más cómodo, posibilitando además una mejor accesibilidad a la radio y elementos del equipo respiratorio como son el manómetro, ventilación, etc. Algunos de los trajes que llevan el E.R.A. en el interior cuentan con visores para lectura del manómetro.
- **Operación de vestirse/desvestirse:** la operación de vestirse/desvestirse resulta mucho más cómoda y rápida con el traje con el equipo en el exterior al realizarse sin tener el E.R.A. puesto.
- **Consumo de aire:** el consumo es menor con el equipo en el exterior del traje debido a que en la operación de vestirse no se consume aire y a que además mientras se está en situación de espera para intervenir se puede tener el traje puesto con el regulador desconectado.

FACTORES QUE MARCAN LA PROTECCIÓN DE UN TRAJE DE NIVEL III

Como hemos visto anteriormente, un traje de protección tiene por objeto establecer una barrera entre el usuario y el producto agresivo. Para ello debe reunir una serie de propiedades que impidan el contacto entre ambos. Dichas propiedades determinan la utilidad del traje ante los diferentes productos químicos y si es o no apto para la utilización en un momento y situación determinada. La resistencia del traje a la permeación, penetración o degradación son las propiedades que indican su grado de utilidad.

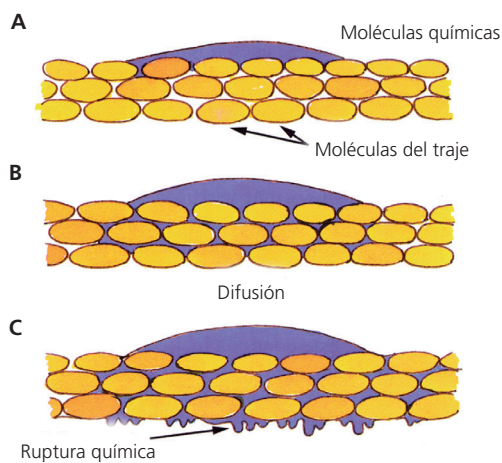
PERMEACIÓN

Se puede definir la permeación como el proceso químico mediante el cual una sustancia química se introduce en el tejido del traje a nivel molecular. El proceso de permeación comprende tres fases:

- Absorción del producto en las capas exteriores del material.
- Difusión del producto a través del material.
- Paso del producto a la superficie opuesta.

Exposiciones previas: Una vez que el producto químico ha comenzado su proceso de difusión, este continúa incluso después de que el producto haya sido limpiado de





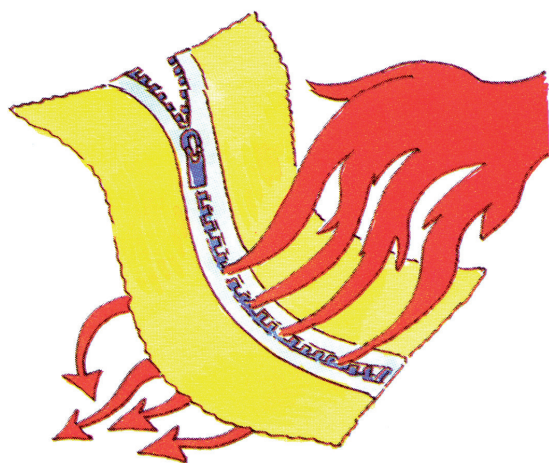
la superficie. Esto es importante a la hora de considerar la reutilización de un traje que ha estado expuesto a un producto peligroso, ya que la descontaminación no asegura que la permeación se ha detenido.

PENETRACIÓN

La penetración es un proceso físico mediante el cual el líquido o partículas traspasan el material a través de cremalleras, costuras, pinchazos, poros u otras imperfecciones en el material.

Los trajes pueden ser penetrados por distintos lugares, incluida la máscara, válvulas de exhalación, válvulas de desaireación y cierres del traje.

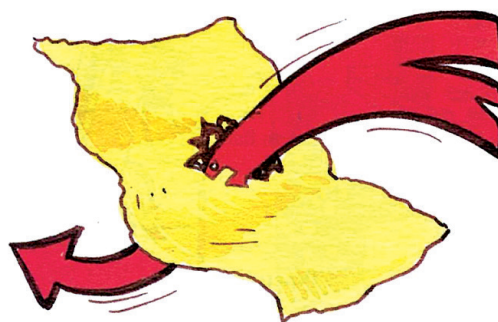
El potencial de penetración generalmente se incrementa en temperaturas excesivamente calurosas o frías.



DEGRADACIÓN

Consiste en la destrucción física o descomposición del material del traje debido a la exposición a productos químicos, al uso, al paso del tiempo o a las condiciones ambientales (por ejemplo el almacenamiento en lugares expuestos a la luz solar), etc.

La degradación se percibe por medio de signos visibles como por ejemplo decoloraciones de la superficie, descamación, ampollas, resquebrajamiento, etc.



Aparte de la permeación, penetración y degradación, existen otros aspectos a considerar a la hora de elegir un traje de Nivel III, como:

- **Resistencia mecánica:** la resistencia mecánica viene dada por el material que se utiliza para la confección del traje. Teniendo en cuenta que las intervenciones en este tipo de accidentes se realizan en condiciones extremas, donde es fácil el contacto con superficies duras y cortantes, es importante que el material sea resistente a cortes, desgarros, pinchazos, etc.
- **Comodidad:** es un factor importante ya que permite una actuación más rápida, aminorando los consumos de aire, el tiempo de intervención y el estrés.

TRAJES DE USO LIMITADO Y TRAJES MULTIUSOS

Los trajes de Nivel III de protección pueden ser de uso limitado o multiusos; ambos presentan también sus ventajas e inconvenientes:

Trajes de uso limitado

Actualmente, las casas comerciales ofertan trajes concebidos para una utilización limitada en el número de usos, desarrollados con materiales a base de recubrimientos laminados que proporcionan una excelente



protección química así como una aceptable resistencia mecánica.

Los trajes confeccionados con estos materiales ofrecen como principales ventajas un menor peso, una alta resistencia química y un precio relativamente bajo, además del hecho de ser de uso limitado e incluso desechables. Cuando se ha producido un contacto prolongado con un producto peligroso, se desecha eludiéndose así el complicado proceso de descontaminación. No admiten reparación.



Trajes multiusos

Los trajes multiusos están confeccionados por materiales que proporcionan una alta resistencia química, gran resistencia mecánica y mayor resistencia a una llamarada que los de uso limitado. Como desventajas se pueden citar su mayor peso, la necesidad de descontaminarlos para su reutilización y el mayor coste económico.

También se comercializan trajes para entrenamiento a precios inferiores. Son físicamente igual que los de intervención pero no proporcionan la necesaria protección química.

CONCLUSIONES SOBRE LOS NIVELES DE PROTECCIÓN

Cabe decir a modo de conclusión que no existe un traje perfecto, pero sí en cambio trajes que permiten una actuación segura en la mayoría de las intervenciones, teniendo siempre en cuenta el factor contacto directo y el tiempo de exposición al producto.

La elección de un traje de protección química no es tarea fácil, y requiere un estudio previo de las posibilidades y necesidades de cada Servicio, ya que no en todos los casos son las mismas. Es conveniente estudiar los productos más usuales en cada ámbito geográfico para así asegurar que el traje seleccionado presenta una adecuada protección frente a ellos, ya que por desgracia no puede ser compatible a todos los productos.

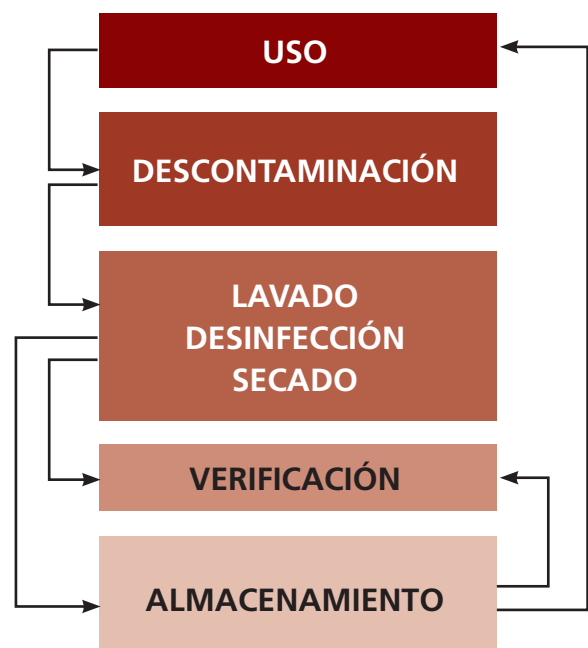
Las prendas de protección están compuestas por varios componentes (visores, guantes, costuras y cremalleras y válvulas de exhalación) fabricados de diferentes materiales. Cuando se evalúa un traje hay que tener en cuenta también estos elementos secundarios.

Las cualidades químicas de los trajes deben venir contrastadas por pruebas de laboratorio, con especificación de los tiempos de permeación y evitándose clasificaciones como "excelente", "bueno", etc. La documentación del traje debe ser completa, con sus correspondientes certificados de homologación.

Un traje usado y mal descontaminado puede contaminar al siguiente usuario que lo utilice.

Nunca se deben utilizar para limpiar la piel los productos de descontaminación de trajes.

CICLO DE LOS TRAJES QUÍMICOS

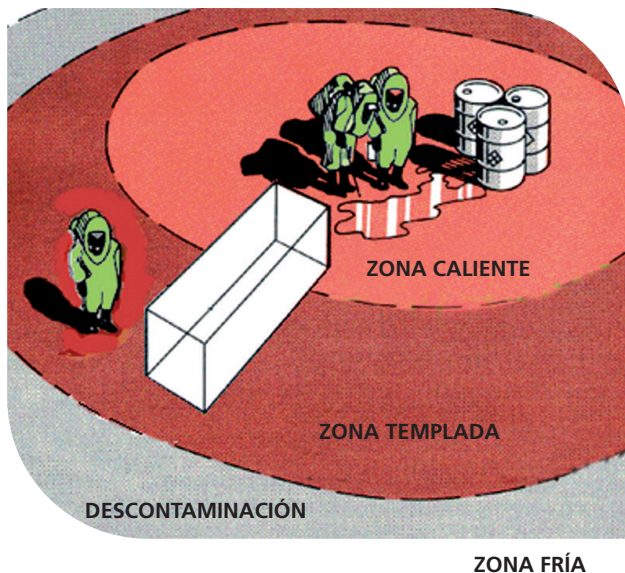


3.2 ACTUACIÓN CON EQUIPOS DE PROTECCIÓN QUÍMICA

El presente apartado no pretende afrontar el estudio de tácticas de intervención concretas, sino delimitar una serie de pautas importantes para el grupo que vaya a intervenir directamente en un accidente utilizando los equipos de protección personal.

3.2.1 GRUPO DE TRABAJO QUÍMICO

En primer lugar y ante un siniestro con presencia de materias peligrosas, el mando de la intervención debe designar los miembros del "grupo o grupos de trabajo químico". Cada grupo estará preferentemente formado por dos intervinientes y por un mando o jefe de grupo cuya misión será controlar a los actuantes manteniendo además con ellos en todo momento un contacto directo visual y vía radio (control de aire, tiempo de la intervención, suministro de herramientas, etc.). Todo el grupo deberá utilizar el mismo nivel de protección. Es importante resaltar que nunca se debe trabajar aislado del compañero y que cada actuante debe ir dotado de un sistema de comunicación, contando además cada grupo con un canal propio de trabajo, si es posible.



3.2.2 COLOCACIÓN DEL TRAJE

Una vez que el mando de la intervención ha decidido el nivel de protección, el grupo de trabajo se colocarán los equipos ayudados, preferiblemente, por otra persona.

En primer lugar se colocarán los E.R. A., realizándose las comprobaciones pertinentes de dicho equipo.

Posteriormente se procederá a la colocación del traje de protección prestando especial atención a que se realicen correctamente las conexiones del equipo respiratorio al sistema de ventilación y/o alimentación externa si la hubiere.

Una forma de colocarse el traje es la que muestran las figuras siguientes:



Una persona entrenada puede colocarse el traje en menos de un minuto. En cualquier caso, con la correspondiente ayuda, un tiempo de colocación de hasta dos minutos está dentro de lo aceptable. Este tiempo es en función del conocimiento del material y del entrenamiento.

Una vez colocado el traje debe verificarse que funciona el sistema de ventilación (si dispusiese de él), comprobándose asimismo el correcto cierre de la cremallera y el funcionamiento de las comunicaciones. Las arrugas del traje deben alisarse hacia abajo para evitar que se concentre líquido en ellas.

Es importante que todos los miembros de un mismo grupo se vistan simultáneamente, para ahorrar tiempos de espera. El regulador se colocará justo antes de cerrar la cremallera, y estas acciones solo se comenzarán cuando todos los miembros de un mismo equipo estén listos. Es también conveniente que hayan recibido las instrucciones y hayan establecido el plan de acción entre ellos antes de cerrar los trajes. Después la comunicación verbal queda muy limitada.



Comunicarse con el traje puesto es complicado.

Se considera que el tiempo máximo recomendado de trabajo con Nivel III de protección es de veinte minutos. Más allá de este tiempo el calor y el estrés acumulado pueden repercutir en la eficacia y la seguridad del bombero. Hay que tener otro grupo preparado, si es posible, para continuar con la tarea si ésta no se ha podido concluir en este tiempo. Además, en general a partir de veinte minutos habrá que sustituir la botella de aire, con lo que esto supone en el caso de que el traje esté contaminado. Siempre deben tenerse en cuenta, sobre todo en trajes que no lleven alimentación exterior de aire, el consumo del aire de refrigeración y el tiempo necesario para realizar una posible descontaminación.

El mando debe prever la instalación rápida del equipo de descontaminación, así como el suministro de aire exterior para los miembros del grupo de intervención química, desde el mismo momento en que da instrucciones para colocarse los trajes.

Una vez realizada la descontaminación, el usuario debe desprenderse del traje con la misma precaución que si no hubiera sido descontaminado, enrollándolo al revés sin que se produzca contacto entre el usuario y el exterior del traje. Una vez quitado, el traje debe guardarse como contaminado hasta que se realicen las tareas adecuadas de limpieza y descontaminación, ya que después de un contacto con un producto peligroso la descontaminación es difícil y no garantiza el estado del traje para posteriores intervenciones.

4 DESCONTAMINACIÓN

- 4.1 DEFINICIÓN DE
DESCONTAMINACIÓN
- 4.2 OBJETIVOS DE LA
DESCONTAMINACIÓN
- 4.3 FORMAS DE DESCONTAMINAR
- 4.4 PROTOCOLO DE
DESCONTAMINACIÓN
- 4.5 POSIBLES FORMAS DE REALIZAR LA
DESCONTAMINACIÓN

4. DESCONTAMINACIÓN



38

La descontaminación no tiene para los bomberos el mismo significado que para organismos de medio ambiente, empresas de tratamiento de residuos, empresas químicas, etc.

Para nosotros sus principales fines son: permitir atender a las víctimas de forma segura, poder quitarnos el traje de intervención sin riesgos y no ser nosotros agentes difusores de la contaminación en nuestras idas y venidas durante la actuación.

Hasta hace poco, por lo general, tras una intervención con mercancías peligrosas, nos limitábamos a quitarnos el traje con cuidado de que las partes contaminadas no entrasen en contacto con nuestra piel, en el mejor de los casos auxiliados por compañeros que previamente nos habían dado una rociada con la manguera de pronto socorro provistos de guantes.

Aunque este sencillo procedimiento es eficaz en un 90% de los casos, para garantizar nuestra seguridad no podemos conformarnos con esto y debemos aplicar una sistemática que nos permita alcanzar el máximo razonable de efectividad y seguridad propia en las labores de descontaminación, así como reducir al mínimo las posibilidades de que nuestra intervención perjudique a otros.

4.1 DEFINICIÓN DE DESCONTAMINACIÓN

Llamamos descontaminación al conjunto de acciones y procedimientos dirigidos a evitar efectos perniciosos y de difusión de una materia peligrosa fuera de la zona de intervención, producidos indirectamente a través de víctimas, útiles o de los propios actuantes.

4.2 OBJETIVOS DE LA DESCONTAMINACIÓN

La descontaminación en las intervenciones con materias peligrosas es un proceso sencillo que tiene como objetivo la seguridad y en el que asumimos que no podemos garantizar una completa descontaminación, por lo que va dirigida a:

1. Liberar a las víctimas de los contaminantes lo suficiente como para que le puedan ser prestados los primeros auxilios.
2. Permitir que a los actuantes se les retiren los trajes o elementos de protección de forma segura.
3. La limpieza y preparación para el transporte de útiles y herramientas.



4.3 FORMAS DE DESCONTAMINAR

CON AGUA

Es la más común. Su efectividad depende de la solubilidad del contaminante y de su posible reacción con ella. Disuelve y arrastra partículas. Resulta inadecuada para las materias que reaccionen violentamente al contacto con el agua (sodio, fósforo,...).

La efectividad aumenta con el uso de agua caliente, jabón u otros elementos limpiadores.

AL AIRE LIBRE

Trabajando con productos muy volátiles y poco solubles en agua, la mejor descontaminación inicial puede ser permanecer al aire libre con el traje de protección o el E.R.A. colocado y esperar a que el producto se disipe.

CON DISOLVENTES ADECUADOS

Para materias que puedan reaccionar violentamente con el agua o cuya toxicidad recomiende tomar especiales precauciones. Lógicamente es necesario disponer de estos disolventes antes de que se comience la intervención. Por lo general es necesario pulverizarlos, lo que puede hacerse con aparatos de fumigar, extintores, etc.



Propilenglicol en recipiente de extintor listo para ser usado en una descontaminación urgente.

Ejemplo: los cresoles y fenoles, tóxicos por contacto con la piel, pueden ser diluidos en soluciones de propilenglicol y etanol preparadas al efecto.

4.4 PROTOCOLO DE DESCONTAMINACIÓN

EL MANDO DE LA INTERVENCIÓN

En una intervención con un producto catalogado como materia peligrosa, y en el que existe riesgo de contacto, se impone la necesidad de usar elementos o ropa de protección. Esta ropa y las herramientas están expuestas a entrar en contacto con el producto y a que queden restos adheridos, a los que denominamos contaminación.

El responsable de decidir el nivel de protección a utilizar es el mando de la intervención. La decisión de equiparse con traje de protección química debe ir unida, por concepto, al establecimiento de los mecanismos necesarios para su descontaminación.

Por esta razón es potestad y responsabilidad del mando de la intervención:

- a. Decidir si es preciso montar un puesto de descontaminación. Esta decisión se ha de tomar al principio, ya que el montaje del dispositivo de descontaminación debe de estar terminado, preferiblemente antes de que el grupo de intervención termine de colocarse los trajes, y obligatoriamente antes de que el grupo entre en contacto con el producto.
- b. Decidir el lugar donde se ha de ubicar el puesto, procurando que esté lo suficientemente próximo a la zona de trabajo para que no requiera un traslado fatigoso de los intervinientes.
- c. Decidir cual va a ser el procedimiento de la descontaminación.
- d. Asignar el personal que se va a ocupar de la descontaminación y designar un responsable para su control.

El responsable del puesto de descontaminación:

- a. Decide la ropa de protección a usar por el personal a su cargo (normalmente Nivel II y como mínimo un nivel inferior al utilizado en la intervención).
- b. Controla que las personas que vienen de la zona de intervención pasen por la de descontaminación.



- c. Decide el orden en el que han de acceder a la descontaminación.
- d. Cuida de que exista un suministro de aire suficiente para el personal que viene de la intervención.
- e. Controla que al personal que interviene se le retira el E.R.A. en el momento adecuado.

LA ZONA DE DESCONTAMINACIÓN

La zona de descontaminación se utilizará como pasillo de salida de la zona caliente. Su configuración será muy variable en función del material del que dispongamos y del método que hayamos elegido para realizarla.

La organización general de la zona será la siguiente:

- En el caso de que haya víctimas en contacto con el producto hay que hacer el rescate con rapidez y tratarlas incluso antes de montar el puesto de descontaminación si no ha dado tiempo. Un lavado con abundante agua, tras retirar la ropa, puede ser efectivo para los casos de contacto con corrosivos, polvos que no reaccionen con el agua (contaminación radiactiva) y muchos tóxicos.
- Se hará una señalización clara de las zonas, para delimitar los riesgos.
- Si el número de actuantes es elevado habrá que montar más de una zona o puesto de descontaminación, para evitar que sea un cuello de botella.
- En el acceso desde la zona caliente al puesto de descontaminación habrá un lugar destinado a la recogida y depósito de herramientas para evitar que las herramientas contaminadas puedan salir de la zona sin control. Es importante que permanezcan siempre en la zona caliente para que no haya que descontaminar las herramientas varias veces en una intervención.
- No hay que olvidar que todos estamos al servicio de los que están actuando directamente con la materia peligrosa. A ser posible se mantendrá contacto ocular, o al menos comunicación permanente confirmada vía radio. Hay que prever una posible descontaminación y retirada del traje de urgencia, por posible perforación, malestar o falta de aire.
- En ciertos casos, si el producto lo permite, la persona que realiza la descontaminación puede utilizar máscaras de filtro adecuadas al producto. En caso de optar por un Nivel I siempre se usarán botas impermeables y guantes de protección química.



Salida de la zona de descontaminación. Se aprecian cajas para herramientas contaminadas, ducha y zonas de limpieza.

- El orden de entrada en la zona de descontaminación será en función de la cantidad de aire de la que dispongan los actuantes.

Los trajes de protección usados se deben dejar en recipientes adecuados (aunque una bolsa podría valer), ya que pueden conservar restos de contaminante. Cuidado con las botas que no vayan soldadas a los trajes porque en su interior se ha podido almacenar producto.

Por permeación un producto puede ir penetrando en el interior de un traje aún después de que el actuante se lo haya quitado. Si es un traje de varios usos la descontaminación final debe contemplar también el interior.

En cualquier caso la limpieza de los trajes contaminados con productos altamente peligrosos es una cuestión muy delicada que debe quedar estrictamente en manos de especialistas.

- Al finalizar la actuación se debe informar a los actuantes del producto con el que han estado en contacto y si el producto es especialmente peligroso se les entregará una tarjeta en la que indique el producto con el que han estado trabajando, a fin de que la coloquen en su cartera durante 72 horas, facilitando que puedan ser atendidos en el caso de que sufran efectos no detectados en el momento de la intervención.
- Todo el material empleado en la zona caliente deberá ser recogido en recipientes para su posterior tratamiento. Si la naturaleza del producto lo permite, en todo caso deberá ser lavado "in situ". En este caso, cuando se traslade de vuelta al parque se informará del uso que ha tenido, para que se proceda a su revisión y descontaminación definitiva en el caso de que sea necesaria.

4.5 POSIBLES FORMAS DE REALIZAR LA DESCONTAMINACIÓN CON AGUA

DESCONTAMINACIÓN CON MANGUERA DE PRONTO SOCORRO

Puede ser válida cuando por urgencia o falta de material no se disponga de otra alternativa.

En la mayoría de los casos un rociado con agua, aún para polvos o productos no solubles, va a eliminar una cantidad de contaminante elevada. Este sistema convenientemente aplicado elimina más del 80% del contaminante. Hay que tener en cuenta que el agua de lavado va a arrastrar la mayor parte del producto que se haya podido adherir al traje, aunque normalmente estas cantidades serán despreciables.

En caso de contaminación de un Nivel I de intervención, nunca rociar con agua directamente. Primero retirar el traje contaminado, sin quitarse la máscara si el producto es tóxico, después quitarse la máscara y alejarse, para posteriormente quitarse el resto de la ropa y lavarse con agua abundante se si considera necesario.

DESCONTAMINACIÓN CON DUCHA DE GRAN CAUDAL

Este sistema de descontaminación hace que el producto quede muy diluido en el agua de lavado pero genera un gran volumen de agua, por lo que será adecuado para aquellos contaminantes que debidamente diluidos no necesiten un tratamiento posterior. Es importante dirigir convenientemente el agua para evitar encharcamientos en la zona de trabajo.

Se debe tener cuidado de no poner en marcha la ducha más que el tiempo imprescindible, para controlar el consumo de agua y reducir la cantidad de agua vertida.

Se precisa un suministro de agua suficiente, de unos 500 litros/minuto por ducha, con una presión entre 5 y 8 bar. Se calcularán unos 1.000 litros de agua por persona a descontaminar.

Es la más aconsejable para afectados que puedan mantenerse en pie o para intervinientes que hayan tenido un problema durante la intervención.



41

En la imagen podemos ver una ducha con abundante agua a presión. Tiene la ventaja de la rapidez, que puede ser crítica en algunos casos.

En caso de necesidad de descontaminar a muchas personas en poco tiempo, se puede preparar una estación de descontaminación masiva, haciendo un puente de mangueras. Las imágenes muestran un ejemplo de este tipo de estación de descontaminación.





Ejemplo de forma de habilitar una zona de descontaminación masiva de fortuna.

DESCONTAMINACIÓN CON DUCHA DE PEQUEÑO CAUDAL

Tiene la ventaja de que nos permite recoger y retirar o controlar las aguas de lavado, aunque es un proceso más lento y más complejo.

Genera volúmenes pequeños de agua de lavado, pero este agua hay que tratarla como residuo y preparar su recogida.

Llevarnos las aguas de lavado implica disponer de recipientes para contenerlas (pueden improvisarse con una lona impermeable y unos mangotes o tramos de escalera). Un recipiente para su traslado, posiblemente una bomba para aspirarlas y habrá que hacerles un tratamiento posterior.

La limpieza se suele realizar con auxilio de cepillos, bayetas o esponjas.

Su efectividad depende en gran medida del entrenamiento del personal que realice la descontaminación.

Es normal hacerla en varias fases: una inicial quitando la parte más importante del producto solo con agua, después haciendo un cuidadoso lavado con jabón y un

posterior aclarado. Esta forma concreta de organización implica disponer de tres lugares para recogida de aguas.

Si hemos usado este procedimiento, resulta chocante arrojar después las aguas que hemos recogido sobre el terreno, por lo que antes de comenzar, tendremos que estar seguros de que nos podemos llevar las aguas contaminadas, o analizarlas in situ para comprobar su potencial contaminante.

Se pueden usar bombas de pequeño caudal para trasladar el agua residual de lavado a depósitos para su transporte.



PAUTAS GENERALES DE INTERVENCIÓN

- 5.1 CLASES Y RIESGOS DE LAS MMPP**
- 5.2 MITIGACIÓN DE ACCIDENTES CON MMPP**
- 5.3 SEGURIDAD Y CONTROL DEL PERSONAL**
- 5.4 PLANTEAMIENTO DEL LUGAR DE INTERVENCIÓN**

5. PAUTAS GENERALES DE INTERVENCIÓN



45

5.1 CLASES Y RIESGOS DE LAS MM.PP.

Cada materia, sustancia u objeto catalogado como peligroso tiene unas características fisicoquímico específicas y requiere un tipo de actuación en función del incidente en el que se encuentre involucrado, sin embargo hay una serie de pautas generales que son de aplicación a la mayoría de la intervenciones con materias peligrosas.

Las diferentes Fichas de Intervención, hacen recomendaciones sobre las acciones a realizar en función del tipo y gravedad del incidente.

Es importante que las tareas acometidas por los bomberos respondan a un planteamiento racional. En este capítulo analizaremos de una forma generalizada cuales son las labores a realizar según la clase de producto implicado y la amenaza existente.

Las MM.PP. están divididas en 9 clases, con diversas subclases. Según a la clase y subclase a que pertenezcan llevarán asociado un riesgo específico (ver cuadro de la pág. 46)

PRINCIPALES RIESGOS DE LAS MATERIAS PELIGROSAS

Las principales situaciones con riesgo que nos podemos encontrar en una intervención donde haya implicadas materias peligrosas son:

FUEGO

Cuando existe fuego hay que tener en cuenta qué tipo de agente extintor debemos utilizar, y si se puede echar agua. A veces puede ser mejor no extinguirlo.



Cisterna afectada por un incendio.

EXPLOSIÓN

La posibilidad de explosión irá asociada la mayoría de las veces al tipo de recipiente, contenedor y estado del producto. Un caso particular es la BLEVE, que puede producirse, principalmente por contacto directo de las llamas sobre un recipiente donde haya un gas licuado. El caso de los explosivos es diferente ya que el riesgo de explosión va asociado al producto y normalmente puede producirse la explosión por una acción exterior.



CLASE	TIPO	RIESGO	EJEMPLOS
1. EXPLOSIVOS	<ul style="list-style-type: none"> Materia explosiva Detonantes Fuegos artificiales 	<ul style="list-style-type: none"> Explosión Fuego Fragmentación 	<ul style="list-style-type: none"> Polvora TNT Petardos
2. GASES	<ul style="list-style-type: none"> Comprimidos Licuidos Disueltos Criogénicos 	<ul style="list-style-type: none"> Explosión BLEVE Corrosivos Tóxicos 	<ul style="list-style-type: none"> Propano Cloro Acetileno
3. LÍQUIDOS INFLAMABLES	<ul style="list-style-type: none"> Punto infl. Bajo Punto infl. Medio Punto infl. Alto 	<ul style="list-style-type: none"> Inflamación Contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> Gasolina Tolueno
4. SÓLIDOS INFLAMABLES	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos inflamables Combustión espontánea Emisión de gases inflamables en contacto con el agua 	<ul style="list-style-type: none"> Ignición Arden vigorosamente 	<ul style="list-style-type: none"> Carburo de calcio Sodio metálico Fósforo blanco
5. OXIDANTES PERÓXIDOS	<ul style="list-style-type: none"> Comburentes Peróxidos 	<ul style="list-style-type: none"> Emisión oxígeno Combustión 	<ul style="list-style-type: none"> Clorato sódico Nitrato sódico
6. TÓXICOS	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos Líquidos Gaseosos 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo para la salud Contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> Cianuro de hidrógeno Virus
7. RADIATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> I 0.005 mSv/h II 0.5 mSv/h III 2 mSv/h 	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo para la salud Contaminación Radiación 	<ul style="list-style-type: none"> Plutonio Residuos radiactivos
8. CORROSIVOS	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos Líquidos Gaseosos 	<ul style="list-style-type: none"> Atacan tejidos humanos Contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> Ácido sulfúrico Amoniaco
9. OTROS MATERIALES		<ul style="list-style-type: none"> Características peligrosas Transporte 	<ul style="list-style-type: none"> Cloroformo Detergentes

FUGAS DE GAS, NUBE TÓXICA

Puede producirse por la fuga de un gas nocivo o por los productos de la combustión. Es importante controlar la dirección de desplazamiento y la zonas donde pueda haber concentraciones altas.

FUGA DE LÍQUIDOS TÓXICOS, INFLAMABLES, CORROSIVOS

El principal riesgo, aparte del de inflamación, es el contacto de las personas con el producto y sus efectos contaminantes en el terreno o en cursos de agua por infiltración, alcantarillas, etc.

IRRADIACIÓN

Producida por el efecto ionizante de sustancias radiactivas. Debe controlarse la radiación individual soportada.

CONTAMINACIÓN RADIATIVA

Puede producirse por contacto con partículas de fuentes radiactivas. Deben protegerse las vías respiratorias y la piel según el tipo de sustancia. Otro tipo de contaminación es la que afecta directamente al medio ambiente (aire, agua, tierra, vegetación).



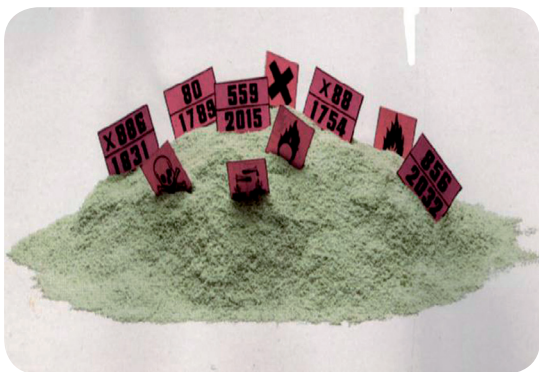
5.2 MITIGACIÓN DE ACCIDENTES CON MM.PP.

A continuación se van a enumerar las principales acciones que podemos realizar como bomberos en una intervención. Podremos utilizar medios físicos ó químicos, aunque, como veremos, será más fácil para los bomberos utilizar métodos físicos.

5.2.1 MÉTODOS FÍSICOS

ABSORCIÓN

Mediante productos absorbentes existentes en el mercado. Es aconsejable disponer de un absorbente polivalente, como por ejemplo la sepiolita, que en general da buenos resultados y ofrece una cierta polivalencia. Una vez utilizado el absorbente debe considerarse como un residuo, y en ningún caso abandonarlo en el lugar.



CUBRIMIENTO

Es una de las acciones a realizar rápidamente y que ayuda a reducir los efectos de dispersión por viento o por evaporación.

DILUCIÓN

En las sustancias miscibles con el agua ayuda a bajar las concentraciones a niveles de riesgo aceptable.

RETENCIÓN

Es importante que los productos no fluyan libremente y que no puedan alcanzar alcantarillas, cauces de agua, etc. Pueden retenerse mediante recipientes de recogida, diques de contención, barreras flotantes, elementos taponadores, etc.



DISPERSIÓN DE VAPORES O GASES

Cuando existen nubes tóxicas puede utilizarse agua pulverizada desde lanzas, monitores o acortinadores, para mitigar su efecto y/u orientar la nube hacia otras zonas con menos riesgo para la población.



47

SOBRE EMPAQUETAMIENTO

Este método puede ser muy bueno y rápido si disponemos de otro recipiente (hermético), de un tamaño superior al afectado.

TAPONAMIENTO

Es uno de los métodos más utilizados por los bomberos. Aparte de las cuñas neumáticas, cojines, etc. son muy útiles las cuñas de madera o de teflón utilizadas junto con materias maleables para mejorar la hermeticidad y las pastas para taponar fugas.

TRASVASE

El trasvase desde un recipiente a otro de características y capacidad adecuada, requiere de equipamiento y téc-





nicas especializados. Normalmente son realizados por técnicos de las empresas de fabricación o transporte. Los bomberos generalmente solo acometeremos esta acción en caso de urgencia o cuando las cantidades sean pequeñas y el material de que dispongamos sea adecuado para el producto.

48



VENTEO

El venteo consiste en abrir una válvula del depósito para reducir la presión en su interior, con el objeto de reducir la probabilidad de fallo del recipiente o la presión en el punto de salida y con ello el caudal del líquido por el punto de fuga, favoreciendo además las tareas de control o taponamiento.

RELICUACIÓN

Este método consiste en relicuar la fase aerosol o gaseosa de una fuga de un gas licuado, mediante la colocación en el punto de fuga de un conducto de PVC, manguera, etc. que la conduce hasta un depósito, donde, tapado con una lona, se recoge el gas de nuevo en estado líquido. Este método es indicado especialmente para el amoniaco.

5.2.2 MÉTODOS QUÍMICOS

COMBUSTIÓN CONTROLADA

Es un método a utilizar cuando el riesgo que genera el producto libre, si procedemos a la extinción, es superior al daño producido por los efectos de su combustión. Por ejemplo una fuga de gas natural o un incendio de cloruro de vinilo. En estos casos es mejor limitarse a proteger a terceros y no extinguir el incendio hasta estar seguros de poder reducir u obturar la fuga.

NEUTRALIZACIÓN

Se utiliza principalmente mezclando ácidos y bases, para formar una sal como producto final de menor efecto contaminante. Este método es muy difícil de realizar y hay un gran riesgo de quedarse corto o de pasarse, esto en el caso que podamos asegurar una mezcla homogénea. En general es mejor utilizar un método de contención y absorción.

5.3 SEGURIDAD Y CONTROL DEL PERSONAL

En toda intervención de bomberos y especialmente donde hay materias peligrosas implicadas hay que priorizar la seguridad y el control del personal que interviene.

PROTECCIÓN PERSONAL

El mando de la intervención como responsable de la misma debe ordenar el nivel de protección que se debe utilizar y controlar que se utiliza correctamente. En caso de no disponer del equipo adecuado, no se debe permitir la intervención del personal.

CONTROL DEL PERSONAL

Toda persona que esté trabajando en la zona caliente (zona de riesgo), debe estar permanentemente supervisada. Para realizar este control, es necesario que un mando u otro bombero esté situado en la zona templada y comunicado con el personal que está interviniendo. Supervisa y controla las acciones del equipo de intervención. Debe controlarse el consumo de los E.R.A. y el tiempo de intervención. Hay que prever el tiempo para la descontaminación si fuera necesaria.



EQUIPO S.O.S.

Siempre que haya un equipo trabajando en la zona de riesgo debe de prepararse otro, con el mismo nivel de protección, para intervenir en caso de ser necesario. Es conveniente la solicitud de la presencia de una ambulancia y de personal sanitario.

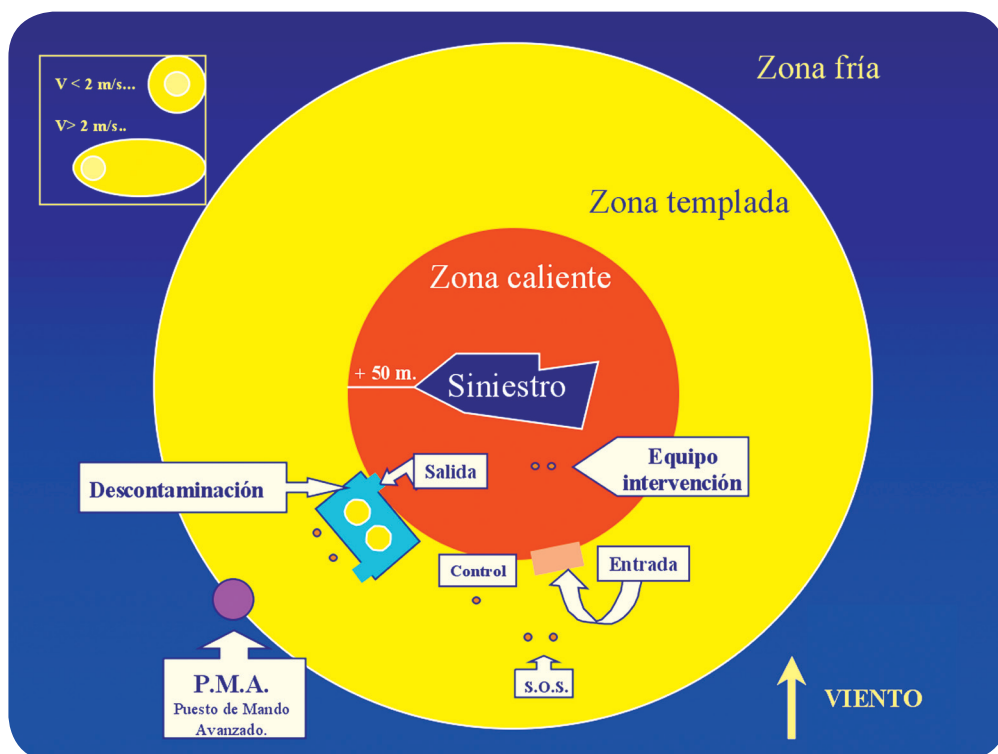
5.4 PLANTEAMIENTO DEL LUGAR DE INTERVENCIÓN

En toda intervención de bomberos en la que se vean involucradas materias peligrosas hay una serie de pautas comunes que se deben respetar. Para el planteamiento de una intervención con MM.PP. se deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Dirección y fuerza del viento: la dispersión de gases o vapores a una velocidad inferior a 2m/s es circular y a una velocidad superior es en forma de pluma. Siempre hay que situarse en la dirección del viento.
2. Definir y, si se puede, balizar las zonas caliente (riesgo), templada (instalaciones equipos de interven-

ción) y fría (segura). El límite de la zona caliente, como norma (no exacta), se establece inicialmente a unos 50m del lugar del incidente. Debe señalizarse la entrada y salida de la zona caliente .

3. Establecer la ubicación del PMA (puesto de mando avanzado). En general éste se ubica en el límite entre la zona templada y la zona fría.
4. Establecer la ubicación de los vehículos, asegurando las vías de salida.
5. Establecer a la salida de la zona caliente la descontaminación si es necesaria.
6. Las acciones a realizar por los recursos humanos serán:
 - Equipo de intervención.
 - Equipo S.O.S.
 - Control intervención.
 - Equipo descontaminación.
 - Equipo alimentación (conductores).
 - Mando de la intervención.



SUSTANCIAS PELIGROSAS: CLASES, RIESGOS ASOCIADOS, INTERVENCIÓN

- 6.1 INTERVENCIÓN EN ACCIDENTES CON MATERIAS EXPLOSIVAS**
- 6.2 INTERVENCIÓN EN ACCIDENTES QUE INVOLUCRAN GASES POR UN INCENDIO. FACTORES A CONSIDERAR**
- 6.3 INCIDENTES CON LÍQUIDOS INFLAMABLES.**
- 6.4 SOLIDOS INFLAMABLES**
- 6.5 SUSTANCIAS COMBURENTES Y PERÓXIDOS ORGÁNICOS**
- 6.6 PRODUCTOS TÓXICOS Y CORROSIVOS**
- 6.7 SUSTANCIAS RADIATIVAS**

6. SUSTANCIAS PELIGROSAS: CLASES, RIESGOS ASOCIADOS, INTERVENCIÓN

51

Con el desarrollo industrial y la masificación de su transporte, el control o mitigación de las causas y los efectos de los accidentes que involucran materias peligrosas, se ha convertido en una de las competencias por excelencia de los servicios de bomberos en todo el mundo. En realidad estas labores tendrían que asumirlas las empresas o agentes que generan el riesgo, pero en la práctica el único servicio que puede garantizar una intervención rápida en cualquier punto del territorio geográfico y con personal mínimamente entrenado en el uso de un material relativamente específico es el de bomberos.

La casuística de este tipo de intervenciones es muy variada y es muy difícil estar preparado para enfrentarse a todos los supuestos que se pueden producir, principalmente por una limitación natural de personal, entrenamiento y de medios. En cualquier caso la responsabilidad de intervención nos viene dada y debemos ser capaces de garantizar un mínimo nivel de respuesta ante los siniestros más probables, hasta unas dimensiones razonables.

Vamos a analizar las especificidades de las materias peligrosas en función de su estado de agregación y de su riesgo intrínseco, y tratar de establecer unas directrices de intervención para cada grupo de materias, sin entrar en protocolos o procedimientos específicos, que se salen de las pretensiones de este manual.

6.1 INTERVENCIÓN EN ACCIDENTES CON MATERIAS EXPLOSIVAS

Llamamos explosivos a aquellas sustancias, compuestos o mezclas, que ante un estímulo suficiente (energía inicial de descomposición), se descomponen instantáneamente (gran velocidad de reacción) generando una masa gaseosa de gran volumen y temperatura que a su vez provoca ondas de presión de energía muy elevada.



Las sustancias explosivas se pueden clasificar según su naturaleza química (sustancias puras y mezclas explosivas), según su empleo (propulsores, rompedores o iniciadores) y según los criterios de los diferentes reglamentos, como el Reglamento de Explosivos (materias



explosivos y objetos explosivos) o el ADR (de la división 1.1 a la 1.6).

Están sujetos a unos requisitos de almacenamiento y transporte muy estrictos en cuanto a cantidades, compatibilidades, marcado y señalización.



El riesgo principal de este tipo de materias está en la posibilidad de que por cualquier causa fortuita (incendio, golpe, fricción, reacción química) reciban un estímulo suficiente que las haga detonar.

En el caso de que se produzca una explosión los efectos perniciosos se manifiestan en forma de sobrepresión, altas temperaturas y efecto metralla.

En el caso de que los SPEIS tengan que intervenir en un incidente con este tipo de materias, nos podemos encontrar con los siguientes casos.

6.1.1. LA EXPLOSIÓN YA SE HA PRODUCIDO

En este caso, nuestra tarea se limitará a controlar las consecuencias de la explosión:

- Atención a personas afectadas (atención sanitaria de urgencia, rescate en derrumbes o atrapamientos, traslado a zona segura, etc.).



- Control y extinción de incendios.
- Control y cierre de fugas de gases y otros productos peligrosos (líquidos inflamables, productos químicos, etc).
- Estabilización de estructuras.

En todas estas labores es imprescindible tener en cuenta la posibilidad de que se puedan producir nuevas explosiones y es responsabilidad del mando establecer el límite de nuestras acciones en función de este riesgo. También debemos estar permanentemente alerta a la presencia de restos de explosivos sin detonar e informar inmediatamente en caso de su localización.

6.1.2. LA EXPLOSIÓN NO SE HA PRODUCIDO PERO HAY RIESGO DE QUE SE PRODUZCA

Es el caso de los avisos de bomba o de los incendios que puedan afectar a almacenamientos de explosivos de cualquier tipo. En estos casos no se interviene y nos mantendremos a la distancia de seguridad que establezcan las fuerzas de seguridad o los especialistas. En todo caso colaboraremos en las labores de evacuación y balizamiento.

6.1.3. HAY INCENDIO PERO NO AFECTA DIRECTAMENTE A LA CARGA O ALMACENAMIENTO EXPLOSIVO

Es el caso de fuego de neumáticos o de motor de un vehículo de carga, o de fuego en las inmediaciones de un depósito o almacenamiento. Se despejará la zona y se atacará el incendio con contundencia pero sin implicar a más personas de las necesarias. Previamente el mando verificará que no hay sustancias explosivas demasiado cerca de la zona afectada por el incendio. Si el fuego se acerca peligrosamente a los productos explosivos abandonar las labores de extinción y retirarse a una zona segura, preferiblemente protegidos por un paramento resistente.

6.1.4. ACCIDENTE DE TRÁFICO DE UN VEHÍCULO CON CARGA DE EXPLOSIVOS

Eliminar toda fuente de energía que pudiera afectar a la carga. Comprobar el estado de los paquetes o recipientes. Mojar el terreno alrededor de la carga sin mojar la propia carga. Si la recogida no es urgente, dejarlo en manos de especialistas. Si fuera urgente y hubiera carga fuera de sus recipientes, no utilizar elementos de recogida metálicos ni plásticos (escobas de plástico) y hacerlo con elementos de madera y escobas de palma. Los detonadores recogerlos a mano, sin que reciban golpes o fricciones. Asegurarse de que no quedan restos.

En el caso de necesidad de desencarcelación de atrapados, trabajar con medios fríos, humedeciendo las intermediaciones.

6.1.5. PREVENCIÓN DE ESPECTÁCULOS PIROTÉCNICOS

Aplicar a rajatabla los planes e instrucciones de seguridad establecidos por la normativa general, autonómica o municipal. Ubicarse en un lugar seguro y asegurar la salida inmediata en caso de necesidad de intervención (este tema se trata más extensamente en el libro "Prevenición de Incendios" del volumen 2 de esta colección).

6.2 INTERVENCIÓN EN ACCIDENTES QUE INVOLUCRAN GASES

En función de su estado de contención los gases pueden presentar diferentes tipos de riesgo.

6.2.1 RIESGOS DE LOS GASES EN RECIPIENTES CERRADOS

Todos los gases, bien se encuentren presurizados, licuados, en estado criogénico o disueltos, presentan el riesgo genérico de aumento incontrolado de presión. Esta presión puede llegar al límite de rotura del envase que lo contiene y las consecuencias del fallo dependerán de la peligrosidad intrínseca del gas, de su cantidad, de

la fase en que escape y de su ubicación. El equilibrio general del sistema depende sobre todo de la temperatura y de la integridad física del recipiente.

Debemos considerar que:

- 1º Los gases presurizados tienden a expandirse cuando se calientan, y este calentamiento produce un aumento de la presión del recipiente que puede dar lugar como resultado la fuga o rotura del envase.
- 2º Los recipientes pueden fracturarse como resultado de las llamas de un foco externo al que estén expuestos, debido a la pérdida de resistencia del material con que están fabricados.

Por lo tanto, las válvulas de sobrepresión deben estar calculadas para que sean capaces de aliviar el exceso de presión para que no llegue a alcanzarse la presión de rotura del envase.

En el caso de los gases licuados, incluidos los criogénicos, éstos tienen un comportamiento bastante más complicado, puesto que el resultado final de un calentamiento es el resultado neto de la combinación de tres efectos. Primero, la fase gaseosa está sujeta a los mismos principios físicos antes mencionados. En segundo lugar, el líquido, cuando se calienta tiende a dilatarse comprimiendo más la fase gaseosa. Y finalmente, la presión de vapor del líquido aumenta con la temperatura, dando como resultado un aumento de la cantidad en fase gaseosa.

Hay un caso en el que el aumento de temperatura puede producir efectos catastróficos. Si la dilatación de la fase líquida hace que el recipiente quede totalmente lleno de líquido, (condensación de la fase gaseosa) cualquier pequeña cantidad de calor adicional producirá un aumento enorme de la presión. Por esta razón es de suma importancia no introducir mayor cantidad de gas en fase líquida que la del límite establecido para cada recipiente, dejando así una cámara suficientemente grande de fase gaseosa para absorber la dilatación de la fase líquida.

Algunos gases disueltos, como el acetileno, presentan riesgo de inestabilidad química y descomposición progresiva en ciertas circunstancias mecánicas o térmicas, que pueden degenerar en un fallo del recipiente si no se toman las medidas necesarias de refrigeración suficiente y constante.



Roturas de recipientes, BLEVE

Las siglas "BLEVE" vienen de la definición americana "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion" que traducido significa "Explosión por la Expansión de los Vapores de un Líquido en Ebullición".



54

Como su definición indica, se precisa de un líquido confinado en un recipiente, calentado muy por encima de su punto de ebullición. Será el caso de todos los gases licuados, independientemente de que sean inflamables o no, los cuales en su almacenamiento dentro de un tanque cerrado, siempre están a una temperatura superior a la de su punto de ebullición. Si por cualquier razón, se produce una bajada de presión de la fase gaseosa, el líquido empezará a evaporar gas para así conseguir su equilibrio. De igual manera, si calentamos la fase líquida, haremos aumentar la presión de vapor del líquido.

Teniendo en cuenta estos parámetros, para que se produzca el BLEVE, son necesarias tres condiciones:

1. Que la fase líquida esté sobrecalentada.
2. Que se produzca una bajada brusca de presión en la fase gas. Esta bajada brusca se puede dar como consecuencia del fallo de la resistencia mecánica de recipiente por un golpe o punción, por fallo de resistencia mecánica por calentamiento excesivo del metal del que está construido, o incluso por la apertura de una válvula sobredimensionada que libere incontroladamente una cantidad excesiva de presión.
3. Que las condiciones previas de presión y temperatura sean tales que, al pasar a presión atmosférica, provoquen la ebullición y vaporización de un porcentaje importante de líquido de forma instantánea.

Cabe señalar, que la violencia de la BLEVE, depende del tipo de gas del recipiente y de la diferencia entre la presión de vapor del punto donde se halle en equi-

librio en aquel momento y la correspondiente presión del punto de corte de la línea de sobrecalentamiento. En el caso del propano, una unidad de volumen de propano líquido es capaz de generar 280 unidades de volumen de vapor; para el caso de líquidos inflamables la vaporización súbita en caso de BLEVE suele ser del orden del 10%; para los gases criogénicos suele estar en orden del 25%; y del orden de 50% para gases no criogénicos. Es curioso comprobar que las explosiones BLEVE son más violentas si la presión y temperatura son inferiores a la del punto crítico, si bien es cierto, que la energía acumulada en la zona del punto crítico es siempre mayor.

Es importante tener en cuenta que es muy difícil calentar la superficie de una cisterna en la zona en contacto con la fase líquida, ya que el calor es absorbido por el líquido y disipado por toda la cisterna, actuando como regulador térmico. En el caso del propano, las válvulas de sobrepresión empezarán a descargar cuando la temperatura del líquido alcance los 50 o 60°C, con lo que la temperatura del metal estará muy por debajo de su punto de rotura.

Por el contrario, si se calienta el metal por la zona de la fase de gas, como el gas es mal conductor térmico, será el metal el que acumule puntualmente gran parte del calor aumentando su temperatura hasta límites peligrosos. En la mayor parte de las BLEVES, la ruptura comienza por la parte metálica de la fase gas y se caracteriza por una deformación del metal con la consiguiente reducción del espesor y aparición inmediata de una grieta longitudinal que crece progresivamente hasta que alcanza una magnitud crítica.

En resumen, podemos decir que si surge una ruptura violenta (BLEVE), es probable que, aproximadamente en los primeros 150-180 metros desde un contenedor de GLP, se experimente una bola de fuego y calor radiante. Los siguientes 150-180 metros, (hasta un radio de 370 m.) experimentan calor radiante desde la bola de fuego. Los fragmentos del contenedor, en ocasiones de gran tamaño, pueden ser trasladados a más de 370 m y causar incendios más allá de dicho perímetro.

6.2.2 RIESGO DE LOS GASES FUERA DE LOS RECIPIENTES

Un gas puede escapar de su recipiente en forma de fuga continua o de fuga instantánea

Se denomina fuga instantánea cuando el escape vacía



la mayor parte del contenido del recipiente en un breve lapso de tiempo. Debido a la alta presión y a la elevada velocidad de escape, el gas se dispersará inicialmente con entera independencia del viento. El escape puede compararse con el chorro de gas de un jet que absorbe y arrastra grandes cantidades del aire de su entorno. Después se forma una nube de gas, pesada y fría, que es arrastrada por el viento. La nube de gas se dispersa en el aire con relativa rapidez.



Fuga instantánea captada en dos momentos diferentes. Se produce una nube que se desplaza separándose del depósito y se difunde paulatinamente.



Fuga continua. Se produce una nube con alta concentración junto al depósito y que va disminuyendo conforme nos alejamos de él. La concentración en cada punto será constante en el tiempo mientras la potencia de la fuente lo sea también.

Una fuga continua o prolongada implica un escape durante un periodo mayor de tiempo debido a la rotura de una válvula o de un tubo, o a un orificio sobre la superficie del contenedor. Si el escape se produce en fase líquida, es decir si el punto de fuga está por debajo de la superficie del líquido, un chorro de líquido y aerosol se escapará de manera turbulenta mezclándose con gran volumen de aire.

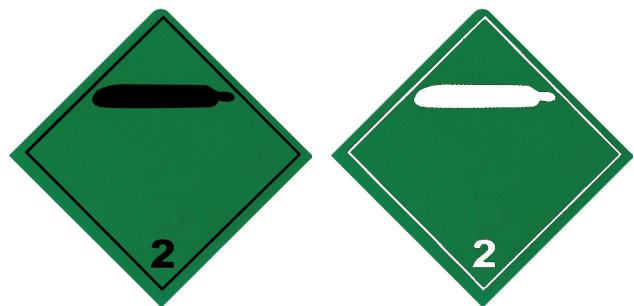
En función del tiempo de dispersión de la nube de gas se forma una pluma que se extiende en el sentido del viento. La pluma puede abarcar grandes espacios.

La cantidad liberada por unidad de tiempo se denomina potencia de fuente y depende de la abertura, de la diferencia de presiones y de la densidad del fluido.

Los riesgos que presentan los gases fuera de los recipientes varían según sus propiedades químicas y físicas, el volumen y velocidad de salida del recipiente y las circunstancias exteriores del área potencialmente afectada.

RIESGO DE ANOXIA

Todos los gases, con la excepción del oxígeno y del aire, presentan un cierto riesgo de anoxia para las personas al desplazar el aire necesario para la respiración. Los gases inertes, incoloros e inodoros como el nitrógeno, el helio o el argón, son especialmente peligrosos, ya que su presencia o concentración no se advierte fácilmente. La concentración mínima de oxígeno en el aire para la supervivencia humana oscila entre 6 y 10% (la normal es de 21%) en volumen pero incluso a concentraciones más altas la coordinación muscular y los sentidos resultan afectados.



GASES TÓXICOS O VENENOSOS

Los riesgos de este tipo de gases son evidentes. Primero por la facilidad de dispersión aérea que presentan y la alta probabilidad de afectar a la población más cercana si el flujo de escape es importante. Además dificultan la intervención de los bomberos por las precauciones que exige.



OXÍGENO Y OTROS GASES OXIDANTES

Aunque no son inflamables, estos gases pueden hacer que otras materias entren en ignición a temperaturas más bajas, pueden acelerar la combustión, aumentar el riesgo de explosión al modificar ostensiblemente el rango de inflamación de cualquier mezcla combustible, o aumentar el tamaño de una llama existente hasta provocar un incendio.



GASES LICUADOS

Estos gases presentan un riesgo intrínseco debido a las bajas temperaturas que pueden producir por su rápida expansión en caso de escape. El contacto con estos líquidos fríos puede causar congelaciones, que serán muy graves si la exposición es prolongada. Las propiedades de muchos materiales de construcción y estructurales, particularmente los plásticos y el acero al carbono, se ven afectados por las bajas temperaturas; generalmente se hacen quebradizos, lo que puede dar por resultado un fallo estructural.

GASES CRIOGÉNICOS

Los gases criogénicos presentan el riesgo específico de las bajas temperaturas a las que se almacenan. Por eso mismo se transportan sin presión o con muy poca presión. Un caso de especial riesgo es el transporte en esta forma del gas natural licuado, que une al riesgo de un gas criogénico su inflamabilidad.

56



Guantes de protección criogénica.

GASES INFLAMABLES

Debido a su importante presencia en nuestro entorno el comportamiento de los gases inflamables fuera de sus envases requiere una atención especial. Presentan dos clases de riesgos fundamentales: explosión por combustión y dardo de llama de difusión. La confusión en la diferenciación entre estos dos fenómenos puede dar por resultado la mala aplicación de las medidas protectoras o preventivas.



a. Explosiones

Las explosiones por combustión del gas se pueden producir según la secuencia siguiente:

1. El gas inflamable escapa de su recipiente. Si la fuga se produce en fase líquida, el líquido liberado se evapora rápidamente y se generan las grandes cantidades de gas características de la transición de líquido a vapor. Cada litro de líquido liberado supone, en función de la naturaleza del producto, entre 500 y 1700 litros de gas. Si la fuga se produce en fase gaseosa saldrán del recipiente grandes cantidades de gas que irán disminuyendo paulatinamente conforme la fase líquida va perdiendo temperatura y por lo tanto va disminuyendo su presión de vapor. Si se trata de un gas comprimido, se producirá una fuga importante que irá disminuyendo conforme baja la presión del recipiente.
2. El gas se mezcla con el aire hasta alcanzar ciertas proporciones (dentro de su rango de inflamabilidad o combustibilidad) en que la mezcla es susceptible de inflamarse.
3. Si la mezcla inflamable alcanza una fuente de ignición, arderá casi instantáneamente produciendo grandes cantidades de calor y un súbito aumento de volumen, que provocará una onda de presión. Es lo que en terminología anglosajona se conoce como UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion- Explosión de una nube de vapor no confinada).
4. Si esto se produce dentro de un recinto cerrado, el recipiente o habitáculo pueden colapsar por sobrepresión liberando una onda de presión aún mayor, generando una explosión (deflagración o detonación en función de la velocidad de la onda expansiva).

b. Incendios de gases inflamables

Si el gas inflamable arde a medida que va saliendo

del recipiente y se va mezclando con el aire, generará una llama de difusión en forma de dardo (jet fire), que en principio presenta menos riesgos que si no ardiese y se mezclase libremente con el aire. Si se consigue estabilizar esta situación y controlar los riesgos, las condiciones de seguridad son muy superiores a una fuga de gas inflamable no incendiada.

6.2.3 CRITERIOS GENERALES DE INTERVENCIÓN

Las acciones de un servicio de emergencia en caso de un accidente que involucre un gas deberán ir dirigidas a los siguientes objetivos.

- Evitar el fallo del contenedor (enfriamiento, estabilización).
- Eliminar la fuga de gas (cierre de válvulas, taponamiento).
- Minimizar las consecuencias sobre la población cercana (balizamiento, evacuación o confinamiento, información,...).
- Si el gas es inflamable, eliminar los puntos de ignición.
- Evitar la acumulación de gas en zonas determinadas o en recintos cerrados.
- Estabilizar la situación y detener la fuga, si ésta estuviera incendiada.

Para conseguir esto, el mando de la intervención deberá estructurar la intervención y organizar sus efectivos en función de las particularidades de la situación.

Para el planteamiento general de una intervención de este tipo se deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

- Dirección del viento: La dispersión a una velocidad inferior a 2 m/s se considera circular y a una velocidad superior, en forma de pluma. Siempre hay que situarse en la dirección del viento.
- Balizar las zonas, caliente (máximo riesgo), templada (instalaciones equipos de intervención) y fría (segura). La zona caliente inicial como norma (no estricta) se debe tomar de unos 50 m, y siempre debe señalizarse los puntos de entrada y salida de la zona caliente o de máximo riesgo. Las zonas caliente y templada están

restringidas al servicio de bomberos en exclusiva. Cualquier otro servicio de emergencia o de apoyo se situará en la zona fría.

- Establecer la ubicación del PMA (puesto de mando avanzado) en el límite de las zonas templada y fría.
- Establecer la ubicación de los vehículos, dejando vías libres de salida.
- Establecer el puesto de descontaminación si fuera necesario, siempre a la salida de la zona caliente.

6.2.4 DEPOSITO DE GAS AFECTADO POR UN INCENDIO. FACTORES A CONSIDERAR

En un incidente con un gas criogénico, nocivo o tóxico, corrosivo o incluso radiactivo pero sin riesgo de colapso por incendio u otra causa, se impone una estrategia ofensiva, ya que la evolución de las consecuencias del siniestro en relación con el tiempo suele ser lineal y en general cuanto antes controlemos la fuga, menos daños finales se producirán.

En el caso concreto de una emergencia relacionada con materias peligrosas y que afecte a un tanque presuriza-



do, o a un tanque cerrado no presurizado que recibe el impacto del fuego exterior, la situación puede degenerar en colapso del depósito con el consiguiente peligro para la integridad de intervinientes y población afectada. Este tipo de siniestros precisa un ataque rápido y efectivo. Si no contamos con los medios para realizarlo tendremos que centrarnos en minimizar los daños de una eventual explosión.

El responsable de la dotación que llegue en primer lugar al siniestro ha de tomar las decisiones iniciales basadas en las observaciones y evaluaciones dirigidas a determinar los procesos a seguir, ya sea de control de emergencia o de evacuación de la zona. La decisión entre una estrategia ofensiva (aproximarse lo suficiente para refrigerar el tanque correctamente, eliminar la fuente de combustible y sofocar el incendio) o una puramente defensiva (tratar de refrigerar desde lejos con monitores o desde una posición defensiva y centrar los efectivos en la evacuación de personas o de elementos de riesgo) ha de estar basada en las siguientes consideraciones:

- a. ¿Qué producto está involucrado en el siniestro?
- b. ¿Cuánto tiempo hace que el contenedor está sufriendo el impacto de la llama?
- c. ¿Quiénes o qué son los posibles afectados?
- d. ¿Cual es el suministro de agua disponible?
- e. ¿Se puede aplicar agua sobre la zona afectada del tanque?
- f. ¿Cuánto tardaremos en aplicar este agua?

Si algunas de las cuestiones anteriores no tiene una respuesta satisfactoria, se ha de considerar el inmediato desalojo y evacuación.

¿Qué producto está involucrado en el siniestro?

Es necesaria la identificación de la materia ardiendo y del contenido de los depósitos potencialmente afectados por el incendio. Si esta materia está afectada directamente por un incendio y está clasificada como muy combustible, oxidante, peróxido orgánico, tóxica, inestable y reactiva, o polímero como el óxido de etileno, y no podemos controlar rápidamente el siniestro eliminando la incidencia de calor sobre el tanque, hay que considerar una estrategia defensiva, es decir el inicio de las operaciones de desalojo y evacuación.

¿Cuánto tiempo hace que el contenedor está sufriendo el impacto de la llama?

Si durante el incendio, una llama incide directamente sobre un tanque cerrado durante un período de tiempo superior a 10 minutos, incluso con la válvula de alivio de presión operando, hemos de asumir un alto riesgo de colapso del contenedor. Hemos de tener en cuenta el tiempo que se ha tardado en dar la alarma y el de nuestra llegada al siniestro, para calcular el tiempo de evolución del incendio. Se han estudiado roturas violentas de contenedores, con resultados desastrosos, producidas por una exposición al fuego durante un período de 17 a 19 minutos, e incluso en tiempos menores de exposición.

Si el contenedor lleva expuesto al impacto de una llama por un período de tiempo inferior a 10 minutos, podremos considerar la actuación sobre el recipiente. En caso contrario hemos de iniciar las operaciones de desalojo y evacuación.

¿Qué y quiénes son los posibles afectados?

Si la rápida evacuación de la zona es posible y las consecuencias de una eventual explosión se limitasen a daños materiales sin demasiada repercusión económica o medioambiental, consideraremos la posibilidad de colocar instalaciones fijas y retirar a una zona segura a nuestros bomberos.

Sin embargo si la evacuación de personas va a ser lenta o prácticamente imposible, debemos adoptar las medidas necesarias para evitar la rotura violenta del contenedor y proteger los posibles afectados.

Los bomberos que intervengan han de estar totalmente equipados con traje de protección y con equipo de respiración autónoma.

¿Disponemos de suficiente suministro de agua?

Para controlar un incendio de un típico contenedor de transporte por carretera se precisa un gran volumen de agua. Se considera que es necesario un mínimo de 1.700 litros por minuto para la suficiente refrigeración de una cisterna de gran capacidad utilizada en el transporte de materias peligrosas o para los tanques pequeños de instalaciones fijas, si una gran parte de su superficie está afectada por el fuego. Una consideración mucho más realista de la cantidad de



agua por minuto que se precisa para refrigerar un tanque es que ésta debe ser al menos un 10% de la capacidad total del contenedor a refrigerar.

Si no podemos proporcionar este volumen de agua, es arriesgado intentar controlar un incendio de estas características, y tendríamos que considerar una estrategia defensiva.

¿Podemos aplicar el agua sobre la zona afectada por el impacto de la llama?

Si el tanque, o los tanques, están en una posición tal que impiden que el agua incida directamente sobre la zona afectada por el fuego, la refrigeración no será efectiva. Este es un problema frecuente en los accidentes de transporte.

En el caso que no podamos aplicar agua sobre el punto donde incide la llama, hemos de aceptar que la ofensiva puede ser ineficaz y considerar una estrategia defensiva.

¿Cuanto tardaremos en aplicar el agua?

Hay un corto periodo de tiempo durante el cuál se pueden iniciar las operaciones de control de la emergencia. Si no podemos colocar los monitores de agua durante los primeros 15 minutos desde el inicio de la exposición al fuego del contenedor, se han de desalojar las dotaciones de bomberos e iniciar las operaciones de evacuación. Si no fuera posible el uso de monitores de agua, los bomberos que manejen las instalaciones de agua han de protegerse detrás de algo que les sirva de escudo.

Solamente si se ha podido encontrar una respuesta satisfactoria a las seis preguntas anteriores, podemos iniciar las operaciones de control de la emergencia con las debidas precauciones.

6.2.5 FUGA DE GAS

Intervención ante una fuga incendiada.

Si una fuga de gas ya se ha incendiado es preferible, en general, permitir que continúe ardiendo, ya que si se apaga, el gas seguirá fluyendo sin arder y podrá acumularse con riesgo de producir una deflagración. Se pueden considerar, como excepciones a esta regla general los casos siguientes:

- Que las llamas estén ocasionando un daño grave y siempre que al mismo tiempo se elimine el riesgo de reignición.

- Cuando se prevea que una vez eliminada la llama se podrá eliminar inmediatamente y con seguridad la fuga de gas.

- Si la tubería sobre la que se produce la fuga es de plomo o de polietileno, ya que con el calor de la llama se funden y aumentan el diámetro del orificio por el que sale el gas. Sin embargo, la mejor actuación consiste en aplastar la tubería en el caso del plomo y en tirar una palada de arena o tierra, que aislen la tubería de la llama en el caso del polietileno, aunque el gas continúe ardiendo.

El agua difícilmente puede apagar un fuego de gas, aunque sí puede servir para proteger a los intervinientes, así como para refrigerar las instalaciones o materiales combustibles cercanos, resguardándolos de la radiación. Tener en cuenta que un exceso de agua podría anegar la zona e impedir la corrección de la fuga por parte del personal especializado.

Los agentes extintores más adecuados para apagar un fuego de gas son los polvos químicos secos, especialmente los que tienen en su composición fosfatos amónicos o urea.

La posibilidad de que se produzca un retorno de la llama hacia el interior de una tubería se centra entre los dos casos extremos siguientes:

- a. Si el orificio por el que sale el gas es de poco diámetro, en todo momento se mantendrá una presión positiva en el interior de la tubería que impedirá la entrada de aire y la formación de una mezcla inflamable en su interior. Al cortar la llegada del gas la presión interna irá disminuyendo, el tamaño de la llama se reducirá y ésta se extinguirá sin que haya podido entrar aire en la tubería. En estas circunstancias no se puede producir un retorno de llama.
- b. Si se trata de un orificio de grandes dimensiones, por ejemplo una tubería de un cierto diámetro que se hubiera seccionado o desembridado, una vez que se corte la alimentación de gas la presión irá disminuyendo hasta igualarse con la atmosférica. A partir de ese momento, por diferencia de densidades entre el gas interior y el aire exterior, el primero irá saliendo y el segundo irá entrando. Este flujo irá formando una mezcla inflamable en el interior de la tubería o del depósito que puede dar lugar a una deflagración.

Es conveniente vigilar el color y tamaño de las llamas ya que en el caso que disminuyan de tamaño y se vuel-



van azuladas o incoloras se deberá proceder a apagar el fuego, si se dispone de los medios necesarios, o se evacuará la zona por riesgo de deflagración.

Entre estos dos casos extremos pueden producirse muchas situaciones intermedias. De todas formas, para que se produzca una deflagración es preciso que el orificio de salida sea bastante grande. En tuberías de poco diámetro pueden producirse una deflagración, pero el volumen de mezcla inflamable que puede formarse es muy pequeño, llegando a ser nulo en tuberías de menos de 100 mm de diámetro.

Cuando ante una fuga de gas incendiada se tema la posibilidad de una deflagración como las indicadas anteriormente, la actuación correcta será la siguiente:

1. Prepararse para extinguir la llama mediante uno o varios extintores del polvo descargados simultáneamente en el punto de salida y en la dirección del flujo, teniendo cuidado de no situarse frente a la abertura de salida.
2. Cortar lentamente la llegada de gas, en la forma que la empresa suministradora determine (cierre de válvulas o estrangulamiento).
3. Proceder a apagar la llama de gas en el momento que esta disminuya de tamaño y empiece a volverse azulada. Este cambio de coloración indica que ya se está iniciando la mezcla del gas con el aire.
4. Continuar lanzando el agente extintor durante un cierto tiempo después de observar la extinción de la llama y retirarse caminando hacia atrás, pues pueden quedar puntos calientes o incandescentes que podrían provocar la reignición del gas.
5. Dado que en algunos casos puede ser difícil o imposible acercarse al punto de la fuga para proceder a la extinción de la llama en el momento oportuno, puede ser práctico inyectar nitrógeno en la tubería al tiempo que se va cerrando la válvula correspondiente de forma que se sustituya el gas por nitrógeno. De esta forma se apagará automáticamente la llama, momento en el que se cerrará por completo la válvula.

En el caso de tuberías de alta presión, siempre que estén proyectadas para más de 10 kg/cm² no tiene ninguna importancia que se produzca el indicado retorno de llama, ya que en ese caso, como máximo se puede producir en el interior de la tubería una presión de 7,2 kg/cm², o sea inferior a la resistencia de la misma. Sin embargo se deberán tomar precauciones frente a la

boca de la tubería, acercándose a ella solamente por sus laterales, ya que podría salir un fogonazo en el momento de producirse la deflagración.

En algunos casos el fuego que estamos tan ansiosos de apagar, también puede ser la solución a la contención de la emisión de vapores peligrosos o por lo menos, la sustitución de dichos vapores por humos no tan nocivos. La quema controlada de un producto puede ser, en ocasiones, el método más seguro y rápido de mitigación del peligro químico en particular.



INTERVENCIÓN ANTE UNA FUGA NO INCENDIADA

Los incidentes de este tipo con mayor riesgo potencial son las fugas de gas inflamable y la gran fuga de gas tóxico o corrosivo.

En caso de accidente en el transporte o distribución de gas con fuga pero sin incendio, los riesgos principales son la ignición no deseada y la acumulación de gas en sótanos o conducciones subterráneas.

Acciones

1. Avisar a la compañía distribuidora y solicitar el inmediato cierre de aporte de gas a la zona de fuga si ésta fuera en la red de distribución o el envío de un técnico y material específico al lugar del accidente si éste se ha producido en el transporte.
2. Eliminar cualquier posible punto de ignición cercano a la fuga (fuego libre, vehículos, maquinaria, interruptores,...). Para reducir este riesgo se recomienda el uso de agua pulverizada mediante lanzas o pantallas.

3. Cerrar puertas y ventanas de los edificios cercanos. La extensión de la zona de riesgo viene determinada por el caudal de la fuga y la fuerza del viento.
4. Alejar a las personas que no sean imprescindibles y acordonar el área.
5. Tapar las alcantarillas y los registros eléctricos o de otras instalaciones más cercanos y abrirlos a cierta distancia para permitir la ventilación de lo que haya podido entrar. (Una vez detenida la fuga y ventilada suficientemente la superficie, abrir todos conductos subterráneos y ventilar).
6. Intentar taponar la fuga con medios antideflagrantes.

6.2.6 TÁCTICAS Y MÉTODOS DE CONTROL DE UNA FUGA DE GAS

Para la mitigación de accidentes con gases es importante que las acciones realizadas por los bomberos respondan a un planteamiento racional y previamente anticipado y ensayado. En este capítulo analizaremos de una forma generalizada cuáles son las tácticas o métodos a aplicar en función del problema y del tipo de gas.

Podremos utilizar métodos físicos ó químicos. Como veremos a continuación, será más fácil para los bomberos utilizar métodos físicos.

MÉTODOS FÍSICOS

En el caso de que no podamos accionar una válvula o taponar la salida, y con ello detener para siempre la posible fuga, los escapes de gas solamente se podrán controlar o mitigar en cierta medida. Éstos se pueden manipular dirigiéndolos, conteniéndolos, diluyéndolos o dispersándolos para impedir que afecten a las personas, que entren en los edificios, o para evitar que se acerquen a puntos de ignición, mientras se intenta detener el flujo de la fuga.

Sobre-empaquetamiento

Este método puede ser muy efectivo y rápido si disponemos de otro recipiente (hermético), de un tamaño superior al afectado. No soluciona del todo el problema pero nos permite el control de la situación y nos da tiempo para solucionarlo en el momento y lugar ade-

cuado. Difícil de aplicar porque no solemos disponer de recipientes adecuados y de tamaño suficiente.

Dispersión

Con el objeto de orientar el desplazamiento inicial de la nube o de disminuir puntualmente la concentración de gas podemos tratar de dispersar o aumentar la mezcla de gas con el aire, utilizando lanzas de gran caudal de agua pulverizada o ventiladores de presión positiva.



Dispersión de vapores producidos en una fuga de un líquido corrosivo.

Dilución

Para la dilución de un gas es preciso que el gas sea soluble en un líquido portador disponible. El más común es el agua, que en forma pulverizada puede disolver parte de gas y abatir parte de la nube. Además, por el sistema de aplicación, siempre se da un aporte extra de aire que favorece su dispersión en la atmósfera. El agua se debe aplicar siguiendo la dirección del viento para evitar que entre en contacto con el charco, lo cual provocaría un aumento de la vaporización del producto debido al aporte de calor que proporcionaríamos en el caso de gases licuados y criogénicos.

Los gases licuados no criogénicos poseen una cierta cantidad de calor para la vaporización. Frecuentemente se evaporan tan rápidamente al contacto con el aire o con la tierra, que no permanecen en fase líquida una vez que se escapan; por lo menos no en volumen suficiente como para hacer charcos. Los gases licuados no criogénicos de menor presión de vapor, como el Butano y el cloro, y aquellos que poseen altos calores latentes de vaporización, como el amoniaco, son las excepciones a esta regla; incluso los gases de alta presión de vapor, tales como el propano, pueden llegar a formar charcos



si las temperaturas ambientales son muy bajas.

Los gases criogénicos, por otra parte, deben obtener todo el calor necesario para su evaporación del contacto con el aire o el terreno, y por lo tanto, forman unos charcos característicos si la fuga es de duración continuada. En tales casos, la aplicación de un fluido en el charco aumentará el índice de vaporización, provocando el efecto contrario al deseado.

Tanto los gases licuados no criogénicos, como los criogénicos, poseen un indicador de posición perfectamente visible e inherente a su naturaleza. En el caso de los gases licuados, el efecto refrigerante de su vaporización condensa el vapor de agua del aire y produce una niebla, que coincide aproximadamente con la zona en la que afecta el gas, aunque la mezcla de aire-gas frecuentemente se extiende algunos metros más allá de los bordes definidos por la niebla.

Además, los vapores que se generan de una fuga de gas licuado, son siempre más densos que el aire debido a las bajas temperaturas en que se encuentra y a la condensación de la humedad ambiental, por lo tanto, se extenderán a baja altura durante bastante distancia en dirección del viento, hasta que su temperatura llegue a la ambiental, momento en el cual dependerá de la densidad propia del gas, el que se encuentre en la parte inferior o superior, en relación con la densidad del aire.

Los principales inconvenientes de la dilución con un fluido portador, es que el fluido contiene una parte del producto, y que al caer al suelo, estamos contaminando todo lo que entre en contacto con él. De manera que es necesario contener todo el fluido que utilizamos para la dilución y dispersión de una nube de gas, a fin de neutralizarlo o recogerlo posteriormente lo antes posible.

Algunos gases reaccionan químicamente con el agua. Un ejemplo es el cloro, que en contacto con el agua, por reacción química, forma ácido clorhídrico que se acaba depositando en el suelo. En este caso existe un problema añadido, y es que en el punto de la fuga, si aumentamos el grado de humedad, el ácido clorhídrico que se forma, atacará al metal del recipiente y a la larga favorecerá el aumento del tamaño de la fuga.

Control de emisión de gases mediante el uso de espuma

La espuma nos puede servir como agente de mitigación de emisión de vapores. Podemos utilizar espumas

para controlar la vaporización de gases licuados, que normalmente son más ligeros que el aire. Una capa de espuma suficientemente alta puede controlar, que no eliminar, la emisión de gas. Sin embargo, éste método solamente es aplicable en charcos bien definidos de líquido volátil y nunca en una primera fase de la fuga.

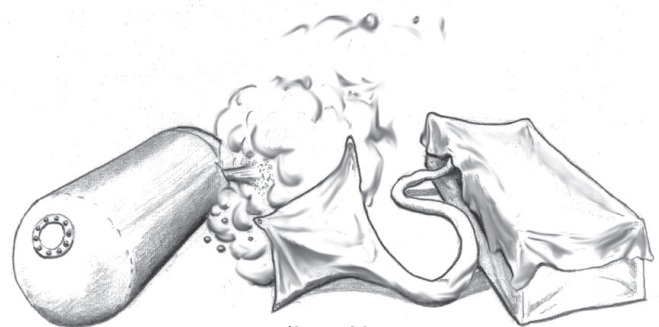
El agente espumógeno más efectivo para el control de vapores es del tipo AFFF. El uso de éste tipo de espumógeno puede reducir esta emisión hasta en un 80%, y su aplicación debe tener en cuenta los tres factores siguientes:

- 1º Lanza de espuma de media expansión (entre 30:1 y 75:1). Un menor margen de expansión reduciría la efectividad de la espuma, mientras que valores más altos dejarían la estructura de la espuma a merced del viento.
- 2º El espumógeno ha de mezclarse con agua a la mayor proporción que nos permita el mezclador, alrededor del 6%.
- 3º Se ha de aplicar generosamente siguiendo las técnicas de aplicación para la extinción de hidrocarburos.

Relicuação

La relicuação consiste en devolver a su fase líquida una fuga de gas licuado. Es especialmente adecuado para el amoniaco.

Este método, usado por los medios de intervención de distintos países, se fundamenta en la aplicación en el punto de fuga de un tubo o manga flexible, de un diámetro aproximado de 25-30 cm y confeccionado con tejido tipo nylon, polietileno, PVC, neopreno, etc. Dicha conducción tendrá una forma cónica en su parte inicial para facilitar la canalización de la fuga hasta un depósito cubierto donde se almacena en estado líquido.



Relicuação.

Conseguiremos así, en el interior de la manga un efecto doble:

- Por un lado, el cambio de estado de líquido a gas produce un fuerte enfriamiento (en el NH_3 de hasta -50°C) que evita que la fase aerosol pase a fase gas, ya que mantiene una atmósfera a una temperatura inferior a la propia del punto de ebullición del producto.
- Por otro lado se produce la acción mecánica de choque entre las gotas de la fase aerosol produciéndose así gotas más grandes que condensan y pasan a estado líquido pudiendo de esta forma reconducirlo hasta el depósito.

Este método no está recomendado para gases inflamables.

Trasvase

El trasvase de un recipiente a otro requiere de un material y técnica específicos. Normalmente ha de ser efectuado por los responsables de la fabricación o distribución del producto. Los bomberos generalmente solo lo podrán realizar cuando las cantidades sean pequeñas y se disponga del material necesario, bombas, recipientes de contención, etc. Esta maniobra exige la puesta a tierra de todos los elementos para evitar problemas de electricidad estática.

Venteo

El venteo consiste en abrir una válvula del depósito para reducir la presión en su interior, reduciéndose así la presión de salida del líquido o gas por el punto de fuga, permitiendo taponar o reducir la fuga.

Taponamiento y mitigación de fugas

Aplicable en caso de fugas por rotura mecánica de los contenedores, tubos o válvulas encargados de la contención o conducción de un producto tanto en los procesos de fabricación como en el transporte.

Los métodos de taponamiento más usuales son:

- **Las cuñas:** fabricadas en madera u otro material sintético como el teflón, nylon, plexi-glass, caucho, etc., pueden ser de diversas formas y las más usuales son las que tienen forma cónica, con diferentes diámetros y alturas de cono, las cilíndricas terminadas en una punta de diversos grados y las cuñas planas con bases cuadradas o rectangulares.



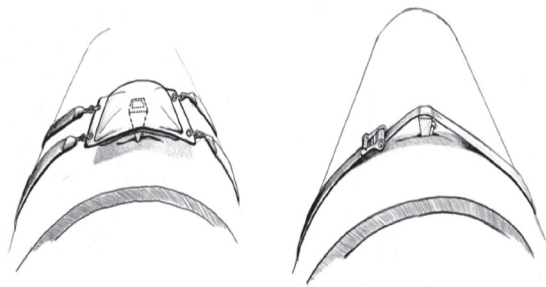
Su colocación es la propia que nos dicta la lógica, es decir, introducir la cuña en el orificio a taponar mediante la percusión con herramienta preferiblemente antideflagrante.

- **Las masillas:** materiales maleables de distintos grados de viscosidad y elaborados con materiales con poco poder de reactividad. Tienen la propiedad de adaptarse a cualquier tipo de grieta pudiendo usarse solas o como complemento de estanqueidad de las cuñas. Solas aguantan poca presión.



- **La viruta de plomo:** o "estropajo de plomo" esta hecha de virutas de plomo que, al formar una madeja sirve, a modo de masilla, también para el taponamiento directo o como complemento de otros sistemas. Al igual que las masillas, solas aguantan poca presión
- **Las bridas:** estos utensilios, de los que existen múltiples modelos, tanto en el mercado como de fabricación y diseño propios de cada empresa y que atiende sus propias necesidades, se usan para la contención o ta-

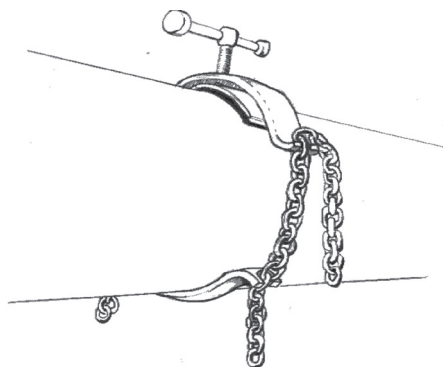




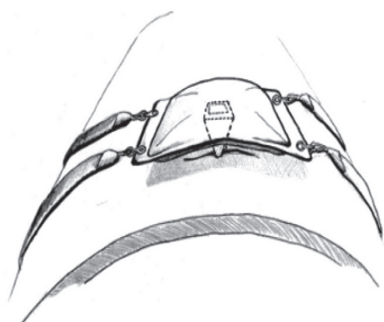
ponamiento en tuberías de distinta sección e incluso en cisternas . Su principio consiste en rodear y hacer presión para taponar o disminuir la fuga. Suelen ser de metal con algún material adaptable como el teflón, el PVC, el caucho, etc. Actúan directamente sobre el orificio de fuga o bien dando firmeza a la cuña, masillas, etc.,

En este apartado, podríamos incluir a las “eslingas” que rodeando el depósito o tubo y mediante tensores, son capaces de resistir grandes presiones.

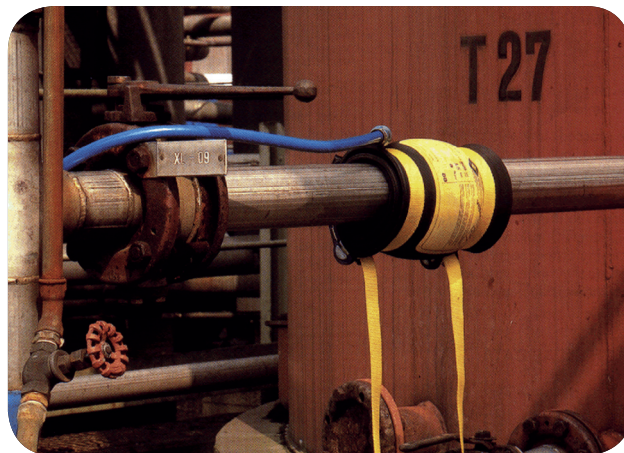
64



- **Los cojines neumáticos:** reúnen la ventaja de adoptar diferentes formas y contribuir al aumento de la estanqueidad aplicando presión sobre el punto de fuga. Se alimentan desde una botella de aire comprimido con los correspondientes reguladores de presión. Sus formas más comunes son: las cuñas para el taponamiento de orificios, los cilindros usados en taponamiento de tuberías seccionadas o el sellamiento de desagües de alcantarillas, los cojines planos y alargados unidos a eslingas y usados en depósitos, cisternas y tuberías de gran diámetro, etc.



Cojín nemático para aseguramiento de cuña.



Abrazadera neumática para taponamiento de tuberías.

- **El parche de imanes:** menos conocido, y no por ello menos práctico, este sistema parte de la colocación de cuatro o más imanes situados alrededor del orificio y que sirven de anclaje al sistema de taponamiento.
- **Las ventosas:** igual que el sistema anterior pero usando ventosas en lugar de los imanes. Tanto las ventosas como los imanes en si mismos no aguantan grandes presiones, pero pueden facilitar la maniobra si luego son reforzados con eslingas.
- **Otros sistemas:** los métodos a usar en el taponamiento son tantos y tan variados como la imaginación y el material del que dispongamos en cada momento nos permita. Un ejemplo de ello puede ser la colocación de una manguera alrededor del depósito, dándole las vueltas necesarias y llenándola posteriormente para conseguir presión sobre la fuga. La colocación de un puntal sobre el parche que contenga el fluido, puede ser otra solución y a ésta podríamos añadir un largo etcétera que iría en función de las distintas circunstancias habidas en cada uno de los casos.

En el caso concreto de los gases licuados, una vez realizado el taponamiento, la presión interna irá aumentando hasta alcanzar la presión de vapor del producto a esa temperatura. Esto supone que un taponamiento que resista el empuje en el momento de su realización, podría no aguantar las presiones posteriores. Es estos casos siempre hay que asegurar el taponamiento mediante eslingas o medios neumáticos.



MÉTODOS QUÍMICOS

Control de fuga de gases con ignición controlada y eventualmente intencionada.

Es un método a tener en cuenta cuando el riesgo que puede producirse es superior al daño producido por el incendio. Por ejemplo una fuga de gas natural, un incendio de cloruro de vinilo. En estos casos es mejor limitarse a proteger a terceros y no extinguir el incendio hasta estar seguros de poder reducir u obturar la fuga.

Para fugas importantes y de muy difícil contención, existen técnicas, que mediante la utilización de conductos especiales que canalizan el gas hacia quemadores especiales, nos permiten incendiar el gas de una forma controlada. Estas prácticas entrañan un alto grado de riesgo, y las debemos considerar como soluciones extremas, y de ninguna manera para ser realizadas por personal inexperto.

Neutralización

Consiste en hacer reaccionar voluntariamente el producto con otro reactivo, de forma que el producto resultante sea de menor peligrosidad. Este método no es de fácil aplicación en fugas de gases.

6.3 INCIDENTES CON LÍQUIDOS INFLAMABLES

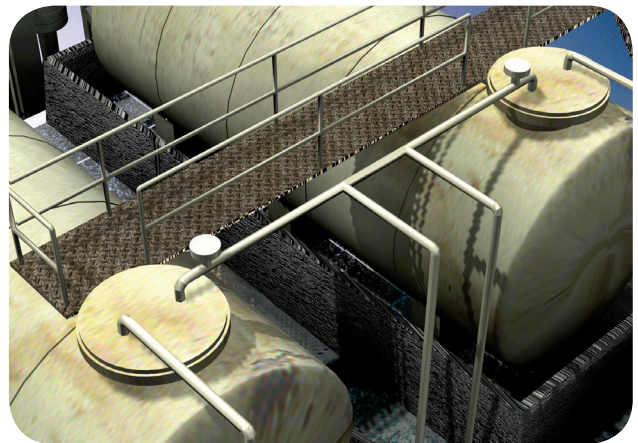
6.3.1 DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN

Según el "libro naranja" de las Naciones Unidas se denominan líquidos inflamables aquellos líquidos, mezclas de líquidos o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión (por ejemplo pinturas, barnices o lacas) con punto de inflamación inferior a 60°C.

Se hace una diferencia entre inflamables y muy inflamables cuando tienen punto de inflamación inferior a 23°C.

Existen otras clasificaciones de los líquidos inflamables que se aplican a las instalaciones de almacenamiento, vienen definidas en la instrucción técnica complementaria del reglamento de almacenamiento de productos químicos MIE-APQ-001 y establece una clara diferencia entre los líquidos cuyo punto de inflamación es inferior a 38°C.

Los líquidos inflamables y combustibles son las materias peligrosas con mayor probabilidad de accidente debido al enorme volumen de transporte, tanto por carretera como por ferrocarril sin olvidar los cientos de kilómetros de oleoductos que surcan nuestro territorio. Por otro lado tienen la ventaja que, en general, son productos conocidos por los servicios de emergencia y casi siempre nos permiten identificar el riesgo tanto en el espacio como en su magnitud.



Depósitos fijos de líquidos inflamables. Se observa el cubeto que contendría los hidrocarburos en caso de derrame de algún depósito.

Podemos clasificar los combustibles líquidos en dos grandes grupos que son:

- **Hidrocarburos:** son productos de una estructura más o menos compleja, constituidos principalmente por cadenas de átomos de carbono enlazados entre sí y con átomos de hidrógeno. Una propiedad que los caracteriza y nos interesa es la solubilidad en el agua, siendo en general no solubles en ésta. Su mayor o menor volati-



lidad va a influir en su facilidad de inflamación, siendo los productos de menor peso molecular los más ligeros y de menor punto de inflamación, en líneas generales. Como ejemplos citaremos el petróleo crudo y sus derivados que son mezclas de productos (gasolina, queroseno, gasoil, fueloil.) o compuestos definidos como el benceno o el xileno.

- **Líquidos polares:** suelen ser productos orgánicos. Su característica diferenciadora es su afinidad por el agua, con la que pueden ser total o parcialmente miscibles. Si la miscibilidad no es total hay que tener en cuenta la solubilidad del producto en el agua, así como la solubilidad del agua en el compuesto. Entre los productos polares se encuentran los alcoholes, las cetonas, etc.

Dada la variedad de estructuras químicas posibles no se puede hacer una predicción sencilla de la peligrosidad de un compuesto. Es importante destacar que además del riesgo de incendio puede existir el riesgo de toxicidad por lo que es importante prevenir la emisión de vapores para prevenir problemas sanitarios.

Desde el punto de vista del riesgo, existen diversas clasificaciones en función de su punto de inflamación, su número de identificación de peligro, su peligrosidad relativa, o su polaridad.

Hay que tener presente que ciertos líquidos inflamables pueden presentar junto al riesgo de inflamabilidad otros riesgos asociados, como el riesgo de toxicidad, el de corrosividad o el de presentar una reactividad especialmente violenta.

En cualquier caso, el número de productos que presenten estos riesgos añadidos es, porcentualmente, muy inferior al de los líquidos inflamables que no lo presentan. Por lo tanto, en el desarrollo de este capítulo tema abordaremos la actuación frente al riesgo de inflamabilidad dejando al margen otros posibles riesgos.

La identificación de los líquidos inflamables durante su transporte según queda establecido en el ADR y en el

RID se realiza mediante el panel y las etiquetas de peligro.

El panel naranja deberá mostrar los números 30 ó 33 en su parte superior en función de la clasificación del líquido por su inflamabilidad.

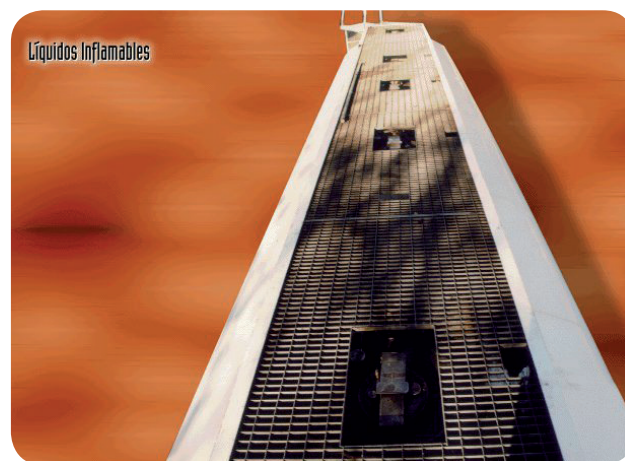
Si el líquido lleva asociado otros riesgos, acompañara a la cifra principal de peligro las de los peligros subsidiarios.



las características técnicas de la cisterna del ejemplo son:

- Capacidad: 38.000 lts.
- Límite máx. de carga: 90%
- Compartimentos: 5
- Material: Alum. 5% Mg.
- Presión de trabajo: Atmosférica
- Presión de prueba: 0,4 kg/cm²
- Válvula de seguridad: No

Cisterna compartimentada transportando distintos hidrocarburos. Cada compartimento debe llevar su panel naranja y las etiquetas de peligro correspondientes al producto que contiene.



Detalle superior de la cisterna anterior en el que se observan las bocas de hombre de los distintos compartimentos.

En cuanto a las etiquetas de peligro, el vehículo o recipiente de transporte deberá llevar como mínimo, en la forma que establece la normativa, la etiqueta de peligro nº 3 correspondiente a los líquidos inflamables.

El transporte de los líquidos inflamables se suele realizar a presión atmosférica, por lo que las cisternas pueden adoptar formas diferentes a la cilíndrica, con secciones



muy diversas, e incluso variables, pero que se caracterizan por tener la dimensión horizontal mayor que la vertical para bajar el centro de gravedad. Por lo tanto la forma de la cisterna nos permitirá diferenciarlos a gran distancia de otro tipo de materias peligrosas.

Hay que tener en cuenta que los transportes de combustibles más frecuentes por carretera, como son los de gasolina, gasoil o fueloil, pueden llevar en la misma cisterna diferentes productos en compartimentos separados. La disposición de los diferentes combustibles en los compartimentos está perfectamente reglamentada, pero su señalización puede presentar problemas de identificación en caso de vuelco. Esto se debe a que, a pesar de que el ADR establece que se puede indicar en el panel naranja de las partes delantera y trasera de los vehículos el producto más peligroso, todavía nos podemos encontrar en los transportes mixtos, con vehículos que en la parte delantera y trasera llevan el panel naranja sin números de identificación. Cada compartimento podría ir señalizado con paneles naranjas en ambos laterales, que quedarían ocultos si la cisterna quedase apoyada sobre un costado. En este caso, los servicios de emergencia actuarán suponiendo el caso más desfavorable, esto es, como si la cisterna transportase un líquido muy inflamable (33).

Las características físico-químicas que más nos interesan en caso de accidente con un líquido inflamable son su presión de vapor, su punto de inflamación, su densidad y su solubilidad.

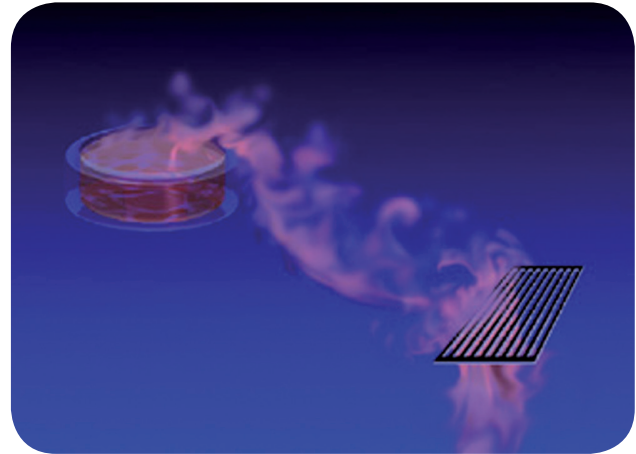
La presión de vapor nos indicara la tendencia a la evaporación del líquido. Como referencia debemos recordar que la presión de vapor de la gasolina es 190 mm de mercurio (0,25 bar) a 20°C mientras que la del gasoil es tan sólo 2,6 mm de mercurio (0,003 bar) a 50°C. La presión de vapor aumenta conforme aumenta la temperatura.

Cuanto menor sea la temperatura de inflamación, mayor riesgo habrá de que se produzca un incendio en caso de accidente.

La inmensa mayoría de los líquidos inflamables son menos densos que el agua, de forma que, cuando entran en contacto con la misma tienden a situarse en la superficie (en el caso de que no sean solubles).

En cuanto a la solubilidad, fundamentalmente en función de su polaridad hay líquidos inflamables solubles y no solubles en agua. Este aspecto es muy importante para prever su comportamiento en contacto con el agua de extinción o en cursos de agua, y para el tipo de espumógeno a emplear.

Los vapores de la casi totalidad de los líquidos inflamables son más densos que el aire. Éste es un hecho a tener presente ya que estos vapores tenderán a fluir hacia las zonas más bajas del terreno, pudiendo dar lugar a bolsas susceptibles de inflamación en caso de encontrar una fuente de ignición.



67

Los riesgos asociados a los líquidos inflamables son el calor radiado en caso de incendios, que depende principalmente de la superficie de combustible inflamado y del poder calorífico del mismo, las ondas de presión y la metralla, en caso de fallo del recipiente o de inflamación de una masa importante de vapor, y su potencial contaminante, sobre todo si alcanzan cursos de agua.



Como ya hemos dicho algunos líquidos inflamables presentan otros riesgos añadidos al de inflamabilidad. Los hidrocarburos aromáticos como el benceno, el tolueno o el xileno, poseen efectos anestésicos y sus vapores pueden provocar parálisis respiratoria. Además, muchos compuestos aromáticos penetran a través de la



piel y pueden ser absorbidos por los tejidos. El sulfuro de carbono, el sulfuro de metilo, el metanol o la acroleína, son ejemplos de líquidos inflamables que también presentan problemas de toxicidad. La metilamina, la dietilamina y otras materias inflamables presentan el problema añadido de ser corrosivas. El acetato de vinilo, el metacrilato de etilo, el estireno o el viniltolueno, son ejemplos de líquidos inflamables que además pueden producir espontáneamente una reacción violenta.

6.3.2 CRITERIOS GENERALES DE INTERVENCIÓN



Simulacro de emergencia en el macropolígono industrial de la compañía BASF en Ludwinshafen (Alemania).

La delimitación de la zona de intervención depende de múltiples factores principalmente del tipo de accidente, de la superficie del derrame, de su estado (incendiado o no), de las características fisicoquímicas del líquido y de las condiciones meteorológicas del lugar (principalmente la dirección y fuerza del viento) además de factores orográficos y urbanísticos.

En cuanto al planteamiento de la intervención, en general, en todos los accidentes que involucren mercancías peligrosas y, en particular líquidos inflamables, las dotaciones que se dirijan al lugar del siniestro tratarán de aproximarse en la dirección y sentido del viento.

Los vehículos se detendrán, con carácter general, a una distancia de unos 50 metros. Desde este punto, se realizará una rápida evaluación de la situación, incidiendo especialmente en la identificación de la materia o materias involucradas. Esto será determinante para la decisión de las medidas a adoptar.

Además, se analizará el tipo de accidente (fuga, derrame, incendio, explosión), y la presencia de posibles víctimas, al tiempo que, se establecen las correctas medidas para una rápida evacuación y balizamiento de la zona afectada.

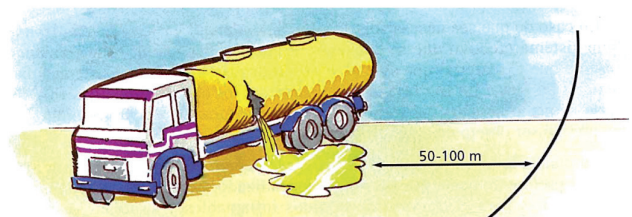
En la evaluación del escenario deberán considerarse factores como la dirección y fuerza del viento, la cercanía de edificios habitados o la orografía del terreno.

Una vez identificada la materia o materias implicadas y sus riesgos, podremos delimitar, de una forma más exacta, cuales serán las medidas a adoptar en función del tipo de accidente.

Así pues, si las materias implicadas en el accidente son líquidos inflamables, podemos establecer tres situaciones de riesgo mayor que, de forma general, nos pueden servir de guía de actuación. En cualquier caso, debemos ser conscientes de que cada accidente, y cada situación concreta, presenta unas peculiaridades que afectan muy directamente a las medidas de actuación, y por lo tanto a la toma de decisiones, en función de la magnitud y características del siniestro.

Situación 1ª: Derrame sin incendio

Como corresponde a todo siniestro, en primer lugar se realizará una evaluación inicial. El límite de la zona caliente se situará, con carácter general, a una distancia de entre 50 y 100 metros. La delimitación concreta se establecerá atendiendo principalmente al producto implicado y, en particular, a la presión de vapor, el punto de inflamación del mismo y la dirección y fuerza del viento.



Derrame sin incendio.

Las acciones prioritarias a realizar serán el balizamiento de la zona de intervención, la identificación de la materia o materias implicadas y, por supuesto, la evacuación de víctimas. En todo momento se extremarán las precauciones para evitar la ignición del derrame. El personal que realice estas acciones deberá ir perfectamente equipado con el nivel I de protección, y deberá así mismo portar las correspondientes instalaciones de protección bien sea de agua, espuma o una combinación de ambas.

En esta situación, el mayor factor de riesgo lo constituye la existencia de una nube de vapores inflamables en contacto con el aire y, que pueden encontrarse dentro de su rango de inflamabilidad. Proceder de forma inmediata a cubrir el derrame con la espuma adecuada es la medida más rápida y efectiva para disminuir la emisión de vapores inflamables, si el líquido tiene un bajo punto de inflamación. A ser posible utilizaremos espuma AFFF de baja o media expansión. En el caso de que el líquido inflamable sea soluble en agua emplearemos espuma de la denominada antialcohol.

El uso del explosímetro nos permitirá detectar la presencia de posibles bolsas o acumulaciones de vapores inflamables, sobre todo en zonas bajas del terreno.

En el caso de que el producto derramado sea gasoil, u otro con un elevado punto de inflamación, el siniestro podrá considerarse, salvo circunstancias especiales, más como un problema de contaminación medioambiental que como un riesgo claro de incendio dada la baja probabilidad de que el mismo se inflame. En este caso, no será preceptivo cubrir el derrame con espuma. En cualquier caso y, ante una duda razonable acerca de las características del producto o de las peculiaridades de la situación, puede ser conveniente optar por esta medida preventiva.

Si por las circunstancias del accidente, han quedado personas atrapadas dentro de algún vehículo, una vez cubierto el derrame con espuma se podrá proceder a rescatar a las víctimas mediante las técnicas de excarcelación, utilizando exclusivamente medios fríos.

Un factor importante a tener en cuenta en todo siniestro con líquidos inflamables es la contención del derrame. Debemos tener presente que tan pronto como sea posible se realizarán las maniobras precisas para contener el mismo, con el fin de evitar que penetre en la red de alcantarillado, cursos de agua, el mar, etc. Avisaremos a las autoridades competentes en caso de que se produzca cualquiera de estos hechos u otro similar que pueda suponer cualquier tipo de riesgo a las personas, bienes o al medio ambiente.

Durante toda la intervención se deberá controlar y mantener la cubierta de espuma. Con un explosímetro se podrá comprobar el grado de sellado en la emisión de vapores inflamables.

En caso de que sea necesario, trataremos de taponar el derrame empleando algún sistema efectivo que se encuentre a nuestra disposición, pero teniendo presente que el material que se utilice no produzca chispas. Los

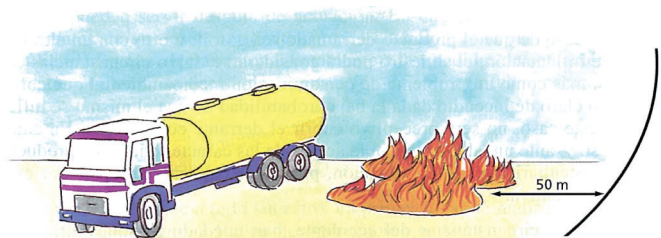
sistemas más comunes para este fin son las cuñas de madera y los cojines tapafugas en grietas de pequeño tamaño, así como el cerrado u obturación de válvulas que hayan podido ser objeto de algún tipo de lesión.

En cuanto a lo que se refiere al trasvase deberá realizarse de forma adecuada y preferentemente por personal especializado. Se emplearán bombas de trasiego aptas para el trasvase de líquidos inflamables y se tomará especial precaución en realizar las necesarias tomas de tierra.

Situación 2: Derrame con incendio, las llamas no afectan a la cisterna y el calor radiante que afecta a la misma no es muy importante

En esta situación, el riesgo inmediato de que la cisterna explote por efecto de una sobrepresión en el interior de la misma es reducido. En cualquier caso, siempre debemos considerar el tiempo que el calor irradiado por el incendio puede llevar afectando a la cisterna o depósito contenedor.

Con carácter general el límite de la zona caliente se establecerá a unos 50 metros, siempre que se considere que no hay ningún riesgo inmediato de explosión.



Derrame incendiado.

Al llegar al lugar del siniestro se procederá a realizar una rápida evaluación de la situación. Podemos establecer como medidas prioritarias la identificación del producto, la evacuación y rescate de víctimas, y el balizamiento de la zona de intervención.

En el caso de que existan personas atrapadas a consecuencia del siniestro, la rapidez en las labores de rescate va a ser vital para evitar que las mismas puedan perecer a causa del incendio.





Asimismo, dado el riesgo de calentamiento del contenedor, desde los primeros instantes de la actuación, se establecerán las instalaciones de agua suficientes para proteger tanto al personal interviniente como para refrigerar la cisterna de forma continua e ininterrumpida hasta que se considere que este riesgo ha desaparecido. De forma simultánea, se procederá a sofocar el incendio empleando preferentemente espuma AFFF o espuma de media expansión si el derrame no está contenido y sigue fluyendo, o polvo químico seco si disponemos de la cantidad suficiente.

En la extinción del incendio, se puede dar la situación de que el calor generado por las llamas rompa la espuma que estamos lanzando y no permita extinguir y cubrir progresivamente el producto derramado. En este caso, si se dispone de suficiente polvo químico seco, se iniciará el ataque con este agente extintor hasta que el tamaño de las llamas disminuya lo suficiente para permitir el ataque con espuma.

Extinguido el incendio se cubrirá el derrame con una capa de espuma apropiada, la cual deberá ser controlada y mantenida. A partir de este punto, se procederá a contener el derrame y, en caso necesario, taponar y trasvasar el producto tratando de alcanzar, tan pronto como sea posible y las circunstancias nos lo permitan, una situación estable tanto en lo que se refiere al producto como al contenedor del mismo.

Situación 3: Derrame con incendio afectando a la cisterna o contenedor (riesgo de explosión)

Ésta es la situación más crítica de cuantas nos podemos encontrar en un accidente con líquidos inflamables. Si bien la experiencia de los accidentes ocurridos demuestra que el porcentaje de cisternas o depósitos que terminan sufriendo una explosión es relativamente

bajo. En muchas ocasiones, sobre todo en cisternas de carburantes construidas en aluminio, cuando se ve la misma es afectada durante cierto tiempo por el calor acaba fundiéndose y derramando el producto generando en este caso un incendio importante pero desapareciendo el riesgo de explosión.



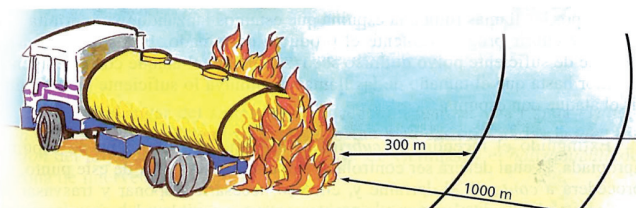
Accidente de mercancías peligrosas en la A-7, Valencia.

Otro caso bien distinto son las cisternas construidas en acero y las calorifugadas, las cuales presentan una resistencia mucho más elevada al efecto del calor. Así mismo, otro punto a considerar es la existencia de válvulas de seguridad en la cisterna, dado que las mismas van a ser capaces en una mayoría de los casos de desaljar el exceso de presión que pueda existir en el interior del depósito evitando que se produzca la explosión del mismo.

Muchos son los factores a considerar, y poco el tiempo para tomar una decisión sobre todo si hay personas afectadas por el accidente. Por todo ello, el mando a cargo de la intervención se va a encontrar frente a una complicada situación.

En la evaluación del siniestro deberá analizar de forma seria la probabilidad de que la cisterna pueda explotar y afectar al personal interviniente. En el otro lado de la balanza habrá que sopesar la presencia de posibles víctimas en la zona de riesgo. En función de estos dos factores principalmente, el mando a cargo de la intervención establecerá la estrategia a seguir.

En el supuesto de que la cisterna se encuentre en una zona deshabitada, no haya víctimas en las inmediaciones, y el fuego lleve largo tiempo afectando a la misma, la decisión a tomar podrá ser más conservadora, procediendo a evacuar la zona en un radio no inferior a 1 kilómetro. En el mejor de los casos, se emplazarán monitores para lanzar agua sobre la cisterna con el fin de reducir el grado de calentamiento de la misma, así como espuma para tratar de extinguir el derrame inflamado.



Cisterna incendiada.

Ahora bien, si en esta situación de riesgo hay implicadas posibles víctimas en el área del incidente, la decisión a tomar será mucho más complicada.

En este caso, se plantean dos opciones contrapuestas. La primera, supone asumir el riesgo del personal interviniente con el fin de salvar las personas implicadas que hayan podido quedar en la zona de riesgo. La segunda, en cambio, consistirá en retirarse y evacuar la zona limítrofe al accidente, dando por perdida la situación. Esta decisión es muy difícil pero el mando a cargo de la intervención debe sopesar esta posibilidad en función del riesgo existente.

En el caso que el riesgo de explosión sea inminente se procederá a alertar a la población y a evacuar las personas que se hallen dentro de la zona de riesgo en un área aproximada de un kilómetro de radio.

Si se opta por rescatar a las víctimas, se actuará de forma enérgica, tratando de refrescar la cisterna con todo el caudal de agua disponible, al tiempo que se apantalla la radiación producida por el incendio y se inunda la zona con espuma. Rápidamente, se procederá a realizar la evacuación y el salvamento de las víctimas que se hallen con vida. La protección al personal que realice estas acciones debe de ser máxima durante todo el tiempo que dure su intervención.

En todo momento se realizará una continua reevaluación de la situación observando como evoluciona la cisterna. En caso de riesgo inminente de explosión, se dará la orden de retirada de todo el personal interviniente.

Una vez controlada y estabilizada la situación, se acabará de extinguir y cubrir con espuma el derrame, al tiempo que se continúa refrescando la cisterna hasta que no presente ningún síntoma de calentamiento.

A partir de este punto, se procederá como en los casos precedentes a realizar la contención, taponamiento y trasvase del producto.

6.4 SÓLIDOS INFLAMABLES

Por la escasa incidencia de accidentes con este tipo de materias en nuestra Comunidad Autónoma, no nos vamos a detener en su estudio, remitiendo al lector a la bibliografía especializada.

En cualquier caso el tratamiento general será el de un incendio de la clase A, atendiendo siempre a las particularidades de algunos materiales que se encuadran dentro de la Clase 4, como pueden ser la inflamación espontánea (Clase 4.2), la reacción violenta o la intensificación de su combustión por emisión de gases inflamables en contacto con el agua (Clase 4.3).



Sustancias sujetas a autoinflamación.



Sólidos inflamables.



Materias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.



6.5 SUSTANCIAS COMBURENTES Y PERÓXIDOS ORGÁNICOS

Llamamos sustancias comburentes a aquellas capaces de soportar la combustión con un oxipotencial superior al del aire.

Las sustancias oxidantes, encuadradas dentro de la clase 5, son sustancias muy ricas en oxígeno que pueden actuar como sustento de la combustión, intensificando así la importancia de un posible incendio.



La mayor parte de las sustancias oxidantes se pueden englobar en los peróxidos y los compuestos que terminan en -ATO e -ITO.

Algunas de las sustancias de esta clase, según la cantidad y la naturaleza de las impurezas combustibles que contenga, son sensibles al impacto, al frotamiento o a un aumento de temperatura.

En la siguiente fotografía, como ejemplo de la extraordinaria violencia que puede alcanzar la combustión provocada por un agente oxidante, se aprecia el efecto de la explosión de una fábrica de nitrato amónico empleado para la fabricación de fertilizantes, ocurrida en septiembre de 2001 en la fábrica AZF en Toulouse, en la que explotaron 40 t de fertilizante a base de nitrato de amonio, creando un cráter de 30 m de diámetro y 10 m de profundidad y en la que fallecieron 30 personas y más de 2.500 resultaron gravemente heridas.



Cráter explosión de nitrato amónico en la empresa AZF de Toulouse (foto: www.lexpress.fr)

Los materiales combustibles (por ejemplo la ropa) en contacto con una materia comburente pueden inflamarse con facilidad y arder violentamente.

Algunas sustancias comburentes pueden ser al mismo tiempo tóxicas o corrosivas. Estos riesgos adicionales deben ir especificados en sus correspondientes fichas.

Cuando se encuentra directamente afectada por el fuego, la materia comburente libera oxígeno dando como resultado una combustión autosostenida, incluso en una atmósfera sin oxígeno.

En el caso de fugas de agentes o sustancias oxidantes, el riesgo mayor es el de contacto con agentes reductores.

La extinción de un incendio que involucra materias de la clase 5, debe efectuarse utilizando grandes cantidades de agua. En función de la peligrosidad de los gases de combustión puede ser preferible dejarlo arder, siempre y cuando podamos mantener el incendio bajo control. Si el producto es tóxico o soluble, las labores de extinción pueden arrastrar importantes cantidades o concentraciones de producto por lo que será necesario controlar el agua de extinción.

Un peróxido orgánico es una materia oxidante que contiene a su vez una sustancia reductora (oxidable) y puede por tanto reaccionar consigo mismo. Esto puede ocurrir si se le aplica energía en forma de calor o de aumento de presión. Al descomponerse desprende oxígeno y el proceso es frecuentemente explosivo. Los peróxidos orgánicos deben tratarse como material explosivo en caso de intervención.

Generalmente se suelen añadir algunas sustancias estabilizadoras para que el peróxido orgánico sea manejable. Las precauciones a tomar en caso de intervención deben ser aún mayores que con sustancias oxidantes. Las medidas a tomar son similares.

Dadas las tan diversas propiedades de las sustancias de esta clase no es posible determinar un único sistema de embalaje y envasado, aplicable en general a todas ellas, por lo cual se establecen condiciones particulares para cada sustancia, siendo de carácter obligatorio la legislación vigente en cuanto a envases y etiquetas. La normativa no permite el almacenamiento en la misma zona de ciertos materiales combustibles y de productos oxidantes. Asimismo los envases/embalajes han de ser incombustibles ya que pueden constituir un riesgo grave de ignición. Los peróxidos inorgánicos reaccionan también con los ácidos y producen peróxido de hidrógeno. Cualquier vertido debe de ser limpiado inmediata y perfectamente, dado que existe una gran probabilidad de que estos derrames acaben mezclándose con basuras combustibles.

El principal riesgo que presentan las sustancias comburentes en general, es el de verse involucradas en un incendio, por su capacidad de acelerar el proceso de combustión y de provocar explosiones en ciertas circunstancias. Algunas sustancias oxidantes pueden descomponerse espontáneamente, debido a sus características de inestabilidad.

Las materias comburentes y peróxidos orgánicos se encuadran dentro de la clase 5 según la clasificación establecida por el Comité de Expertos de Naciones Unidas, que ha servido de base a la mayoría de las regulaciones (Reglamentos de ADR, RID, IMDG code e I.A.T.A), a pesar de su carácter de no obligatoriedad, sino de recomendación.

Esta clase a su vez se subdivide en dos divisiones:

División 5.1: Sustancias comburentes.

División 5.2: Peróxidos orgánicos.

El agente oxidante más corriente es el oxígeno molecular (O₂) del aire, que está formado aproximadamente por una quinta parte de oxígeno y cuatro de nitrógeno. Sin embargo hay ciertos productos químicos que son potentes oxidantes, como el nitrato de sodio (NaNO₃) y el clorato potásico (KClO₃), que si se mezclan íntimamente con un combustible sólido o líquido, producen una mezcla que puede reaccionar fuertemente. Así, la pólvora es una mezcla física de carbono y azufre (combustible) con nitrato sódico (oxidante).

Si grupos reactivos, como el de los nitratos, se incorporan químicamente a un combustible, como en el caso del nitrato de celulosa o el trinitrotolueno (TNT), la mezcla resultante puede ser muy inestable y, en determinadas circunstancias, se descompondrá violentamente.

Entre las principales utilidades de estas sustancias se pueden mencionar las siguientes: fabricación de herbicidas, fertilizantes, colorantes, cerillas, tintas, productos farmacéuticos, fabricación de explosivos, propelente de cohetes (peróxido de hidrógeno) agentes blanqueantes o desinfectantes, así como ingredientes o materias primas de diversos procesos químicos.

Entre los gases comburentes hay que destacar por su uso, el oxígeno y el protóxido de nitrógeno y los podemos encontrar en hospitales, en la siderurgia, en la industria del papel, en la industria química, en la preparación de explosivos, en la propulsión espacial, etc.

6.5.1 IDENTIFICACIÓN

Vamos a centrarnos en dos tipos de señalización. Por una parte la que corresponde a las materias oxidantes transportadas en "bultos", es decir en cantidades pequeñas, y por otra la de las "unidades de transporte", es decir cisternas, vehículos cisternas y contenedores.

Las unidades de transporte, llevarán las etiquetas de peligro (15 cm. de lado) y el panel naranja, con el código de peligro y el código de la materia, colocados tal y como se especifica en el ADR y RID.

Los bultos que contengan sustancias comburentes llevarán la etiqueta de peligro correspondiente (N° 5.1, N° 5.2 o N° 05) de 10 cm. de lado, así como la denominación de la sustancia (preferentemente N° ONU).



5.2 CLASE 5.1 - SUSTANCIAS O AGENTES COMBURENTES



En esta división podemos citar por su importancia el dicromato de sodio y los cloratos (tanto sódico como potásico).

Otras sustancias comburentes frecuentes en la industria son los nitritos y nitratos (nitrato amónico), los dicromatos y permanganatos, los cloratos y cloritos y los percloratos e hipocloritos.

Entre las características de peligrosidad destacan:

- Reaccionan violentamente con las sustancias combustibles con gran producción de calor. Peligro de incendio y de explosión.
- Los materiales combustibles (por ejemplo ropa) puesto en contacto con las sustancias (polvo) se inflaman fácilmente y arden con violencia.
- Reaccionan con los ácidos (por ejemplo el de las baterías) y producen gases tóxicos con peligro de incendio y explosión.
- Se descomponen al arder formando gases tóxicos. Los síntomas de intoxicación se pueden presentar también después de varias horas. Producen graves daños a los ojos, piel y vías respiratorias. Su ingestión es tóxica.
- La descomposición iniciada por un incendio puede extenderse a toda la masa a pesar de que se refrigere. Peligro de explosión.

Hay que prestar una especial atención a los peróxidos orgánicos que por sí solos constituyen una clase de riesgo: la clase 5.2.

6.5.3 CLASE 5.2 - PERÓXIDOS ORGÁNICOS



Son sustancias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O-, dos átomos de oxígeno unidos por un enlace covalente sencillo, y que se pueden considerar derivados del peróxido de hidrógeno, en la que uno o ambos átomos de hidrógeno ha quedado reemplazado por radicales orgánicos. El peróxido de hidrógeno (H₂O₂) está compuesto por dos átomos de hidrógeno y dos de oxígeno, enlazados en una cadena H-O-O-H.

Los peróxidos orgánicos son sustancias térmicamente inestables que pueden descomponerse en una reacción exotérmica auto-acelerada. Pueden presentar una o más de las siguientes propiedades:

- Descomposición con explosión.
- Combustión violenta.
- Sensibilidad al impacto o a la fricción.
- Alta reactividad con otras sustancias.
- Riesgo para la vista; algunos peróxidos orgánicos provocan graves lesiones en la cornea por un ligero contacto.

Para garantizar la seguridad durante el transporte y la manipulación, en muchos casos es necesario desensibilizar los peróxidos orgánicos mediante líquidos, o sólidos orgánicos, sólidos inorgánicos o agua.

Los peróxidos orgánicos, son combustibles por sí mismos, además de ser susceptibles de descomposición espontánea (inestabilidad). Por tanto, portan en su composición todos los ingredientes para producir un incendio o una explosión.

El agua es el medio recomendado para extinguir los incendios de los peróxidos orgánicos. Los incendios de estas sustancias pueden provocar explosiones. La extinción manual debe de hacerse desde un lugar alejado o protegido, para preservar a los bomberos de las explosiones.

Ejemplos de peróxidos orgánicos: peróxido de butilo terciario, peróxido de benzoilo, ciclohexanona, el ácido peracético y otros peróxidos de carácter orgánico.

Las características principales de los peróxidos orgánicos son:

- Productos sólidos, líquidos o pastosos, térmicamente inestables.
- El calor, así como el contacto con productos químicos (incluso en muy pequeñas cantidades) o con otras sustancias puede provocar su descomposición. Peligro de autoinflamación.
- Los recipientes vacíos que contengan residuos deben ser tratados con precaución.
- Producen daños a los ojos, irritan la piel y las vías respiratorias.
- Arden con gran desprendimiento de calor y humo.
- Algunos peróxidos orgánicos deben de ser transportados bajo refrigeración. Si se sobrepasa la temperatura prescrita se inicia su descomposición, llegando a producir una descomposición violenta.

En caso de incidente con un peróxido orgánico se utilizara Nivel I en la zona templada, Nivel II en la zona caliente en las intervenciones sin incendio y trajes de penetración en los incendios en zona caliente.

6.5.4 CRITERIOS GENERALES DE INTERVENCIÓN

En general se adoptarán las siguientes medidas:

- Identificar el riesgo y determinar el área de dicho riesgo.
- Seleccionar el equipo de protección más adecuado para el incidente.
- Rescate y evacuación del área de riesgo. En caso de producción de gases, atención a la dirección del viento. En el caso de que se inicie la descomposición existe un grave riesgo de intensa generación de gases tóxicos.
- Usar aparatos de iluminación, eléctricos y herramientas antideflagrantes.
- Señalizar, cortar la vía y desviar el tráfico.
- Distancia de aproximación de seguridad 50-60 m. , ampliable a 300m. según se evalúe el riesgo de explosión.
- Permanecer en el lado desde donde sopla el viento.
- Mantener alejadas la fuentes de ignición, parar los

motores y prohibición de fumar.

- Avisar a todas la personas intervinientes de la existencia de peligro de autoignición y de explosión.

En los INCIDENTES SIN INCENDIO

- Retirar, utilizando traje de protección química, los recipientes deteriorados y recoger el producto con los medios adecuados procurando no levantar polvo. ¡No emplear serrín ni otros productos combustibles!.
- Los recipientes de recogida no serán de material combustible (metálicos a ser posible) y deben de estar secos. Cubrir el material recogido pero no cerrarlo totalmente.
- Tener en cuenta que el producto podría comenzar a arder una vez recogido. Tomar las precauciones necesarias.
- En caso de disoluciones acuosas o de una sustancia comburente en estado líquido, obturar o cerrar bien la fuga. Si es necesario, trasvasar. En caso de imposibilidad de contención, diluir con mucha agua. Controlar el vertido del agua contaminada. La fuga del producto no debe de llegar a los desagües, canalizaciones o cauces de ríos. Regar la zona con mucha agua después de eliminar la sustancia.

En los INCIDENTES CON INCENDIO

- Refrigerar los recipientes, con agua pulverizada, sin que el fuego o el calor los afectase.
- El portador de la lanza y su ayudante deben estar equipados con protección térmica y respiratoria (nivel I). En el caso de cisternas con derrame utilizar protección química en las zonas donde el fuego lo permita.
- Si el incendio fuera grande dejar fluir libremente, si es posible, el contenido del recipiente, y abrir las bocas de la cisterna puesto que pueden producirse fuertes explosiones del continente por descomposición del producto.
- En caso de incendio que afecte a sustancias de la presente clase se libera oxígeno dando este por resultado una combustión autosostenida incluso en una atmósfera completamente inerte. Por consiguiente, no es probable que la utilización de extintores con dióxido de carbono u otro gas inerte sean procedimientos eficaces para luchar contra ese incendio, así como la extinción por sofocación (cierre total del recipiente) o la utilización de espumas. Por los tanto el procedimiento más eficaz para controlar un incendio de este tipo de sustancias consistirá en la pronta y cuantiosa utilización de agua.



- Se recomienda protección adecuada en el caso de presencia de una sustancia tóxica o corrosiva.
- Se recomienda llevar puesto un Equipo de Respiración Autónomo en las zonas caliente y templada cuando haya liberación de gases como producto de la combustión.
- Después de la extinción proceder de la misma manera que en caso de incidentes sin incendio.

En los INCIDENTES CON INCENDIO PERO SIN FUGA DEL RECIPIENTE

- Refrigerar el recipiente con agua pulverizada si el fuego o el calor lo afectase.
- El portador de la lanza y su ayudante deben estar equipados con protección térmica y respiratoria (nivel 1 o trajes antifuego).
- ¡No utilizar ni polvo extintor ni espuma! Apagar el incendio con agua pulverizada.
- Después de la extinción, proceder de la misma manera que en caso de incidentes sin incendio.
- En caso de cisternas, tener presente el peligro de explosión del recipiente.
- Si el incendio fuera grande dejar fluir libremente, si es posible, el contenido del recipiente, y abrir las bocas de la cisterna puesto que pueden producirse fuertes explosiones del continente por descomposición del producto.
- Si es posible, actuar desde un lugar protegido teniendo siempre presente la inestabilidad del producto y la posibilidad de reacciones violentas o de explosión.

En caso de que las personas entren en contacto con un producto comburente, se considera necesaria la asistencia médica si presentan síntomas atribuibles a la inhalación, ingestión o acción de la sustancia sobre la piel o los ojos.

En el caso de los peróxidos orgánicos:

- La explosión puede ser inminente si la sustancia esta expuesta al fuego.
- Aislar la sustancia no afectada o refrigerar, si existe riesgo de exposición al fuego.
- Taponar los desagües, sótanos, pozos, canalizaciones, etc., que se encuentren en la zona. No confinar herméticamente el producto. ¡Peligro de explosión!
- Contener el producto no contaminado en sus envases originales, protegido de sol y de fuentes de calor.

• Cuando la sustancia sea líquida, el producto no debe llegar a los desagües, canalizaciones o cauces de agua. Obturar o cerrar bien las fugas utilizando protección química. No recoger el producto derramado; retenerlo utilizando el adecuado absorbente seco (no usar serrín u otras materias combustibles). Trabajar con precaución. ¡Peligro de autoinflamación!

• Cuando la sustancia comburente sea sólida, retirar utilizando traje de protección química los recipientes deteriorados y recoger el producto con los medios adecuados procurando no levantar polvo. Cubrir los recipientes de recogida pero no cerrarlos. Trasladarlos a un lugar aislado, protegido del sol y de fuentes de calor. Mantenerlos bajo observación ante la posibilidad de reacciones y autoinflamación.

• Es indispensable la presencia de un técnico especializado en este tipo de productos.

• Un incendio que se declare en una remesa de peróxidos orgánicos o en sus cercanías puede provocar una explosión. Los bultos que contengan peróxidos orgánicos deberán ser alejados del lugar del incendio.

• Aún después de extinguido el incendio, mantenerse lo más lejos posible de los peróxidos orgánicos hasta que estos se hayan enfriado por completo. A ser posible, no se tratará de evacuar peróxidos orgánicos que hayan sido afectados por un incendio sin el asesoramiento técnico del fabricante. Se tendrá presente que en todo bulto que contenga peróxidos orgánicos y haya estado expuesto a altas temperaturas como las que se registran durante un incendio puede en cualquier momento producirse una violenta descomposición.

• Usar agua pulverizada. El portador de la lanza y su ayudante deben estar equipados de protección térmica y respiratoria (Nivel I o trajes antifuego)

• Refrigerar el recipiente, con agua pulverizada, si el fuego o el calor actuase sobre él teniendo siempre en cuenta el riesgo de explosión.

• Actuar desde un lugar protegido o posición segura. (Mantener una distancia mínima de 15 m).

• Prever posibilidad de reignición.

• Si el fuego es en el vehículo, apagar el incendio del vehículo impidiendo que el fuego se extienda a la carga mediante acortinadores o chorros de agua.

• Después de la extinción proceder de la misma manera que en caso de incidente sin incendio.



6.6 PRODUCTOS TÓXICOS Y CORROSIVOS

Vamos a tratar a los productos de las clases 6 y 8 de forma conjunta, porque aunque sus características son diferentes, a efectos de intervención en caso de emergencia exigen una respuesta muy similar.

En caso de accidente con liberación de un producto tóxico o corrosivo, prestaremos como siempre, especial atención a las características físico-químicas del producto y en especial a su presión de vapor, porque nos indicará su propensión a evaporarse, los valores de concentraciones dañinas (DL50, CL50, VLA, TLV, IPVS, etc), que nos marcarán los límites de las zonas, si somos capaces de medir las concentraciones, o el umbral de olor que nos permitirá evaluar la peligrosidad de esta percepción.

El umbral de olor es la concentración mínima de producto necesaria susceptible de ser percibida por el olfato humano. Se expresa en concentración o cantidad de producto en partes por millón.

6.6.1 SUSTANCIAS TÓXICAS O VENENOSAS. CLASE 6.1

Entendemos como sustancias tóxicas, de manera genérica, aquellas que, aún no teniendo entre ellas afinidades químicas ni características físicas comunes, presentan en común su capacidad para producir efectos nocivos, perniciosos o infecciones en el ser humano y los animales domésticos. Pueden dañar la salud en cantidades relativamente pequeñas, por un contacto único o de baja duración, o incluso causar la muerte por ingestión, absorción cutánea o inhalación. Son consideradas como tóxicas aquellas que su DL 50 queda por debajo de los 15.000 ppm.

Los riesgos de la clase 6.1 son principalmente de intoxicación y de daños al medio ambiente.

A la hora de seleccionar el nivel de equipamiento para este tipo de materias, es importante tener en cuenta las formas en que el cuerpo humano puede ser afectado por estas sustancias. Se puede hacer una distinción entre las cuatro diferentes vías y una combinación de ellas.

Las sustancias pueden entrar al cuerpo a través de: la piel, el aparato respiratorio, el sistema alimenticio o las mucosas.

Es de una gran importancia elegir el equipo de protección adecuado para defenderse de la agresión por las vías más relevantes para cada producto.

En el ámbito laboral se utilizan índices de toxicidad que no son de utilidad directa para las emergencias pero que sí nos sirven de referencia como los VLA o TLV. Sin embargo otros valores como el IPSV o el CL50, son buenos referentes del nivel de toxicidad de un producto y de las concentraciones admisibles o peligrosas durante la intervención.

Por su grado de peligrosidad podemos distinguir entre: materias muy tóxicas, materias tóxicas y materias que presentan un grado menor de toxicidad.

Según los efectos que provoca en el organismo podemos distinguir entre: tóxicos irritantes, asfixiantes, anestésicos y narcóticos, pulmonares, dermatotóxicos, mutagénicos, teratogénicos, cancerígenos y tóxicos diana (hepáticos, renales y depresores del sistema nervioso central)

6.6.2 SUSTANCIAS INFECCIOSAS.

CLASE 6.2

La clase 6.2 es un subgrupo que recoge las sustancias infecciosas.

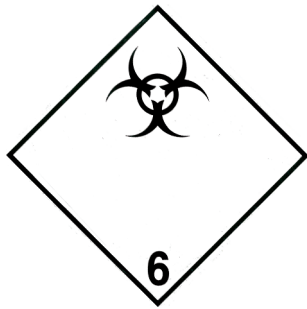
Los riesgos de la clase 6.2 se ven limitados únicamente al riesgo de intoxicación, pero lo más importante es que la zona de riesgo esta única y exclusivamente limitada al lugar del daño, y casi siempre limitada al contacto directo, por lo que la zona de peligro será muy pequeña.

Se incluyen aquí las materias que contienen agentes patógenos en forma de microorganismos viables, entre otros, bacterias, virus, rickettsias, priones, parásitos y hongos.

Ejemplos de estas sustancias son los despojos orgánicos y las preparaciones anatómicas infecciosas.

Las sustancias infecciosas se clasifican en dos categorías en función del riesgo de los microorganismos: la categoría A, la más perniciosa (virus Ébola, de la peste bovina, de Lassa, Escherichia coli, etc) y la categoría B, que recoge el resto de sustancias infecciosas.





Etiqueta de peligro para el transporte de la clase 6.2

6.6.3 SUSTANCIAS CORROSIVAS.

CLASE 8

Son el conjunto de materias que, por su acción química, dañan gravemente el tejido epitelial de la piel y las mucosas al entrar en contacto con ellas, o que, en caso de fuga, pueden originar daños a otras mercancías o a los medios de transporte pudiendo llegar a destruirlos, dando lugar a otros peligros. Se engloban también las materias que sólo producen un líquido corrosivo al entrar en contacto con el agua o que, con la humedad natural del aire, produzcan vapores o neblinas corrosivos.

En lo que se refiere a su peligrosidad en las intervenciones, podemos decir que, al contrario que los productos tóxicos y varios tipos de gases o productos radiactivos, los corrosivos, para que dañen se tiene que entrar en contacto físico con ellos, lo que supone que el evitar este contacto, o protegerlo, evitaría la agresión.

En función de su peligrosidad se pueden dividir en:

- Materias muy corrosivas
- Materias corrosivas
- Materias de menor grado de corrosividad

Los corrosivos pueden ser divididos en tres grandes grupos:

Ácidos

Son las sustancias corrosivas más importantes por el volumen de su producción y transporte (más de 6 millones de t/año, únicamente con el ácido sulfúrico y nítrico). Debemos destacar su importancia económica y productiva, al tratarse fundamentalmente de materias primas para otros procesos.

Un ácido, con carácter general, es un compuesto que puede ceder un protón (átomo de hidrógeno). El contenido en iones de hidrógeno se mide calculando el pH. Los ácidos se caracterizan por tener un pH bajo. Un áci-

do fuerte tiene un pH igual a 0, pudiéndolos dividir en orgánicos e inorgánicos. Los más fuertes y peligrosos son los inorgánicos. Poseen la propiedad de poder mezclarse con el agua. Estos ácidos liberan calor cuando se disuelven en agua, lo que puede ocurrir violentamente si el ácido está concentrado.

Causan efectos destructivos sobre los tejidos vivos y reaccionan fuertemente con las materias orgánicas y algunos metales.

Bases

También llamadas álcalis, las bases representan también un volumen e importancia muy elevado en cuanto a su transporte y utilización, especialmente los hidróxidos sódico (sosa cáustica) y potásico (potasa cáustica), y el hipoclorito sódico. Tienen, al contrario que los ácidos, la facultad de tomar un protón, debiéndose sus propiedades corrosivas a los iones oxhidrilo (OH), mientras que las de los ácidos se deben a los iones H. La concentración de los iones oxhidrilo de una base indica su pH. Una base fuertemente alcalina tiene un pH de 14. Son extraordinariamente corrosivas y los daños que producen en los tejidos son mayores que los de los ácidos, debido a que disuelven las proteínas del organismo, ocasionando más rápidamente la muerte de los tejidos, lo cual quiere decir que, para el hombre, son mucho más peligrosas que los ácidos. Ambos, esto es, ácidos y bases se neutralizan mutuamente, y en esa neutralización se produce agua más una sal, liberando durante el proceso de reacción una gran cantidad de calor.

Las bases se disuelven en agua generando calor, y atacan a los metales generando gas. A las bases se les denomina también lejías, atacando también a muchas materias orgánicas.

Otras sustancias corrosivas

Existen también varios tipos de materiales corrosivos que no son ni ácidos ni bases, pero también destruyen los tejidos vivos. Podemos incluir aquí de entre los más frecuentes y corrosivos los bromuros y cloruros orgánicos, los ácidos de halógenos y sustancias que contienen flúor. La mayoría de las sustancias son muy reactivas e intensamente corrosivas para la piel y la mucosa nasal, siendo en contacto con el agua o humedad muy propensas a la formación de gases o soluciones corrosivas, atacando a la mayoría de los metales, llegando algunas de ellas (el caso de acetilbromuro) a descomponerse en contacto con la



humedad del aire produciendo ácidos de bromo y cloro.

Mención especial merecen las disoluciones de peróxido de hidrógeno (variedades de agua oxigenada), modificándose su peligrosidad en función de las concentraciones (6, 40, y hasta 60%), teniendo, además de sus características de fuerte oxidante la de reacción violenta con ciertas sustancias orgánicas (permanganatos, sales de plomo...)

Entre los productos corrosivos más peligrosos por la conjunción de su peligrosidad intrínseca y del elevado volumen de producción y transporte, hay que mencionar el ácido sulfúrico H_2SO_4 , el ácido nítrico HNO_3 , el cloruro de hidrógeno HCl , el ácido fosforoso H_3PO_3 y la sosa cáustica $NaOH$.

Los materiales más adecuados, en general, para la recogida y almacenamiento de los productos corrosivos son algunos materiales plásticos como el polietileno de alta densidad (PEHD), el polipropileno (PP), el policloruro de vinilo (PVC) y el polivinilideno fluorado (PVDF).

6.6.4 SISTEMÁTICA DE INTERVENCIÓN PARA LAS CLASES 6 Y 8

Los procedimientos de intervención pueden ser diferentes en función de que el producto esté en fase líquida o gaseosa, de su grado de toxicidad o corrosividad, de las características físico-químicas como la presión de vapor en el caso de que sea un líquido, o la inflamabilidad, de que la fuga sea en fase líquida o gaseosa, del caudal de la fuga y superficie del charco, de la fuerza y dirección del viento, etc.

Los niveles de protección a utilizar en este tipo de intervenciones dependerán de la tarea a realizar y del producto.

Utilizaremos Nivel I para las labores de reconocimiento, identificación a distancia y balizamiento, por ser acciones que no implican entrar en contacto con el producto. También será el nivel de protección aceptable para las labores de rescate y salvamento urgente siempre que no supongan entrar en contacto con el producto o con concentraciones altas de sus vapores y para las tareas de contención inicial. Intentaremos cerrar al máximo el traje y completarlo con guantes y botas de mayor protección química.

El Nivel II lo utilizaremos para trabajar con corrosivos o con productos con un nivel de emisión de vapores bajo,

siempre que no implique un contacto masivo con el producto, caso en el que habría que buscar un nivel de protección totalmente hermético. Es también admisible para productos que no presentan una agresividad especial por contacto con la piel. También será adecuado el Nivel II para las tareas de descontaminación.

El Nivel III lo utilizaremos siempre que tengamos dudas sobre la peligrosidad del producto y obligatoriamente para labores que impliquen contacto directo con un producto tóxico o con una alta concentración de sus vapores. Tiene también la ventaja de que garantiza la no contaminación del .ER.A., y de los equipos de comunicaciones.

Para la fuga de productos en fase líquida utilizaremos preferentemente las técnicas de contención y absorción.

Para la contención de líquidos corrosivos utilizaremos recipientes adecuados. Si no los tenemos, usaremos medios de fortuna, como balsas de recogida efectuadas con lonas de PVC y mangotes o tramos de escalera, agujeros en el terreno cubiertos con lonas, bolsas de plástico para obturar alcantarillas, o tierra para hacer diques de contención mediante azadas y palas.

Es de especial importancia, principalmente en el caso de los tóxicos evitar que el producto se filtre en la tierra o que llegue a un curso de agua. Una de las reacciones inmediatas del equipo de intervención deberá perseguir este objetivo.

Para la absorción utilizaremos áridos adecuados o productos absorbentes específicos. Siempre comprobaremos previamente la no reactividad del absorbente con el producto.

Para los líquidos corrosivos podríamos utilizar las técnicas de dilución o neutralización, si bien son muy difíciles de ejecutar en los escenarios que plantean las emergencias, y si no se realizan bien pueden tener consecuencias tan perjudiciales como el problema inicial.

En el capítulo de gases ya se han apuntado las técnicas más comunes para el control de fugas, todas ellas aplicables al caso de gases tóxicos o corrosivos. Las maniobras de abatimiento y dispersión pueden ser de especial aplicación a estos casos en los que el objetivo principal va a ser preservar a la población de concentraciones altas, siempre en función de la solubilidad y de la densidad del producto.

Para el taponamiento de las fugas utilizaremos los materiales específicos de que dispongamos (obturadores, conos y cuñas, masillas y lanas de plomo, abrazaderas, cojines neumáticos,...) o elementos de fortuna si fuera necesario.



Si es posible siempre actuaremos sobre la valvulería para cerrar o minimizar las fugas. Es importante saber que en las cisternas de productos corrosivos, la valvulería de la fase gaseosa va pintada de amarillo y las de la fase líquida, de rojo.

Es conveniente monitorizar las concentraciones si disponemos de aparatos de medición adecuados para que nos sirvan de referencia para el establecimiento de las zonas de intervención. Hay que tener en cuenta la gran variabilidad de las nubes de gases y vapores, que se mueven en forma de bolsas y son muy susceptibles a los cambios de dirección y fuerza del viento.

Tenemos que considerar siempre que el mayor problema no es el producto en sí sino sus concentraciones. Por esta razón, si podemos influir en ello, siempre es mejor tener una fuga continua de bajo caudal que fugas puntuales de grandes volúmenes que generen nubes tóxicas de alta concentración.

El uso de espumas sobre los derrames también puede ayudar a reducir el índice de vaporización, siempre sujeto a la compatibilidad con el producto.

6.6.5 EVALUACION.DISTANCIAS Y ZONAS DE RIESGOS

Como norma general podemos considerar que los productos de Clase 8, si no tienen ninguna reacción visible, la distancia de 50 metros es oportuna, aunque si se observa reacción con metales, y otros productos siendo visible gorgoteo, emisión de gases, o similares, la distancia adecuada será de 100 mts.

Para los tóxicos e infecciosos 6.2, es suficiente con no tocarlos, teniendo en cuenta que serán generalmente restos de hospitales y mataderos. La distancia prudente es de 50 m.

Donde existe mayor riesgo, es en los recipientes cerrados con gases comprimidos o licuados con números de peligro 2.6 y 2.6.8 donde la PV será siempre mayor a 1 y esto ya indica una distancia mínima de 100 m.

6.7 SUSTANCIAS RADIATIVAS

6.7.1 DEFINICIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Son radiaciones capaces de interactuar con la materia aportándole calor y formando iones.

La materia está formada por átomos. El átomo es un conjunto electrónicamente neutro que a su vez está formado por núcleo y electrones.

El núcleo del átomo está compuesto por:

- Neutrones: partículas neutras
- Protones: partículas con carga positiva

Un núcleo atómico puede encontrarse en una situación inestable debido a:

- un desequilibrio numérico entre sus componentes: neutrones y protones
- un exceso de energía en cuyo caso se dice que el núcleo está "excitado".

Cuando un núcleo se encuentra en un estado inestable tiende a la estabilidad emitiendo una partícula o una onda electromagnética y este proceso recibe el nombre de radiactividad. Este fenómeno espontáneo constituye una desintegración y los resultados de la misma las radiaciones.

La radiactividad constituye un riesgo para la salud humana por su capacidad para ionizar, tanto la materia inanimada como la materia viviente. Los átomos de la materia orgánica que componen nuestro organismo, al recibir la acción de una fuente radiactiva pierden o ganan electrones variando su estructura atómica. Por este motivo las radiaciones se denominan radiaciones ionizantes.

Puesto que la ionización degrada la materia, este efecto en los seres vivos afecta especialmente a las células, ya que contienen en sus núcleos los códigos por los que éstos se reproducen. Las más sensibles por lo tanto son aquéllas que se están reproduciendo con mayor frecuencia como las de: los fetos, pelo, uñas, reproducción sexual o tumores cancerosos.

6.7.2 TIPOS DE RADIACIONES IONIZANTES

LOS RAYOS X

Son radiaciones electromagnéticas (como la luz o las ondas de radio) de frecuencia muy alta y por tanto pequeña longitud de onda. Son lo suficientemente pequeñas como para poder atravesar huecos entre átomos y dentro de átomos, con lo que las usamos para "ver" el interior de los objetos que la luz no puede atravesar y hacer lo que llamamos radiografías.



Los producimos con lámparas. Con estas lámparas ocurre como con las bombillas, cuando están apagadas no emiten nada. Las lámparas de rayos X sólo se encienden en el momento de realizar una radiografía y se tienen encendidas durante cortos espacios de tiempo.

LAS RADIACIONES α

Son núcleos de helio procedentes de la desintegración de un elemento radiactivo con demasiados protones y neutrones. El núcleo inestable expulsa a gran velocidad dos protones y dos neutrones que es lo que llamamos partícula α . Para la escala a la que nos movemos cuando hablamos de radiactividad, estamos refiriéndonos a partículas de enorme tamaño. Su capacidad de penetración es prácticamente nula (no pueden atravesar ni una hoja de papel) y en el aire solo alcanzan unos pocos centímetros (entre 0,6 y 10 cm).

El peligro de una partícula α se encuentra en su velocidad, que va perdiendo a medida que choca contra átomos de su alrededor. Cuando se para es un ion de helio -gas noble y uno de los componentes del aire-completamente inocuo por tanto. Es como un camión, que lanzado a gran velocidad es muy peligroso porque lleva mucha energía, que puede perder suavemente por fricción con el aire o repentinamente en un choque, pero una vez parado no representa un peligro.

Estas características las hacen adecuadas para algunas aplicaciones. Así las fuentes α se usan para aplicaciones

como detectores de incendios o pararrayos radiactivos, ya que los blindajes son muy simples y aún estando al aire, no afectan a las personas aunque se encuentren próximas (a más de un palmo de distancia).

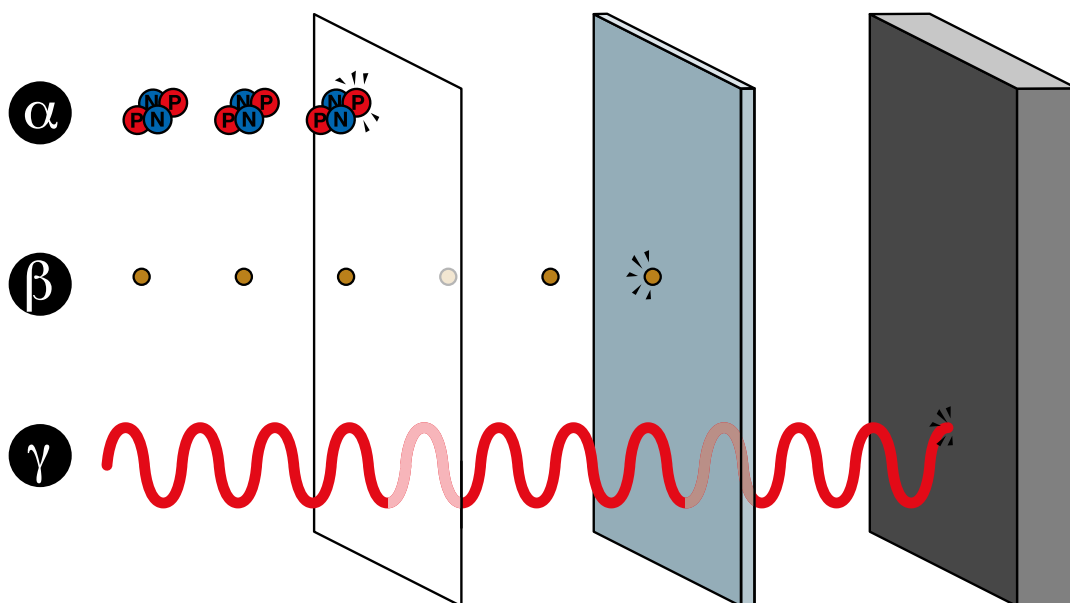
Esto no quiere decir que sean inocuas y revisten un peligro también derivado de sus características. Dada su enorme masa llevan una gran cantidad de energía y si llegan a tener contacto con tejidos vivos, causan mucho más daño que ningún otro tipo de radiación. Por otra parte, su falta de capacidad de penetración los hace indetectables por los aparatos de medida que normalmente usamos, ya que no pueden penetrar en dosímetros y radiómetros, salvo que estén provistos de sondas específicas para estas radiaciones.

El peligro para nosotros con las fuentes α se encuentra en que una fuente pulverizada o diluida se nos quede adherida a la piel, nos la traguemos o la inhaledemos.

Este peligro fuera de las centrales nucleares o laboratorios nucleares es muy pequeño, ya que para el resto de aplicaciones las fuentes se encapsulan de forma que resistan -casi- cualquier tipo de agresión.

LAS RADIACIONES β

Son electrones de alta energía. Se generan cuando el núcleo inestable tiene demasiados neutrones en relación con el número de protones. Súbitamente uno de sus neutrones se transforma en un protón y un elec-



Las radiaciones α recorren una distancia muy pequeña y son detenidas por una hoja de papel o por la piel. Las radiaciones β recorren un metro por el aire y son detenidas por unos pocos centímetros de madera o una fina capa de metal. Las radiaciones γ recorren cientos de metros por el aire y son detenidas por una pared de plomo o cemento.



trón. El electrón proyectado fuera del núcleo es lo que denominamos partícula β . Sale a una velocidad próxima a la de la luz, con una trayectoria tortuosa y puede alcanzar algunos metros en el aire.

Como en el caso anterior, la partícula sin velocidad no representa un peligro.

La masa de un electrón es unas 7.200 veces más pequeña que la de un átomo de helio, por lo que la energía de una radiación β es mucho menor que la de una α y su capacidad de penetración mucho mayor, sin llegar a ser excesivamente grande; unos metros en el mejor de los casos. Una lámina de aluminio de unos milímetros es blindaje suficiente para pararla.

Al igual que sucede con las radiaciones α , su detección por los aparatos de medida habitualmente usados es difícil, salvo que se disponga de sondas adecuadas. Pero a diferencia de ellas, sí es normal encontrar fuentes β no encapsuladas en hospitales, donde se usan como elementos trazadores y en radioterapia, por lo que existe el peligro de contaminación radiactiva.

LAS RADIACIONES γ

Al contrario que las dos anteriores las radiaciones γ son ondas electromagnéticas.

Proceden de un núcleo excitado que posee demasiada energía y que tiende a liberarla en busca de su estabilidad. La radiación gamma va siempre asociada a una desintegración alfa o beta y se produce inmediatamente después.

Su frecuencia es aún más alta que la de los rayos X y su capacidad de penetración es por tanto mayor.

Tienen aplicación en radioterapia, son las que producen las bombas de cobalto, los medidores de nivel, los aparatos de gammagrafía y en tratamientos de medicina nuclear. Salvo en este último caso las fuentes γ suelen ser encapsuladas.

La mera exposición a las radiaciones γ no nos contamina.

Las radiaciones α y β cuando interactúan con la materia producen ciertas cantidades de radiación γ , por lo que esta radiación la encontraremos en cualquier tipo de fuente.

LAS RADIACIONES DE NEUTRONES

Las fuentes de neutrones son muy raras, se usan como iniciadoras de reacciones nucleares y para crear fuentes

radiactivas.

Normalmente solo se encuentran en centrales o laboratorios nucleares.

6.7.3 LAS FUENTES RADIATIVAS

Hay elementos que son inestables y sus átomos tienden a buscar una mayor estabilidad emitiendo partículas de materia o energía que les sobra. De esta forma se transforman en otros elementos más estables. Así, un átomo de uranio en la naturaleza sufrirá una serie de transformaciones espontáneas que implicarán emisión de radiaciones y lo acabarán transformando en un átomo de plomo que es estable.

A los materiales formados por o con estos elementos les llamamos fuentes radiactivas.

PERÍODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN

La actividad de las fuentes decae con el tiempo y para medir ese decaimiento se ha inventado el concepto de período de semidesintegración, que es el período de tiempo en el que la mitad de los átomos de una fuente se han desintegrado o transmutado.

Esto quiere decir que la actividad de una fuente cuyo período de semidesintegración sea de 1.000 años es para nosotros constante y en cambio una que tenga un período de semidesintegración de 1 segundo y contenga una tonelada de elemento radiactivo en un momento dado, contendrá menos de una billonésima de gramo un minuto más tarde.

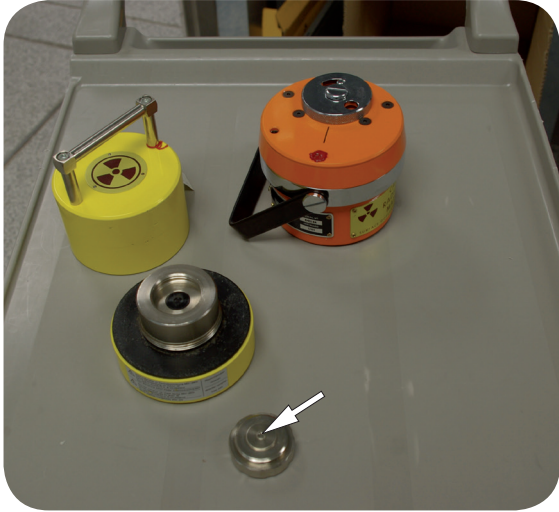
FUENTES ENCAPSULADAS

Para evitar el peligro de contaminación, las fuentes cuya disgregación no sea interesante para su uso se encapsulan. Una forma de encapsular es por ejemplo: sintetizar con cobre. Este procedimiento consiste en prensar en caliente la fuente con partículas de cobre, hasta que formen -fuente y cobre- una masa compacta.

FUENTES NO ENCAPSULADAS

En las de este tipo la fuente no va protegida, siendo muy común que se presente en forma de disolución. Esta forma es útil por ejemplo para inyectar la fuente en el cuerpo.





Fuentes patrón para calibración de aparatos. Fuente encapsulada en el círculo pequeño indicado por la flecha.



6.7.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

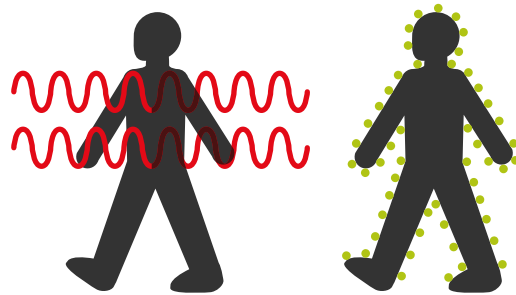
IRRADIACIÓN

Es la exposición de una persona a las radiaciones ionizantes. Sus efectos son proporcionales a la cantidad de energía procedente de la radiación que haya absorbido el cuerpo.

Una persona o un objeto que hayan resultado irradiados no causan daño a quienes mantengan contacto posterior con ellos.

La protección contra la irradiación se basa en:

- **Distancia:** como sucede con una fuente de luz o de sonido, cuanto más lejos nos encontremos menos nos afecta. La cantidad de radiación que recibimos de una fuente es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Eso quiere decir que una fuente que nos irradia con una cantidad X a 1 metro, nos irradia 4 veces menos a 2 metros y que si nos acercamos a tocarla tendremos que tener en cuenta que a 1 centímetro nos irradiará 10.000 veces más.
- **Tiempo:** como cuando tomamos el sol. A más tiempo expuestos mayor daño.
- **Blindaje:** si hemos de estar tiempo cerca de una fuente podemos interponer entre nosotros y la fuente paredes, planchas de metal...



Persona atravesada por radiaciones y persona contaminada. Ésta última es portadora de fuentes radiactivas.

CONTAMINACIÓN

Una persona u objeto se encuentran contaminados cuando es la propia fuente radiactiva la que entra en contacto y se fija a alguna parte del organismo.

Esta persona u objeto sí pueden causar daños y contaminar a su vez a quien establezca un contacto físico con ellos.

En el caso de las personas la contaminación puede ser:

- **Externa:** cuando la fuente se ha depositado en la piel, en cuyo caso la descontaminación consistirá en un enérgico lavado.
- **Interna:** cuando la fuente ha penetrado en el interior del cuerpo por ingestión, inhalación o por difusión a través de la piel o de una herida abierta, en cuyo caso el tratamiento curativo es difícil y poco eficaz.

La forma de protegernos contra la contaminación está en

el uso de equipos de respiración autónomos y trajes de protección química, debiendo tener las mismas precauciones que si nos encontrásemos ante un producto tóxico.

6.7.5 UNIDADES Y APARATOS DE MEDIDA

ACTIVIDAD DE UNA FUENTE

La actividad de una fuente nos indica lo peligrosa que es. Se mide en número de desintegraciones por segundo. La unidad del sistema métrico decimal es el becquerel (Bq) = 1 desintegración / 1 segundo. Es una unidad muy pequeña, por lo que siempre se usan el kilobecquerel (kBq) y el megabecquerel (MBq).

Tradicionalmente se usaba para medir la actividad de una fuente el curio (Ci) que es la actividad de un gramo de radio. $1\text{Ci} = 37.000$ megabecquerels.

84

DOSIS ABSORBIDAS

Dosis es la cantidad de energía depositada por la radiación por unidad de masa del cuerpo u órgano irradiado.

Las radiaciones ionizantes ceden energía a la materia a la que atraviesan dañándola.

Hay radiaciones que con la misma cantidad de energía son más dañinas que otras y hay unidades que tienen en cuenta ambas cosas. Estas unidades nos indican la dosis equivalente y son:

- **El sievert (Sv)** usado en el sistema métrico decimal. Es muy grande por lo que normalmente se usa la milésima parte milisievert (mSv) y el micro sievert, millonésima parte del sievert (μSv).

- **El REM**, unidad usada con anterioridad. $1\text{REM} = 10\text{ mSv}$.

Los efectos de las radiaciones ionizantes pueden ser deterministas o estocásticos:

- **Deterministas:** cuando existe una relación directa causa-efecto (ej: una dosis de 10 Sv implica la muerte).

- **Estocásticos:** cuando aumenta la probabilidad de sufrir una consecuencia. Cualquier dosis absorbida aumenta la probabilidad de sufrir un daño pero no sus consecuencias.

DOSIS (mSv)	CAUSAS Y EFECTOS
0,015 mSv	Dosis por volar 3 horas en avión
0,1 mSv	Dosis por una radiografía de tórax
1 mSv	Límite anual de dosis para la población excluida la exposición de origen natural.
3,5 mSv	Dosis media anual por persona en España, incluida la debida a la radiación natural
50 mSv	Límite anual de dosis para los trabajadores expuestos
100 mSv	No hay evidencia de efectos en la salud
500 mSv	Aparición de efectos deterministas en la piel
1.000 mSv	Aparición de efectos deterministas graves
4.000 mSv	Muerte en 60 días (50% de los casos)
10.000 mSv	Muerte en días o semanas (100% de los casos)

Como no podemos ver ni sentir las radiaciones ionizantes necesitamos una serie de aparatos de medida. Los más habituales son:

EL RADIÁMETRO O INTENSÍMETRO

Dispone de un tubo Geiger y nos da habitualmente diversos tipos de medida:

- **Tasa de dosis**, que nos indica cuanta radiación llegará al lugar en caso de permanecer allí un tiempo determinado. Este aparato nos sirve para establecer las zonas de intervención, indicándonos el riesgo que existe en cada punto.

- **Dosis**, es la cantidad de radiación que ha llegado al aparato desde que lo hemos encendido, es este sentido actúa como un dosímetro.

El radiómetro normal no detecta las radiaciones α ni β por lo que es difícil que nos advierta de un peligro de contaminación si no va provisto de elementos auxiliares.



LAS CÁMARAS DE IONIZACIÓN

Son sensores que por sí mismos o asociados a un radiámetro detectan partículas alfa y beta.

Lo usaremos para detectar contaminación radiactiva. Dan la medida en forma de cuentas por segundo que nos indican el número de partículas que llegan hasta el aparato. Esta medida no nos sirve mas que para saber si existe contaminación o no, ya que es muy compleja de interpretar.

La utilización de estos aparatos es delicada ya que hay que aproximarlos mucho a los lugares donde queramos medir y a la vez deberemos prestar atención para evitar que las sondas entren en contacto con la materia presumiblemente contaminada.

Frecuentemente este aparato y el anterior se usan conectados a un altavoz del que sale una crepitación característica, que hace la interpretación mucho más rápida e intuitiva.



LOS DOSÍMETROS

Son unos pequeños aparatos de uso individual que nos podemos colocar para saber cuanta radiación ha llegado hasta nosotros. Los más utilizados son los de película fotográfica y los de lectura directa. Entre los últimos los más clásicos son los tipo pluma.

No se debe confundir intensidad de radiación con dosis. Cuando en un detector se lee 10mSv/h, o lo que es lo mismo 1 rem/h, no se reciben los 10 mili-sieverts mas que cuando se permanece expuesto a la radiación durante una hora.

Cuando en un dosímetro leemos 10mSv, es que efectivamente se han recibido los 10 mili-Sieverts con independencia del tiempo de exposición.



6.7.6 POTENCIAL UBICACIÓN DE FUENTES RADIOACTIVAS

En las centrales nucleares encontraremos combustibles nucleares, productos de fisión y materiales que se han vuelto radiactivos por la acción de los neutrones. La cantidad y variedad de productos que nos podemos encontrar es enorme.

En universidades y centros de investigación es frecuente encontrar fuentes radiactivas e incluso pequeños reactores.

En los hospitales encontraremos, aparatos de rayos X, que como ya hemos visto no entrañan riesgos especiales, fuentes para aplicación externa de radioterapia (bombas de cobalto) y fuentes para aplicación interna como fuentes β no encapsuladas o fuentes γ no encapsuladas o generadores de tecnecio.



Armario con generadores de tecnecio.

En la Industria se utilizan fuentes radiactivas como medidores de nivel o de espesores y para comprobación de soldaduras.



Todos estos usos descritos implican movimiento de fuentes, por lo que también nos las podemos encontrar en el transporte.



Furgoneta de transporte de residuos de baja actividad.

6.7.7 SEÑALIZACIÓN

EN EL TRANSPORTE

Los vehículos que transporten material radiactivo deberán llevar paneles naranjas y la etiqueta de peligro 7D.

Los únicos números de peligro asignados a las materias radiactivas son el 70 y el 78, en el caso que también sean corrosivas.

La paquetería que contenga materias radiactivas (bultos, sobreembalajes y contenedores) llevarán las siguientes etiquetas, en función de su categoría, en dos o en cuatro de sus lados según sea bulto o contenedor.



Esta etiqueta la llevarán vehículos y grandes contenedores.



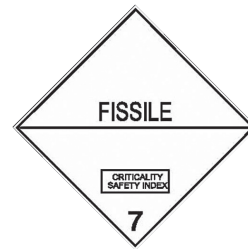
Encontraremos esta etiqueta en los bultos cuya radiación exterior sea inferior a $5 \mu\text{Sv/h}$.



Encontraremos esta etiqueta en los bultos cuya radiación exterior sea inferior a $500 \mu\text{Sv/h}$.



Encontraremos esta etiqueta en los bultos cuya radiación exterior sea inferior a $2.000 \mu\text{Sv/h}$.



Señal que indica la presencia de material fisible.

EN INSTALACIONES

El símbolo establecido internacionalmente para informar de la presencia de sustancias radiactivas es el trébol esquematizado, que representa un núcleo emitiendo radiación.

El reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (RD 783/2001, de 6 de julio) establece que el titular de una actividad en la que pueda existir riesgo de irradiación clasificará los lugares de trabajo estableciendo diferentes zonas en función de la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales.

Define las zonas diferenciando las zonas controladas (permanencia limitada, permanencia reglamentada y de acceso prohibido) de las zonas vigiladas.

En el cuadro adjunto se muestra la señalización reglamentada de las diferentes zonas.



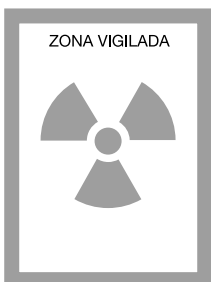
En una ZONA CONTROLADA no es improbable que un trabajador que está habitualmente en ella reciba dosis de 3/10 de la considerada como máximo anual.



En una ZONA DE PERMANENCIA LIMITADA existe el riesgo para un trabajador de recibir una dosis superior al máximo anual.



En una ZONA DE ACCESO PROHIBIDO existe el riesgo de recibir de una sola vez una dosis superior a la máxima anual admisible para trabajadores.



En una ZONA VIGILADA no es improbable que un trabajador reciba una dosis superior a 1/10, pero es muy improbable que reciba una dosis superior a 3/10 de la dosis máxima anual.

Este tipo de señales también pueden darnos una indicación del tipo de fuente que nos podemos encontrar:



En el caso de que el riesgo sea fundamentalmente debido a una posible irradiación externa. Esto querría decir que la fuente será encapsulada.



En el caso de que nos encontremos con que el riesgo sea fundamentalmente debido a la contaminación, indicando, por tanto, la existencia de fuentes no encapsuladas.



En el caso de que nos encontremos con ambos riesgos asociados, que pueden darse por existir fuentes de ambos tipos o fuentes gamma no encapsuladas.



FUENTES

Desde el 15 de febrero de 2007, el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), dependiente de la ONU, ha establecido una nueva señal para advertir de la presencia de sustancias radiactivas peligrosas. Complementa el símbolo del trébol al ser más intuitivo en su simbología y está destinado a señalar directamente la propia fuente.



Señal antigua.



Señal actual.

6.7.8 CRITERIOS GENERALES DE INTERVENCIÓN CON FUENTES RADIATIVAS

En caso de accidente en el transporte, deberemos usar el método general para actuación con mercancías peligrosas, con ciertas medidas específicas.

EN CASO DE ACCIDENTE SIN INCENDIO

Si existen víctimas a rescatar, no hay incendio y carecemos de equipos de medición adecuados, podremos intervenir -en la mayoría de los casos- sin especial peligro siempre que podamos actuar sin entrar en contacto con la carga.

Usaremos ERA independientemente de que haya fuego o no, salvo que resulte evidente que la carga no se encuentra deteriorada.

Permaneceremos el menor tiempo posible en la "zona caliente", y trataremos a la víctima, a nuestro ERA usado y a nuestro traje de intervención como potencialmente contaminados.

Limitaremos el acceso a la zona del accidente declarando "zona caliente" la que se encuentre a menos de 5

metros del siniestro.

Si disponemos de aparatos de medición podremos ser más precisos y definiremos como "zona caliente" aquella en la que el radiómetro o intensímetro marque más de 100 microsievvert o 0,1 mSv.

Como norma general

Es necesario advertir al personal sanitario, policía, etc. del riesgo de contaminación.

No debemos rebasar sin el concurso de un experto la zona en la que se marquen 0,1 mSv, ni permanecer más de 30 minutos en la zona caliente.

Hay que controlar con sonda para detección de contaminación todo objeto o persona que salga de la "zona caliente".

Usar dosímetros, pero recordar que los aparatos de medida no nos protegen.

Si el material radiactivo puede ser afectado por el fuego como consecuencia del accidente

Valorar la posibilidad de extinguir el fuego usando extintores para evitar usar agua, ya que se podría contaminar y llevar la contaminación a suelos, alcantarillado, cursos de agua, etc.

Usar la mínima cantidad de agua posible para extinguir el incendio.

Controlar y tratar el agua de extinción como residuo potencialmente contaminado.

Usar agua en grandes cantidades para lavar o abatir los humos del incendio, ya que la posible contaminación radiactiva es más peligrosa en el aire que en el agua, procurando que no incida directamente sobre el incendio.

Si nos enfrentamos a un incendio en un edificio que alberga sustancias radiactivas, el procedimiento incluirá

Recabar información para saber si se trata simplemente de una instalación de rayos X, o si por el contrario existen fuentes encapsuladas o no encapsuladas.

Conocer la situación exacta de las fuentes.

Prestar especial atención a la señalización.

Adoptar la misma sistemática que para accidente en transporte.