

Iván Suela Fernández
Colaborador: David Duque Moreno

PARTE 7

Manual de riesgos
tecnológicos
y asistencias
técnicas

NRBQ

Coordinadores de la colección

Agustín de la Herrán Souto
José Carlos Martínez Collado
Alejandro Cabrera Ayllón



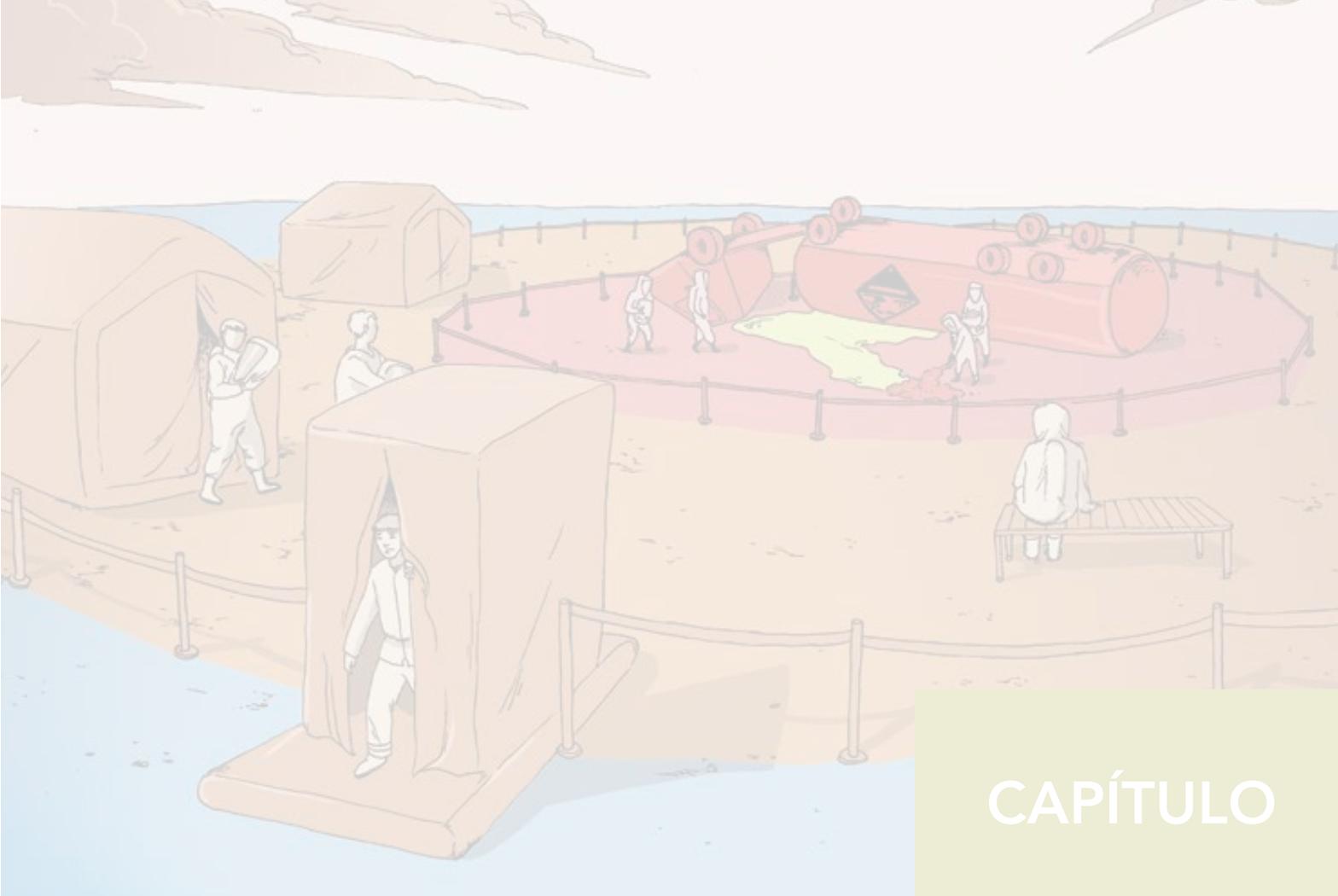
Documento bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 elaborado por Grupo Tragsa y CEIS Guadalajara. No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Asimismo, no se podrán distribuir o modificar las imágenes contenidas en este manual sin la autorización previa de los autores o propietarios originales aquí indicados.

Edición r0 2015.10.05

manualesbb@ceisguadalajara.es
www.ceisguadalajara.es

Tratamiento
pedagógico, diseño y
producción





CAPÍTULO

1

Caracterización



1. CONCEPTOS PREVIOS

La sociedad actual se desarrolla a gran velocidad a todos los niveles, tanto industriales, como tecnológicos o sociales, y, consecuentemente, tiene lugar un aumento de la producción, el transporte y otros muchos aspectos cotidianos, entre los que se incluye el empleo de sustancias químicas que mejoran la calidad de vida de las personas, pero que, como contrapartida, también constituyen un riesgo ya que son sustancias y materiales potencialmente peligrosas.

Estos productos químicos, que si bien se clasifican según su grado de peligrosidad, facilitando enormemente la tarea de los grupos de intervención, comportan grandes diferencias en función de varios factores. Por ejemplo, y principalmente, la localización del accidente. Sus efectos diferirán en función de si tiene lugar en una fábrica, una carretera, o en el ámbito doméstico.

Dentro de los muy diferentes tipos de actuaciones en las que intervienen los bomberos, es frecuente que se realicen rescates en accidentes de tráfico (donde pueden verse implicadas mercancías peligrosas), o intervenciones en polígonos industriales, en los que fácilmente se almacena una gran cantidad de productos químicos.

A tenor del grave riesgo que pueden suponer, tanto para las personas como para los bienes y el medioambiente, cobra cada vez mayor relevancia social la gestión que se haga de este tipo de siniestros. Esto implica que la resolución deba ser mucho más integral y coordinada entre las distintas administraciones (local, regional, estatal), así como entre todos los cuerpos que pueden verse implicados directamente durante la intervención y en el posterior retorno a la normalidad: bomberos, policía, sanitarios, empresas privadas,...

Para satisfacer de forma adecuada estas nuevas demandas de la sociedad, se precisa una correcta implantación de medios, tanto materiales como humanos. Además, debe establecerse con anterioridad un Plan que recoja el catálogo de riesgos, el índice de probabilidad de que acontezcan y la vulnerabilidad de los elementos afectados en el caso de que ocurra el siniestro. Este Plan debe asegurar que los procedimientos, medios y recursos asignados tengan la máxima eficiencia a la hora de intervenir ante este tipo de emergencias.

Comúnmente, el concepto de riesgo tecnológico proporcionado por la Escuela Nacional de Protección Civil atiende a "la posibilidad de que se den consecuencias indeseables o inconvenientes de un acontecimiento relacionado con el acceso o uso de la tecnología y cuya aparición no se pueda determinar a priori". Por tanto, el riesgo que implica el uso, transporte y manufacturación de las sustancias químicas peligrosas se califica como "riesgo tecnológico". Las grandes diferencias entre los posibles incidentes químicos y la gravedad de las consecuencias que pueden llegar a acarrear, obligan a que cada suceso se estudie específicamente y la legislación los desarrolle y articule diferenciadamente, indicando aspectos tales como su índice de probabilidad y los medios humanos y materiales que se deben destinar para resolver la situación de peligro que se dé en cada caso.

Los avances experimentados desde el punto de vista tecnológico y científico comportan los siguientes riesgos potenciales:

- **Riesgos nucleares:** aunque la seguridad nuclear tiene como objetivo reducir la probabilidad de que ocurra un accidente y mitigar sus consecuencias, caso de que ese accidente se produjera; las centrales nucleares* (en España hay actualmente 8 reactores en funcionamiento), suponen una fuente potencial de radiación y de contaminación, tanto para los empleados de la propia central como para el entorno en el que se ubican.
- **Riesgos radiológicos:** normalmente el peligro de las radiaciones radiológicas (no nucleares), resulta menos devastador. Sin embargo, su riesgo es mucho más probable, ya que en España, en la actualidad, existen unos 1300 centros¹ con autorización para el uso de radio-nucleidos y, por consiguiente, se realizan traslados de material de estas características entre los diferentes centros.
- **Riesgos químicos:** incluyen los riesgos propios de los establecimientos industriales que emplean, almacenan o generan sustancias químicas susceptibles de generar una situación de peligro. La normativa ajusta sus exigencias al riesgo asociado al tipo y cantidad de sustancia implicada.
- **Transporte de mercancías peligrosas:** El mero hecho del desplazamiento ya conlleva un cierto riesgo, que aumenta cuando lo que se transporta es una mercancía peligrosa. Debido al continuo trasiego de este tipo de mercancías tanto por tierra, como por mar o aire, este el riesgo tecnológico que más intervenciones de protección civil requiere.

La capacidad de los riesgos tecnológicos para generar daños y producir consecuencias devastadoras es la razón por la que la normativa que los legisla posea un nivel superior y resulte más específica que las normas que regulan otros riesgos más generales.

1.1. NORMATIVA APLICABLE

A continuación se detalla la normativa actual española en relación a los diferentes riesgos:

1.1.1. RIESGO NUCLEAR-RADIOLÓGICO

a) Normativa internacional

- **DIRECTIVA 2013/59 EURATOM DEL CONSEJO, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.**

b) Normativa española

- **Real Decreto 1440/2010 de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear.**
- **Real Decreto 1439/2010 de 5 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, aprobado por Real Decreto 783/2001, de 6 de julio.**

¹—De entre esas instalaciones radiactivas cabe citar por su potencia la fábrica de elementos combustibles situada en Juzbado (Salamanca), la planta de fabricación de concentrados de uranio, también en Salamanca, el Centro de Almacenamiento de residuos radiactivos de El Cabril (Córdoba), o el nuevo emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado (ATC) en Villar de Cañas (Cuenca).

*—Ver glosario

- ~~• Real Decreto 102/2014, de 21 de febrero, para la gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y los residuos radiactivos.~~
 - ~~• Real Decreto 1564/2010 de 19 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz Básica de planificación de Protección Civil ante el riesgo radiológico.~~
 - ~~• Resolución de 20 de octubre de 1999 de la Subsecretaría por la que se dispone la publicación del acuerdo del Consejo de Ministros de 1 de Octubre de 1999 relativo a la información al público sobre medidas de protección sanitaria aplicables y sobre comportamiento a seguir en caso de emergencia radiológica.~~
 - ~~• Ley 25/1964, de 29 de abril sobre Energía Nuclear. BOE núm. 107, de 4 de mayo de 1964.~~
 - ~~• Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear. BOE núm. 100, de 25 de abril de 1980.~~
 - ~~• Ley 33/2007, de 7 de noviembre de reforma de la Ley 15/1980, de 22 de abril de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.~~
 - ~~• Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.~~
 - ~~• Real Decreto 35/2008, de 18 de enero por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre (BOE núm. 42, de 18 de febrero de 2008).~~
 - ~~• Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra radiaciones ionizantes. (BOE núm. 178 de 26 de julio 2001).~~
 - ~~• Real Decreto 1546/2004, de 25 de junio, por el que se aprueba el Plan Básico de Emergencia Nuclear (BOE núm. 169, de 14 de julio de 2004).~~
 - ~~• Corrección de errores del Real Decreto 1546/2004, de 25 de junio, por el que se aprueba el Plan Básico de Emergencia Nuclear (BOE núm. 264, de 2 de noviembre de 2004).~~
 - ~~• Real Decreto 1428/2009, de 11 de septiembre, por el que se modifica el Plan Básico de Emergencia Nuclear aprobado por Real Decreto 1546/2004 de 25 de junio.~~
 - ~~• Orden INT/1695/2005, de 27 de mayo por la que se aprueba el Plan de Emergencia Nuclear del Nivel Central de Respuesta y Apoyo. (BOE núm. 137, de 9 de junio de 2005).~~
 - ~~• Resolución, de 7 de junio de 2005, de la Subsecretaría, por la que se aprueban las directrices por las que se han de regir los programas de información previa a la población, la formación y capacitación de actuantes y los ejercicios y simulacros de los Planes de emergencia nuclear, exteriores a las centrales nucleares. (BOE núm. 147, de 21 de junio de 2005).~~
 - ~~• Resoluciones de 20 de octubre de 2009, de la Subsecretaría, por la que se publican los Acuerdos del Consejo de Ministros de 16 de octubre de 2009, por los que se aprueban los Planes Directores correspondientes a los Planes de Emergencia Nuclear Exteriores a las Centrales Nucleares. (Boletín Oficial del Estado de 10 de noviembre de 2009).~~
 - ~~• Plan de Emergencia Nuclear Exterior a las Centrales Nucleares de José Cabrera y Trillo (Guadalajara). Plan Director (PENGUA).~~
 - ~~• Plan de Emergencia Nuclear Exterior a las Centrales Nucleares de Ascó y Vandellós (Tarragona). Plan Director (PENTA).~~
 - ~~• Plan de Emergencia Nuclear Exterior a la Central Nuclear de Santa María de Garoña (Burgos). Plan Director (PENBU).~~
 - ~~• Plan de Emergencia Nuclear Exterior a la Central Nuclear de Cofrentes (Valencia). Plan Director (PENVA).~~
 - ~~• Plan de Emergencia Nuclear Exterior a la Central Nuclear de Almaraz (Cáceres). Plan Director (PENCA).~~
- #### 4.1.2. Riesgo químico
- a) Normativa CE
- ~~• Decisión de la Comisión de 2 de diciembre de 2008 por la que se establece, conforme a lo dispuesto en la Directiva 96/82/CE del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, el formulario de declaración de accidente grave.~~
 - ~~• DIRECTIVA 2012/18/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012 relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y por la que se modifica y, ulteriormente, deroga la Directiva 96/82/CE. Conocida como SEVESO III.~~
- b) Normativa española
- ~~• Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.~~
 - ~~• Real Decreto 119/2005, de 4 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.~~
 - ~~• Real Decreto 948 /2005, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.~~
 - ~~• Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz Básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas. (B.O.E nº 242, de 9 de octubre de 2003).~~
 - ~~• Real Decreto 1254-1999 de 16 de julio. (Texto refundido no oficial) por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.~~
 - ~~• Orden PRE/1206/2014, de 9 de julio, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1254/1999, de 16 de~~



~~julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.~~

- ~~Real Decreto 1070/2012, de 13 de julio, por el que se aprueba el Plan estatal de protección civil ante el riesgo químico.~~

1.1.3. RIESGO EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS PELIGROSAS

a) Normativa española

- ~~Real Decreto 1070/2012, de 13 de julio, por el que se aprueba el Plan estatal de protección civil ante el riesgo químico.~~
- ~~B.O.E nº 276, de 16 de noviembre de 2004. Orden INT/3716/2004, de 28 de octubre, por la que se publican las fichas de intervención para la actuación de los servicios operativos en situaciones de emergencia provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril.~~
- ~~ORDEN INT/3716/2004 de 28 de octubre, por la que se publican las fichas de intervención para la actuación de los servicios operativos en situaciones de emergencia provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril.~~
- ~~Real Decreto 387/1996, de 1 de marzo por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril. (B.O.E. de 22 de marzo de 1996).~~
- ~~ANEXO I: Modelo de Boletín de Notificación de Accidentes en los Transportes de Mercancías Peligrosas.~~
- ~~ANEXO II: Modelo de boletín estadístico de mercancías por accidentes en los transportes de mercancías peligrosas.~~
- ~~Resolución de 6 de octubre de 2011, de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, por la que se publica la nueva relación de números telefónicos a utilizar para la notificación de accidentes y otros datos de interés en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril.~~
- ~~ADR. Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.~~

b) ~~Planes especiales de emergencias específicos de cada comunidad autónoma. Ej.: Plan especial de protección civil ante el riesgo por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril de Castilla la Mancha (PETCAM)~~

2. CONCEPTOS BÁSICOS Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

SOLO LEER

El conocimiento de la materia a nivel microscópico y su comportamiento a nivel macroscópico permite valorar mejor las propiedades físicas y químicas más destacables de las sustancias químicas para poder valorar –atendiendo a sus características, el estado en el que se encuentra y la expansión

del siniestro–, la técnica de mitigación más adecuada a esa sustancia.

2.1. LA MATERIA

Todo lo que nos rodea –se pueda percibir o no–, es materia. Por ejemplo, el elemento más presente en el planeta (el agua) posee masa (a mayor masa, mayor peso) y posee volumen* (ocupa un espacio).



Imagen 1. Balanza

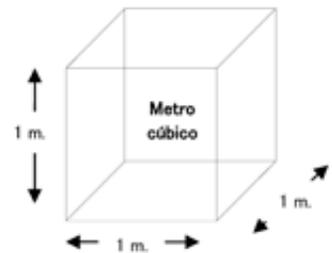


Imagen 2. Cubo métrico

Para conocer bien los elementos químicos y las sustancias es necesario comenzar desde sus componentes más pequeños.

2.1.1. ÁTOMOS E ISÓTOPOS

El átomo tiene masa y ocupa un volumen; sin embargo, es invisible al ojo humano (ni siquiera al microscopio). Es la parte más pequeña en la que se puede dividir un elemento químico sin que pierda sus propiedades. Esta es su composición:

- El **núcleo**: es el centro y la parte más pequeña del átomo; contiene **protones** (partículas con carga positiva) y **neutrones** (partículas sin carga eléctrica). Protones y neutrones tienen una masa.

Lo que distingue a unos elementos químicos de otros es el número de protones que tienen sus átomos en el núcleo. Este número se llama **número atómico** y se representa con la letra Z. Sumándolo al número de neutrones se obtiene el **número másico**, que indica así el número total de partículas que hay en el núcleo. Se representa con la letra A.

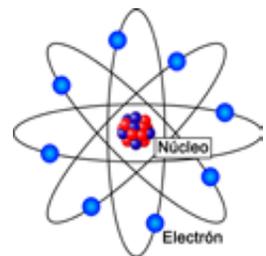


Imagen 3. Átomo

- La **corteza**: es la capa externa del átomo, posee **electrones** (partículas con carga negativa). Los electrones giran alrededor del núcleo; su masa es 2000 veces inferior a la de un protón y un neutrón.

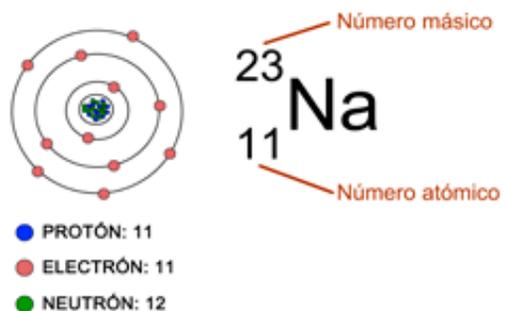


Imagen 4. Átomo de sodio

* Ver glosario

Si sobre sale un electrón el átomo pasa a tener carga negativa, de lo contrario pasa a tener carga positiva. Un átomo eléctricamente neutro tiene el mismo número de protones que de electrones. No todos los átomos son neutros, pero si la gran mayoría.

Todos los átomos de un elemento químico tienen el mismo número de protones, pero pueden diferenciarse en el número de neutrones. Los átomos que tienen el mismo número de protones y se diferencian en el número de neutrones se llaman **isótopos**. Por tanto, presentan el mismo número atómico (Z), pero diferente número másico (A).

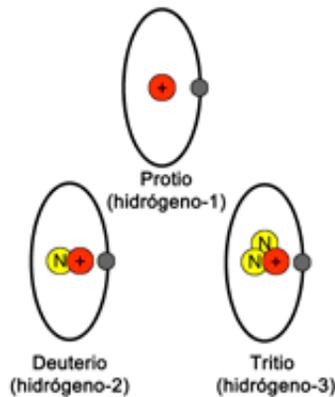


Imagen 5. Protio, deuterio y tritio

ISÓTOPOS DE HIDRÓGENO

${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$
Z = 1	Z = 1	Z = 1
A = 1	A = 2	A = 3
0 neutrón	1 neutrón	2 neutrones

Los átomos con algunos neutrones en exceso o defecto tienen núcleos inestables (no se mantienen cohesionados) y consecuentemente se desintegran emitiendo radiaciones.

2.1.2. MOLÉCULAS, ELEMENTOS Y COMPUESTOS QUÍMICOS

Las moléculas son grupos de átomos con las mismas propiedades físico-químicas. Existen moléculas de un solo tipo de átomo (el oxígeno o el ozono, por ejemplo), o de varios (H₂O).

Las sustancias poseen una composición concreta con propiedades físicas y químicas específicas y no se pueden descomponer por métodos físicos en otras más simples:

Elementos químicos: Poseen átomos de un solo tipo. Se representan con símbolos. Ej.: Oxígeno (O), Hidrógeno (H).

Compuestos químicos: Poseen átomos de diferentes tipos. Se representan mediante fórmulas químicas. Ej : H₂₀ o CO₂

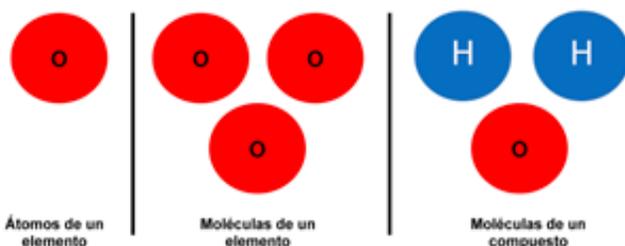


Imagen 6. Moléculas elementos

2.2. ESTADOS DE AGREGACIÓN. CAMBIOS DE ESTADO

La materia se presenta en tres estados o **formas de agregación**: sólido, líquido* y gaseoso. El estado de la materia variará dependiendo de las condiciones externas de presión (barométricas) o de temperatura (termométricas). Al respecto, para poder definir el estado natural de la materia y establecer comparaciones existen unos valores de referencia 20° de temperatura y una atmósfera de presión (presión atmosférica a nivel del mar). En estas condiciones el agua es líquida; el oxígeno, gaseoso y la madera, sólida.



La temperatura afecta a la energía de la materia, a su fuerza de cohesión y al movimiento de las moléculas. Aportando suficiente cantidad de energía la materia puede cambiar de estado (del líquido al gaseoso y del sólido al líquido).



Imagen 7. Estados de agregación

2.2.1. SÓLIDOS

Las partículas de los sólidos están unidas por grandes fuerzas de atracción, por lo que su forma y su volumen son constantes. Pero si la temperatura aumenta, sus partículas adquieren movimiento.

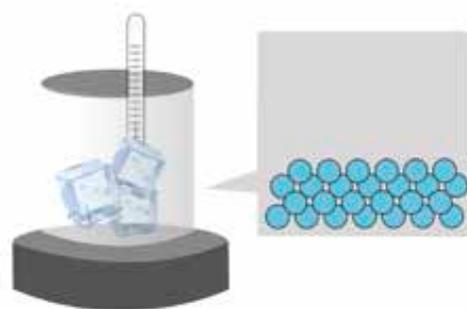


Imagen 8. Partículas, sólidos

En la imagen se puede ver un recipiente de cubitos de hielo a -10° C. En la esquina superior izquierda se ven las moléculas unidas.

2.2.2. LÍQUIDOS

Los líquidos poseen volumen constante, pero sus fuerzas de atracción son menores, por eso no tienen forma estable y sus moléculas se pueden adaptar a la forma del recipiente en el que se encuentran. Asimismo, si recibe energía y la temperatura aumenta, sus partículas adquieren aún mayor movimiento.

* Ver glosario

En la imagen se puede apreciar cómo el agua se adapta a un vaso: las fuerzas de atracción no mantienen las moléculas suficientemente cohesionadas. También se representa el cambio de estado producido por el movimiento de las moléculas al pasar de 40° C a 70° C.

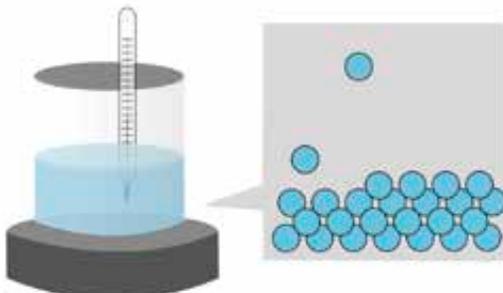


Imagen 9. Partículas, líquidos 40°C

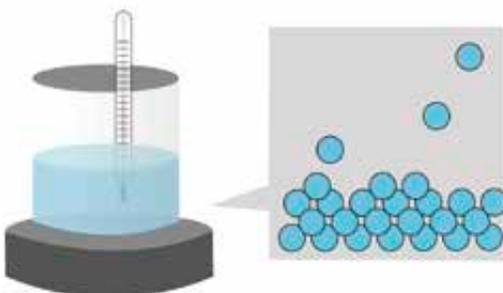


Imagen 10. Partículas, líquidos 70°C

2.2.3. GASES

La fuerza de atracción de las moléculas de los gases es muy pequeña, por eso sus moléculas se expanden y se mueven con libertad. Los gases tienen forma y volumen variable. Como en los anteriores estados, al aumentar la temperatura de sus moléculas, aumenta su movimiento y su separación.

En la imagen se representan los movimientos de las moléculas de agua al evaporarse debido al aumento de la temperatura.

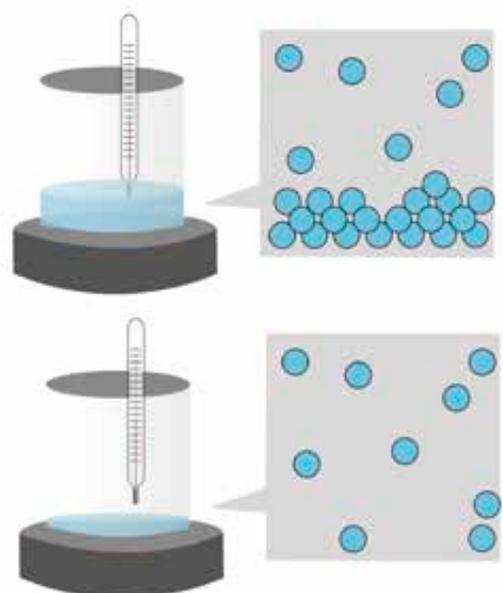


Imagen 11. Partículas, gases

Tabla 1. Los diferentes estados en relación a su volumen, forma y fuerzas predominantes

	Sólidos	Líquidos	Gases
Volumen	CONSTANTE	CONSTANTE	VARIABLE
Forma	CONSTANTE	VARIABLE	VARIABLE
Fuerzas Predominantes	ATRACCIÓN	ATRACCIÓN	REPULSIÓN

2.2.4. CAMBIOS DE ESTADO

A presión* constante, el cambio de estado tiene lugar a una misma temperatura específica para cada sustancia. Cede o toma calor de los elementos en contacto.



Imagen 12. Cambios en la materia

Cuando el cambio se produce al aportar energía se denominan **progresivos** (flechas rojas en la imagen). Y si son por enfriamiento, se llaman **regresivos** (flechas azules).

Los **cambios progresivos** son:

- **Fusión:** es la transformación de un sólido en líquido al absorber calor. La temperatura a la que la materia pasa de estado sólido a estado líquido (se funde) es el **punto de fusión**. El volumen, excepto en el caso del agua, del hierro y del bismuto, aumenta con la fusión.

La presión también puede producir cambios de estado. Incluso cabe añadir que:

- El punto de fusión de los sólidos que se dilatan al fundirse se eleva cuando aumenta la presión y disminuye cuando baja.
- El punto de fusión de los sólidos que se contraen al fundirse disminuye cuando aumenta la presión y se eleva cuando esta desciende.

Tabla 2. Punto de fusión y ebullición en sustancias comunes

Materia	Tª Fusión (°C)	Tª Ebullición (°C)
Agua	0	100
Alcohol	-117	78
Hierro	1535	3000
Gasolina	-193	130

- **Vaporización (o evaporación):** Es el paso de una sustancia desde el estado líquido al gaseoso. Es un proceso

* Ver glosario

paulatino. Si se aplica más calor, se produce la ebullición, esta vaporización afecta a toda la masa del líquido con formación de burbujas en su interior. Cada sustancia tiene una temperatura en la que inicia ese proceso, es el **punto de ebullición**.

Tabla 3. Punto de ebullición del agua a diferentes presiones (KPa) /altitudes sobre el nivel del mar

ALTITUD sobre mar (m)	PRESIÓN (KPa)	P. EBULLICIÓN (°C)
0	101	100
500	95	98
1000	89	96
2500	74	92

- En la tabla anterior se constata que según desciende la presión, lo hace también el punto de fusión del agua. Un ejemplo es el vapor de agua que se genera en una olla a presión. La presión aumenta y hace que el punto de ebullición del agua sea cada vez mayor (130° C).

Tabla 4. Diferencias entre Evaporación y Ebullición

	EVAPORACIÓN	EBULLICIÓN
¿A qué tª se produce?	Se produce a cualquier temperatura.	En el punto de ebullición
¿Dónde se produce?	En la superficie.	En todo el volumen.
¿Qué se observa?	El líquido no muestra cambio.	Burbujas en el interior.
Imagen		
	Imagen 13. Evaporación	Imagen 14. Ebullición

- Sublimación:** Es la transformación de un sólido en gas sin pasar por la fase intermedia (líquido). Es un fenómeno poco frecuente a la temperatura y presión ordinarias; por lo que, debido a las condiciones de bajas presiones y temperaturas a las que es posible esta transición, el fenómeno sólo es reproducible, para la mayor parte de las sustancias, en el laboratorio.



Imagen 15. Sublimación del hielo seco



El dióxido de carbono que se emplea como agente extintor sublima a la presión atmosférica. Un bloque de hielo seco de CO₂ se transforma de sólido a gas a temperatura ambiente. El agua puede sublimar pero a presiones muy bajas.

Los **procesos físicos regresivos** son:

- Solidificación:** es cuando la sustancia pasa del estado líquido al sólido. Se produce en el mismo punto de fusión pero de forma inversa, es decir, con cesión de calor. La disminución progresiva de la temperatura del líquido hace que las partículas tengan cada vez menos movimiento y formen estructuras cristalinas.



Imagen 16. Solidificación

- Condensación:** el paso del estado gaseoso al estado líquido se lleva a efecto invirtiendo las condiciones que permiten la vaporización, por disminución de la temperatura. Licuación* es ese mismo cambio de estado pero ocurre por aumento de presión. Hay gases (como los gases del petróleo) que se transportan licuados a muy baja temperatura y sometidos a presión.
- Sublimación regresiva:** Es el paso del estado gaseoso al sólido sin pasar por la fase líquida.



Imagen 17. Condensación



Si se descarga un extintor de dióxido de carbono sobre algún elemento sólido, el CO₂ adquiere forma de hielo. Se le conoce como nieve carbónica.



Imagen 18. Sublimación Regresiva

2.2.5. DIAGRAMA DE FASES

Salvo algunas excepciones, la materia puede existir en tres estados diferentes: sólido, líquido y gaseoso en dependencia de las condiciones de presión y temperatura en las que se encuentre. El diagrama que representa el tránsito entre estos estados, se conoce como **diagrama de fases**.



La información del diagrama de fases hace referencia a la temperatura y la presión. Si el punto de presión y temperatura en que está la sustancia se sitúa en alguna de las áreas (sólido, líquido o gas), ese será su estado en esas condiciones.

* Ver glosario

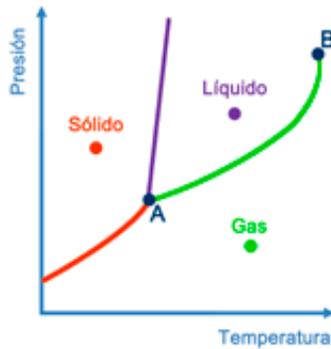


Imagen 19. Diagrama de fases

En el gráfico se señalan dos puntos destacados:

Punto triple (A): es aquel en el que las tres fases se equilibran. La materia está parcialmente sólida, parcialmente líquida y parcialmente gaseosa.

Punto crítico (B): indica el valor máximo de temperatura en el que pueden coexistir en equilibrio dos fases; líquido y gas. Gases a temperaturas por encima de la temperatura del punto crítico (T^a crítica) no pueden ser licuados por mucho que se aumente la presión. En otras palabras, por encima del punto crítico, la sustancia solo puede existir como gas.

Las curvas de separación de los estados indican que, en ese punto de presión y temperatura, dos fases se encuentran en equilibrio, coexisten.

En la imagen, la curva entre la fase líquida y la del vapor de agua señala la variación de la presión de vapor que tiene lugar con la temperatura. Lo mismo sucede con las otras dos curvas, ofrecen información de las condiciones para que exista equilibrio entre el hielo y el agua líquida, y entre el hielo y el vapor de agua.

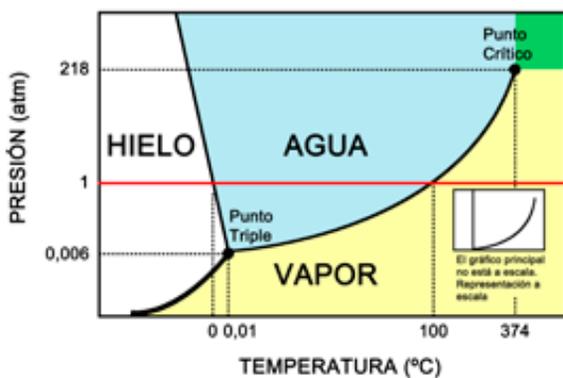


Imagen 20. Diagrama de fases del agua

Al estudiar el diagrama del agua en la imagen se puede apreciar que:

El color blanco indica el agua en estado sólido (hielo); el azul, el estado líquido y el color marrón claro indica el vapor de agua.

El punto de fusión es de 0° C.

El punto de ebullición se encuentra en los 100° C.

El punto de fusión se reduce a medida que aumenta la presión.

El punto de ebullición se incrementa según lo hace la presión.

El punto triple del agua se sitúa a 0,01° C y 0,06 atm de presión.

Se pueden apreciar las diferencias al comparar el diagrama del agua con el del dióxido de carbono.

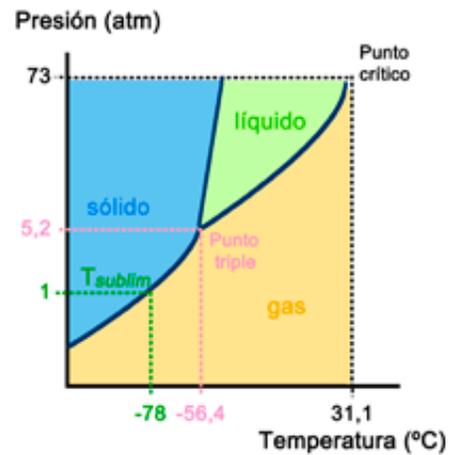
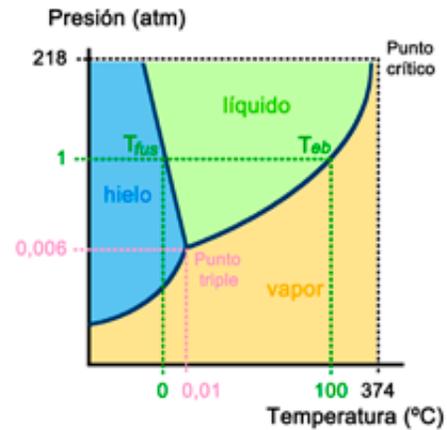


Imagen 21. Comparación de diagramas (agua dióxido de carbono)

Los datos se pueden comparar en la siguiente tabla:

Tabla 5. Diferencias entre temperaturas características del agua y dióxido de carbono

	AGUA		DIOXIDO DE CARBONO	
	PRESIÓN (atm)	Tª (°C)	PRESIÓN (atm)	Tª (°C)
FUSIÓN	1	0	N/A	N/A
EBULLICIÓN	1	100	N/A	N/A
SUBLIMACIÓN	N/A	N/A	1	- 78
PUNTO TRIPLE	0,06	0,01	5,2	-56,4
PUNTO CRÍTICO	218	374	73	31,1

La diferencia más importante entre las fases del dióxido de carbono y del agua se aprecian en la curva entre la fase sólida y líquida (negativa en el caso del agua es y positiva en el caso del dióxido de carbono). Esta es la razón de que el hielo flote sobre el agua. El CO₂ no funde, se sublima; al contrario que el agua, que recorre los tres estados en condiciones normales*.

2.3. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas son las que cambian la materia sin que se afecte a su composición, es decir, su identidad -las

* Ver glosario

moléculas- no resulta modificada. Por ejemplo, al congelar agua, cambia su forma, estado y densidad* pero sus átomos no se alteran.

2.3.1. DENSIDAD. DENSIDAD RELATIVA*

De uno a otro, los cuerpos varían en masa y en volumen. Definiendo la densidad como la cantidad de masa contenida en un volumen de espacio, se explica por qué una caja de madera pesa menos que una de cartón del mismo tamaño. La densidad depende del tipo de materia y es la razón por la que dos cuerpos de diferentes sustancias pueden ocupar el mismo volumen, pero tener diferente masa o al revés

La densidad se representa con el símbolo ρ . Es una magnitud escalar que mide la cantidad de masa de una sustancia, para un determinado volumen. Se expresa en unidades de masa divididas por unidades de volumen.

$$\rho = \frac{m}{V}$$



La densidad del hierro es de 8700 kg/m^3 , la del agua es de 1000 kg/m^3 y la del oro es de 19300 kg/m^3 . También se puede expresar en g/cm^3 .

En los sólidos la densidad es “constante”, pero en los líquidos, y especialmente en los gases, varía en función de las condiciones en que se mida. Por esta razón se especifica la temperatura a la que el valor hace referencia. En los gases se debe indicar además la presión. Estas son las leyes que los estudian:

a) Ley de Boyle-Mariotte:

Si la temperatura no varía, el volumen de un gas en un recipiente se altera de forma inversamente a la presión (si la presión aumenta, el volumen disminuye, y al revés).

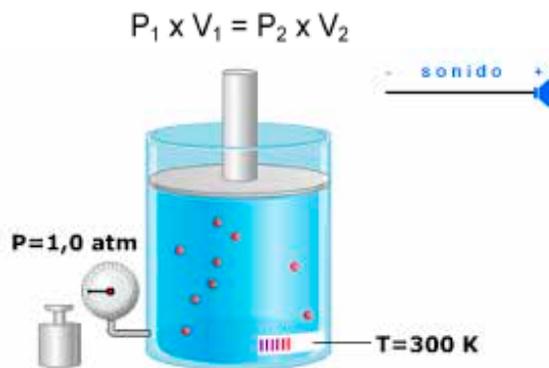


Imagen 22. Ley de Boyle-Mariotte

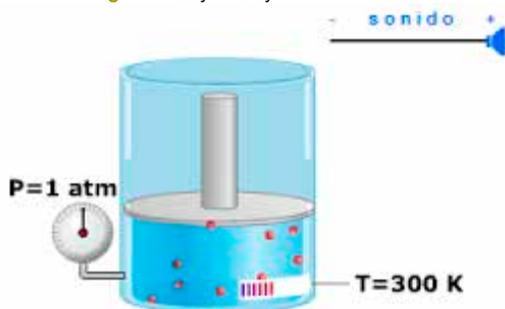


Imagen 23A. Ley de Charles

b) Ley de Charles:

El volumen es directamente proporcional a la temperatura del gas:

- Si la temperatura del gas disminuye, el volumen disminuye.
- Si la temperatura aumenta, el volumen del gas aumenta.

$$T_1 \times V_1 = T_2 \times V_2$$

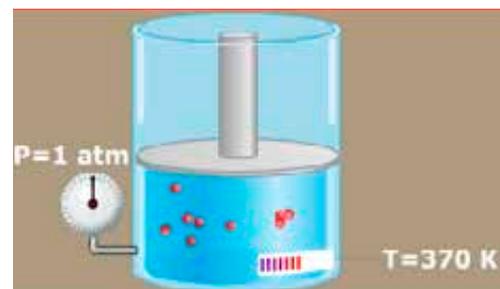
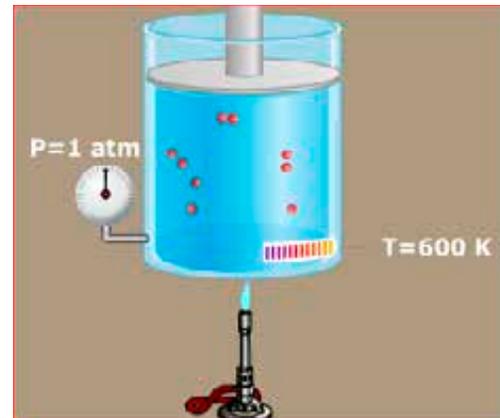


Imagen 23B. Ley de Charles

c) Ley de Gay-Lussac

Cuando la cantidad de gas y el volumen no varían, la presión se incrementa al aumentar la temperatura. Un incremento de temperatura aumenta la velocidad de las partículas y por consiguiente, la frecuencia e intensidad de sus impactos contra las paredes. Matemáticamente, la segunda ley de Gay-Lussac establece que la presión (P) de un volumen fijo de gas es directamente proporcional a su temperatura.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

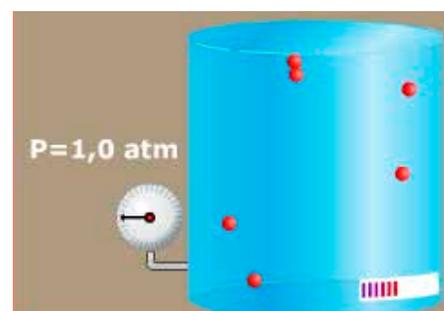


Imagen 24. Ley de Gay Lussac

* Ver glosario

**d) Ecuación general de los gases**

Gay - Lussac reunió la ley de Boye Mariotte (a temperatura constante) y las dos leyes de Gay Lussac (a presión constante y a velocidad constante) y enunció la ecuación general de los gases. Relaciona presión, volumen y temperatura de un gas. Esta ecuación general de los gases ideales engloba las tres leyes anteriores en una única ecuación:

$$\frac{P \times V}{T} = \text{constante} \Rightarrow \frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$



Esto implica que en caso de siniestro, la densidad de las mercancías peligrosas no depende tanto del tamaño, como de la presión y temperatura a la que se encuentre almacenada. Es muy importante considerar este aspecto, especialmente en los incidentes de vertidos de productos líquidos o de fugas de gases.

e) Densidad relativa

La densidad se expresa en g/cm³ o kg/m³. Lo que más interesa conocer es, tratándose de un líquido, si su densidad es superior a la del agua o, tratándose de un gas, si su densidad es superior a la del aire atmosférico. La densidad relativa de una sustancia es la relación entre su densidad y la de una sustancia de referencia. Es, pues, una magnitud adimensional (sin unidades).

Donde:

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0}$$

ρ_r = densidad relativa,
 ρ = densidad de la sustancia
 ρ_0 = densidad de referencia o absoluta.

La densidad de referencia normal para los líquidos y los sólidos es la del agua líquida a una presión de 1 atm y a una temperatura de 4°C. En tales condiciones, la densidad absoluta del agua destilada es de 1.000 kg/m³, o sea, 1 kg/dm³. En el estado gaseoso la densidad de referencia es la del aire a la presión de 1 atm con una temperatura de 0° C.



La densidad relativa del alcohol respecto al agua es de 0,78, por lo que flota. Eso implica que si se arroja agua tendrá lugar una mayor propagación. Y, sin embargo, si el alcohol se encuentra evaporado, se fijará en la zona inferior de los recintos en los que tenga lugar la fuga, ya que su densidad relativa es de 1,60, superior al 1 del aire. En un vertido de gasolina el agua se desplaza sobre esta, pero los vapores son cuatro veces más densos que el aire, por lo que se quedarán en el suelo sin dispersarse.

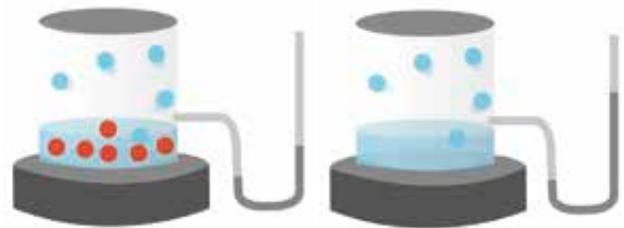
Tabla 6. Densidades relativas según estado de agregación

SUSTANCIA	DENSIDAD RELATIVA LÍQUIDO	DENSIDAD RELATIVA GAS
ALCOHOL	0,78	1,60
GASOLINA	0,8	4,00
HIDROGENO	0,07	0,07
GNC	0,46	0,55

Capas superiores. Flota. Capas inferiores. Se hunde.

2.3.2. PRESIÓN DE VAPOR

La evaporación consiste en el paso del estado líquido al gaseoso de forma progresiva. Si se aumenta el calor aplicado al líquido, este cede cada vez más moléculas al estado gaseoso. La **presión de vapor** o **presión de saturación** es la presión a la que, a cada temperatura, las fases líquida y gaseosa se encuentran equilibradas; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor mientras ambas estén presentes (mientras quede líquido o vapor). Cuando se encuentran en equilibrio, las fases se denominan líquido saturado y vapor saturado.

**Imagen 25.** Presión de vapor

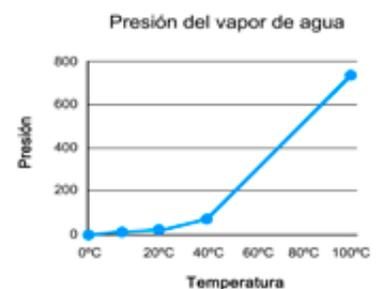
Todos líquidos generan vapor formado por átomos o moléculas que se evaporan de su superficie. Las moléculas que escapan no se pueden dispersar si la sustancia (sólida o líquida) está en un recipiente cerrado, sino que se acumulan en el espacio que queda libre. Se establece un equilibrio dinámico entre los átomos y las moléculas que se evaporan y las que regresan a la sustancia. La presión que corresponde a este equilibrio es la presión de vapor y depende exclusivamente de la naturaleza de la sustancia (líquida o sólida) y de la temperatura. El agua no hierve a presión atmosférica y temperatura ambiente, pero cuando se calienta a 100° C sí se da este fenómeno. La razón es que la presión de vapor del agua a 100° C se corresponde con la presión atmosférica.

En la tabla se refleja el incremento de la presión de vapor del agua al aumentar la temperatura. Al lado se muestra el gráfico que muestra el incremento exponencial de la presión de vapor en relación con la temperatura.

Tabla 7. Presión de vapor del agua en función de la temperatura

Temperatura °C	Presión de vapor Mm Hg	Presión de vapor Pa
0	4,41	588.3
10	8,82	1 176.4
20	18,35	2 447.3
40	55,50	7 400.1
100	731,26	97 494.5

Al aumentar la presión de vapor de un líquido hasta una temperatura concreta, se incrementa la volatilidad y disminuye la temperatura de ebullición. Los líquidos volátiles poseen una presión de vapor superior a la de los menos volátiles.

**Imagen 26.** Presión de vapor de agua



Diferencia entre el gasoil y la gasolina. Si se deja una garrafa de gasolina abierta en verano y otra de gasoil, la gasolina se evapora mucho más rápidamente; es mucho más volátil. Dado que la gasolina tiene una presión de vapor más alta que el gasoil, ejercería mayor presión si el recipiente estuviese cerrado. Como se ha observado, la presión de vapor se incrementa cuando la temperatura se eleva, por eso existen notables diferencias entre lo que ocurre en verano y en invierno con los mismos recipientes y las mismas sustancias.

Tabla 8. Ejemplos de presión de vapor de distintas sustancias

SUSTANCIA	PRESIÓN VAPOR (MM HG)
GASÓLEOS	3
ALCOHOL ETÍLICO	43
GASOLINA	171

2.3.3. SOLUBILIDAD

La solubilidad es una propiedad física que expresa la capacidad de una sustancia para diluirse en otra. Se ve afectada por la temperatura, la presión y la naturaleza del soluto y disolvente (disolvente = agua; soluto = sal). Sin embargo, se debe tener en consideración que la solubilidad de los gases presenta un comportamiento diferente de la que poseen los sólidos:

Los sólidos incrementan su solubilidad al subir la temperatura. La solubilidad de los gases merma al aumentar la temperatura.

Como la temperatura, también la presión tiene una fuerte influencia sobre el gas. Su solubilidad en un líquido es proporcional a la presión del gas sobre dicha disolución. Las sustancias son solubles en medios que posean polaridad semejante, es una propiedad de las moléculas que implica la separación de las cargas eléctricas. No todas las sustancias se disuelven en el agua, por ejemplo, el aceite no se disuelve, ya que es una sustancia apolar y el agua es polar.

En el agua solo se disuelven compuestos polares, como el azúcar o el etanol, pero no la gasolina, por ejemplo. El **disolvente polar de referencia** es el **agua**, por lo que se dice que las sustancias polares son **hidrosolubles** o **hidrófilas**. A las no polares se les denomina **hidrófobas**.

La solubilidad de una sustancia se cifra en el porcentaje de soluto respecto al porcentaje del disolvente. En la tabla se expresa la relación en gramos de la sustancia implicada por cada 100 gramos de agua.

Tabla 9. Clasificación según la solubilidad

GRUPO	%	g sustancia / 100 g agua	EJEMPLOS
MUY SOLUBLE	10<99	51	amoniaco
MED. SOLUBLE	1<10	3,15	butano
POCO SOLUBLE	0<1	0,70	cloro

2.3.4. VISCOSIDAD

La viscosidad es la resistencia de un gas o líquido a fluir. La medida común métrica de la viscosidad absoluta es el *Poise*, mide la fuerza que se precisa para desplazar un centímetro cuadrado de área sobre una superficie paralela a una velocidad de un centímetro por segundo, con las superficies lubricadas por una capa de un centímetro de espesor.

La viscosidad varía de forma inversamente proporcional a la temperatura. Su valor no resulta útil si no se ofrece relacionado con la temperatura.

Tabla 10. Viscosidad de distintas sustancias

SUSTANCIA	Viscosidad [Pa·s]	Viscosidad [cP=mPa·s]
ACETONA	$3,06 \times 10^{-4}$	0,306
AGUA	$8,94 \times 10^{-4}$	0,894
MERCURIO	$1,526 \times 10^{-3}$	1,526



Si el líquido es muy viscoso, se extiende con dificultad, por lo que en caso de vertido se controlará más fácilmente ya que tarda más tiempo en propagarse. Si es menos viscoso se propaga con más facilidad y es más difícil contener el derrame.

2.3.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Es la capacidad de una sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica. La conductividad se relaciona con la estructura atómica y molecular del material. También influye la temperatura.

La conductividad es diferente en los tres estados de la materia. La conductividad en líquidos (disoluciones) se debe a la presencia de sales en dicho líquido. Por eso el agua desionizada no es conductora; el agua potable el algo conductora, y el agua marina mucho más.

Tabla 11. Conductividad de distintas materias

MATERIA	CONDUCTIVIDAD (S·m ⁻¹)
AGUA DESIONIZADA	$5,5 \times 10^{-6}$
AGUA POTABLE	0,0005 a 0,05
AGUA DE MAR	5
VIDRIO (aislante)	10^{-10} a 10^{-14}
COBRE (buen conductor)	$5,96 \times 10^7$

La **resistividad** es lo contrario a la conductividad. Así, la resistencia eléctrica de un material es una medida de su oposición al paso de corriente eléctrica. Si una sustancia peligrosa es mala conductora no dejará circular la corriente eléctrica y acumulará carga eléctrica en forma de electricidad estática. Las descargas electrostáticas pueden ser muy peligrosas si se está tratando con sustancias combustibles*, inflamables o explosivos. Una simple chispa es capaz de provocar la ignición de mezclas explosivas con consecuencias devastadoras.

La **electricidad estática** es un fenómeno que se produce cuando la superficie de dos o más cuerpos entra en contacto y se vuelve a separar. Este roce provoca la transferencia de electrones negativos de un átomo a otro. La fuerza de la carga electrostática depende de muy variados factores: el material y sus propiedades físicas y eléctricas, la temperatura, la humedad, la presión y la velocidad de separación de las dos superficies. A mayor presión o velocidad, mayor es la carga.



La baja humedad invernal aumenta la carga electrostática. Cuando la humedad relativa es elevada, algunos materiales son capaces de absorberla y su superficie se vuelve semiconductor, por lo que la carga puede llegar incluso a desaparecer. Cuando los materiales se friccionan pasan de tener carga positiva a negativa.

* Ver glosario

que hace sus soluciones muy ácidas, de modo que pueden ser considerados como ácidos fuertes. Los ácidos fuertes son los que poseen un pH de entre cero y tres. Algunos ejemplos son el ácido clorhídrico (HCl), el ácido perclórico (HClO₄), o el ácido sulfúrico (H₂SO₄). Los ácidos que producen pocos iones H⁺ se consideran ácidos débiles. Tienen un índice pH entre 5 y 7.



No se deben confundir ácido fuerte y ácido concentrado. Un ácido concentrado es aquel que posee su «máxima concentración» en agua, esto es, que se encuentra prácticamente en estado puro, sin apenas disolver en agua.

b) Bases

Ácido y base son conceptos contrarios. Las bases son sustancias que aportan iones OH⁻ en una solución líquida. Pueden existir bases **fuertes** y **débiles**. Las bases fuertes se disocian casi totalmente en agua, pero liberan hidróxido (OH⁻) en lugar de los iones H⁺. Las bases fuertes tienen valores de pH situados entre 12 y 14. Una base débil tiene un entre 8 y 11.



- Bases fuertes: la sosa cáustica o hidróxido de sodio (NaOH), la lejía o el hidróxido de potasio (KOH).
- Bases débiles: el amoníaco (NH₃) y la metilamina (CH₃NH₂).

Las bases fuertes generan iones hidróxido cuando se disocian y las bases débiles liberan iones hidróxido cuando reaccionan con el agua.

Tabla 12. Clasificación de materias según pH

Tipo Materia	Características Generales	Papel Tornasol	pH
Ácido Sustancia que puede ceder o donar un protón (H ⁺)	Sabor agrio Irrita la piel Disuelven metales Neutralizan bases	Cambia de azul a rojo 	De 1-6
Base Sustancia que puede aceptar un protón (H ⁺) de un ácido.	Sabor amargo Deslizantes al tacto Cáusticas a la piel Neutralizan ácidos	Cambia de rojo a azul 	De 8-14

2.4.2. INFLAMABILIDAD

La inflamabilidad de las sustancias se puede estudiar desde tres puntos de vista:

- El rango de inflamabilidad
- El punto de inflamación de las arterias
- La Mínima Energía de Activación.

a) Rango de inflamabilidad

Está indicado por las concentraciones máximas y mínimas de las sustancias mezcladas con el aire. Se expresan en el porcentaje de mezcla del vapor del combustible con el aire.



El Límite Inferior de Inflamabilidad es la concentración mínima necesaria para que tenga lugar la inflamación de la mezcla. Por debajo de ese límite la mezcla no se inflama. El Límite Superior de Inflamabilidad (LSI) indica la concentración máxima de vapor del combustible que es necesaria para producir el fuego. Si se supera ese límite ya no hay suficiente aire para quemar tal cantidad de combustible.

Tabla 13. Límites de inflamabilidad

SUSTANCIA	LII* (%)	LSI (%)
Butano	1,8	8,4
Gasolina	1,4	7,6
Hidrógeno	4,1	75,6

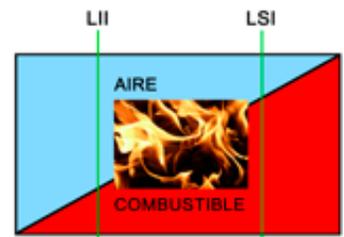


Imagen 31. Rango de inflamabilidad

El límite inferior de inflamabilidad (LII) de la gasolina 1,4%, implica que si el vapor de gasolina no supera el 1,4% sobre el 100%, la concentración no es inflamable.



Teniendo en cuenta los límites inferior y superior de inflamabilidad se puede conocer el riesgo de inflamación de la mezcla aire-combustible; así, el hidrógeno resulta más peligroso, tiene más posibilidades de inflamarse debido a que su rango de inflamabilidad es mayor que el de la gasolina.

Una fuga de un gas inflamable* se encuentra fuera de rango cerca de orificio de salida, pero según se combina con el aire atmosférico entra en rango. Si toca una fuente de energía, el escape puede inflamarse. Si se aleja lo suficiente pasará a encontrarse por debajo del Límite inferior de inflamabilidad y ya no prenderá.

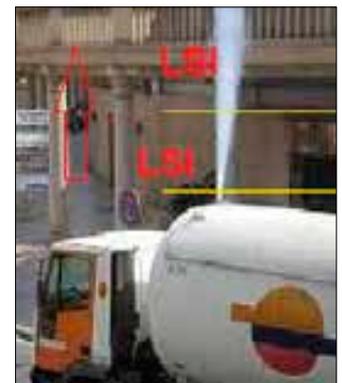


Imagen 32. Fuga de gas

b) Punto de inflamación

El punto de inflamación es "la temperatura inferior de un líquido en la que sus vapores pueden formar una mezcla combustible con el aire*."

Los líquidos inflamables se clasifican en función de su punto de ebullición y de inflamación. El grado de peligrosidad de los productos combustibles e inflamables afecta directamente a su transporte y almacenamiento. Asimismo, atañe al tratamiento que los bomberos deben aplicar a la hora de intervenir. Se puede distinguir entre líquido combustible e inflamable, esta clasificación depende de su punto de inflamación o destello. Según la Instrucción Técnica Complementaria sobre

* Ver glosario

el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles se definen así:

- Líquido **combustible** es el que tiene un punto de inflamación igual o superior a 38 ° C.
- Líquido **inflamable** es el que tiene un punto de inflamación inferior a 38 ° C.



Según este criterio, el peligro es mayor cuando a temperatura ambiente se puede generar suficiente cantidad de vapores para arder (inflamables). La peligrosidad es menor si a temperatura ambiente no se desprende esa cantidad mínima necesaria (combustibles).

c) Energía mínima de ignición (EMI o MIE)

Este parámetro mide la energía mínima imprescindible para generar la combustión de una mezcla inflamable, varía en función de la concentración de combustible en el aire. Los valores superiores de la energía mínima de ignición están próximos a la concentración estequiométrica y se cifran alrededor de 0,25 mJ en el caso del butano a 1 atmósfera de presión (nivel del mar). El hidrógeno posee un valor inferior, 0,017 mJ.

Tanto la concentración de oxígeno como la presión influyen en la energía mínima de ignición (E.M.I.) de mezclas de vapores o gases combustibles. Si el oxígeno aumenta, se reduce enormemente. Con una presión de 1 atmósfera (101,325 kPa) la menor Energía Mínima de Ignición de 0,26 mJ en aire, se reduce 0,002 mJ en oxígeno.

Este parámetro indica que es más fácil la ignición del butano que la del gas natural, ya que el primero tiene 0,25 mJ, y el gas natural comprimido o licuado tiene 0,28 mJ.



Para evitar que se produzca esta MIE, resulta vital evitar las cargas electrostáticas, que aunque no sean capaces de elevar la temperatura, sí pueden generar la ignición.

2.4.3. TOXICOLOGÍA

La toxicología es la disciplina que se encarga de identificar y cuantificar los efectos nocivos que se asocian a la exposición a agentes físicos, sustancias químicas y otras incidencias. El nivel de riesgo potencial de una sustancia se puede expresar a través de la siguiente ecuación:

Exposición + Toxicidad = Riesgo para la salud

La **exposición** hace referencia a dos factores: el lapso de tiempo durante el que la persona está expuesta al agente de riesgo y a la concentración de dicha sustancia. La **toxicidad** es un factor inherente a cada producto y que mide su capacidad de producir daños inmediatos o acumulativos en un ser vivo.

La **acción tóxica** de cada sustancia está en función de sus características, de las condiciones reinantes y de la forma de entrada en el organismo (y de la condición y resistencia de la persona). Una sustancia puede resultar inocua, por ejemplo, si se ingiere vía digestiva y, sin embargo, ser muy peligrosa si se inhala. Una misma sustancia tomada en dosis pequeñas

puede no tener efecto alguno, si se aumenta puede resultar beneficiosa o curativa (dosis terapéutica) y si se incrementa demasiado puede resultar mortal (dosis letal). Tampoco es lo mismo tomar solo una dosis que hacerlo de forma continuada. Además, los efectos pueden diferir entre personas y, en una misma persona, entre situaciones.

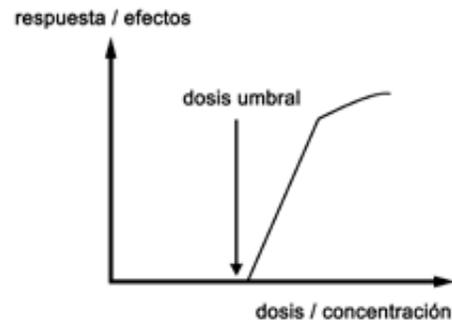


Imagen 33. Relación dosis - efecto

La **relación dosis-efecto** es el vínculo entre la dosis ingerida y el efecto que produce a nivel individual. Si se incrementa la dosis, se puede incrementar la gravedad de un efecto. La relación dosis-efecto puede concernir a todo el organismo o a una parte.

Una **dosis** es la cantidad de sustancia que afecta al organismo. Puede expresarse de dos formas distintas:

- Dosis de **exposición** es la concentración en el aire del contaminante que se inhala durante un intervalo de tiempo.
- Dosis **absorbida** o retenida es la cantidad presente en el cuerpo en un momento concreto, ya sea durante la exposición o posteriormente.

El **umbral** de dosis es el nivel de la dosis por debajo del cual ya no existe ningún efecto apreciable. Efectos agudos son aquellos que tienen lugar después de una exposición limitada y poco tiempo después de la exposición (horas, días). Pueden ser reversibles o irreversibles. No se tienen en consideración los posibles efectos crónicos que se pueden producir después de una exposición prolongada (meses, años, decenios) y/o continúan incluso después de que la exposición haya terminado.

Los siguientes conceptos son importantes y guardan relación con los valores de exposición y concentración:

- **Dosis letal (DL50)** es la dosis que causa una mortalidad del 50% en una población animal. La DL50 se ha considerado como una forma de determinar la toxicidad aguda de las sustancias químicas. Si aumenta la DL50, descende el grado de toxicidad aguda. Una sustancia química muy tóxica (con una DL50 baja) se considera potente.
- **Dosis efectiva (DE50)** es la dosis que genera un efecto específico en el 50% de los animales, pero que no causa su muerte.
- **NOEL (NOAEL)** (Nivel de Efecto No Observado, Nivel de Efecto Adverso No Observado) es el nivel en el que no se aprecia ningún efecto adverso, o dosis más elevada de una sustancia que no ha mostrado tener efectos perjudiciales. Para establecer un NOEL se precisan

numerosas dosis y una población amplia de muestreo y datos complementarios, para asegurarse de que la ausencia de respuesta es estadísticamente significativa.

- **LOAEL** es la dosis mínima que se necesita para que se produzca algún tipo de efecto.
- **Concentración Letal 50 (CL50)** es la concentración inhalada de una sustancia que puede producir la muerte del 50% de los individuos de una muestra, en un lapso de tiempo (como referencia una hora). Se expresa en partes por millón (PPM) cuando se refiere a gases y vapores, o en miligramos por metro cúbico (mg/mt³) si se trata de polvos
- **Partes por Millón (PPM)** es la unidad de medida utilizada para establecer el grado de concentración de un elemento. Hace referencia a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc.) que se detectan por cada millón de unidades del conjunto. Es un concepto semejante al de porcentaje, pero toma como base de cálculo el millón. Se puede tomar la siguiente equivalencia: **10.000 ppm = 1%**.
- Esta unidad de medida de concentración se usa para valores muy bajos, por ejemplo, elementos contaminantes en agua o en el aire, disoluciones con concentraciones muy bajas o la cantidad de partículas de polvo en un ambiente, entre otros.
- **Dosis máxima tolerada (DMT)** es la dosis o nivel de exposición más elevado que, aun produciendo toxicidad, no llega a afectar de forma importante la supervivencia.

La legislación comunitaria sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias químicas y preparados peligrosos (no es de aplicación a las sustancias en tránsito ni al transporte de las mismas) realiza la siguiente clasificación en función de sus propiedades toxicológicas:

- **MUY TÓXICOS**, cuando por inhalación, ingestión o penetración cutánea, en cantidades muy pequeñas, pueden producir efectos agudos, crónicos o incluso la muerte.
- **TÓXICOS**, cuando por tales vías de entrada, en cantidades pequeñas, pueden causar efectos agudos, crónicos, o incluso la muerte.
- **NOCIVOS**, si por las mismas vías de entrada, en cantidades no pequeñas, pueden producir efectos agudos, crónicos, o incluso la muerte
- **CORROSIVOS** son aquellos que, cuando entran en contacto con tejidos vivos, pueden producir una acción destructiva contra ellos.
- **IRRITANTES** son los que no resultan corrosivos si el contacto es breve, pero que si se prolonga o repite contra la piel o las mucosas pueden ser la causa de una reacción inflamatoria.
- **SENSIBILIZANTES** son los que por inhalación o penetración cutánea, puedan causar una reacción de hipersensibilidad, de tal manera que una exposición posterior produzca efectos negativos característicos.

En función de los efectos específicos sobre la salud humana:

- **CARCINOGENICOS**, o también cancerígenos, son los que cuando por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden producir cáncer o incrementar su frecuencia.

- **MUTAGÉNICOS** son los que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden generar alteraciones de tipo genético hereditario o pueden incrementar su frecuencia.
- **TÓXICOS PARA LA REPRODUCCIÓN** son aquellos que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden producir efectos negativos que la descendencia no hereda, pero que deterioran la función o capacidad reproductora tanto masculina como femenina.

Por sus efectos sobre el medio ambiente:

Las sustancias peligrosas para el medio ambiente son aquellas que, en caso de contacto con el medio ambiente, pueden suponer un peligro inmediato o futuro para uno o más de sus componentes.

Las fichas de seguridad y los detectores de gases* emplean la normativa americana, sus referencias del nivel de toxicidad se rigen por otras normas:

Normativa sueca aplica los límites de exposición por dos tipos de valores:

- **Level Limit Value (LLV)**. Promedio de la concentración máxima durante un día completo de trabajo.
- **Ceiling Limit Value (CLV)**. Promedio de la concentración máxima durante periodos de 15 minutos u otro periodo corto de tiempo que se cifre.

Normativa americana

- **TLV/STEL**: límites de concentración que permite realizar trabajos con una duración no superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Y en los que debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas. Para las sustancias sobre las que aún no se ha logrado determinar el TLV/STEL, recomiendan aplicar este límite 3 veces para intervalos de trabajo de media hora al día.
- **TLV/C**: hace referencia a aquella concentración que no debería ser sobrepasada en ningún instante, si no se utiliza un equipo de protección personal. Una exposición rápida en forma muy esporádica justo en el límite TLV/C no llega a producir daños a la persona. Hay algunas sustancias a las que el organismo responsable de fijar estos límites no ha conseguido todavía determinar el TLV/C y, cuando se da este caso, recomiendan aplicar 5 veces el TLV/TWA.
- **IPVS o IDLH**: es el nivel de concentraciones que representan un peligro inmediato para la vida o la salud. Si se alcanza ese límite aunque sea solo durante unos instantes de exposición, puede suponer la muerte o causar un daño irreversible. Hay algunas sustancias a las que el organismo responsable de fijar estos límites no ha conseguido todavía determinar el IDLH y, cuando se da este caso, recomiendan aplicar 10 veces el valor TLV/TWA. En España este se conoce como el IPVS y se utiliza en los detectores de gases.

En la imagen se representan los valores límite del dióxido de carbono que resultan peligrosos para el ser humano. El aire que se respira normalmente tiene un porcentaje promedio de CO₂ de solamente un 0,04%. Cuando se alcanza un

* Ver glosario



contenido de un 1,5% de CO2 aumenta la frecuencia cardiaca. Si se llega al 4% de CO2, ya existe un peligro inmediato para la salud y la vida (IDLH o IPVS).

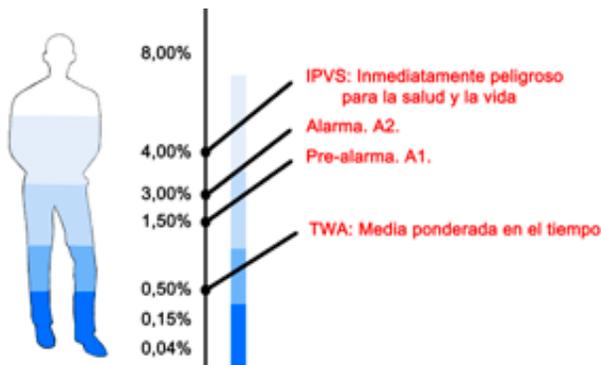


Imagen 34. Valores de CO2

2.4.4. OTRAS REACCIONES

Reactividad

La reactividad química de los elementos sirve para determinar si existe la posibilidad de que se puedan producir reacciones entre ellos. La tabla periódica de abajo indica que la reactividad se incrementa desde la línea que divide a los Metales de los No Metales; en el caso de los metales de derecha a izquierda y de arriba abajo; la de los No Metales crece de izquierda a derecha y de abajo arriba.

Se relaciona el número de electrones y su posición con respecto al núcleo del átomo. Si la órbita más alejada del núcleo posee una cantidad par de electrones, el elemento será estable, pero si posee una cantidad impar será reactivo, ya que los electrones intentarán saltar hacia la órbita de otro átomo.



Imagen 35. Reactividad de los elementos



Es frecuente que se aprecien indicios físicos que advierten de que se está produciendo una reacción. Entre los más comunes, se encuentran el cambio de color, la formación de un sólido o burbujas, desprendimiento o absorción de calor (reacción endotérmica) o incluso generación de llamas.

ESTUDIAR A PARTIR DE AQUÍ

3. SUSTANCIAS QUÍMICAS, RESIDUOS TÓXICOS Y MERCANCÍAS PELIGROSAS

En la actualidad existen en el mundo *más de nueve millones* de sustancias químicas distintas. Son sustancias que poseen una composición química que no varía sus propiedades, independientemente de su cantidad o tamaño. Si una sustancia está formada únicamente por un elemento químico se llama sustancia **simple**. Si está compuesta por varios, se denomina sustancia **compuesta** (ej.: la sal disuelta en agua).

Existen importantes diferencias entre sustancias peligrosas, mercancías peligrosas o residuos tóxicos peligrosos. Esta diferenciación afecta tanto a las consecuencias generadas en caso de accidente como a las diferencias de normativa en medidas de seguridad e identificación de este tipo de sustancias.

En el ámbito de la Unión Europea, con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n° 1907/2006, las **sustancias peligrosas**, también llamadas **materias peligrosas**, son "aquellos elementos o compuestos químicos nocivos o perjudiciales que, durante su fabricación, almacenamiento, transporte o uso, pueden generar o desprender humos, gases, vapores, polvos o fibras de naturaleza explosiva, inflamable, tóxica, infecciosa, radiactiva, corrosiva o irritante en cantidades que tengan probabilidad de causar lesiones y daños a las personas, al medio ambiente o a otros materiales". Su número asciende a más de 13.000.

Por **mercancías peligrosas** se entienden aquellas sustancias peligrosas que son transportadas de un punto a otro cuyo traslado está regulado por los diversos acuerdos o reglamentos internacionales. Esta normativa indica las mercancías peligrosas cuyo transporte internacional queda excluido (caso de municiones tóxicas) y las mercancías peligrosas cuyo transporte internacional está autorizado bajo unos estrictos requisitos y condiciones de obligado cumplimiento.

Tabla 14. Estándares internacionales vigentes para el transporte de MM.PP.

NORMATIVA	MEDIO DE TRANSPORTE
ADR*	CARRETERA
RID*	FERROCARRIL
ADN*	NAVEGACIÓN INTERIOR
IATA-OACI*	AVIACIÓN
IMO-IMDG*	MARÍTIMA

En función de las disposiciones del ADR, se clasifican e incluyen casi **3000** sustancias que se catalogan como Mercancías Peligrosas. Sin embargo, se mueven unas **17000** sustancias químicas de diferentes características y grado de peligrosidad.

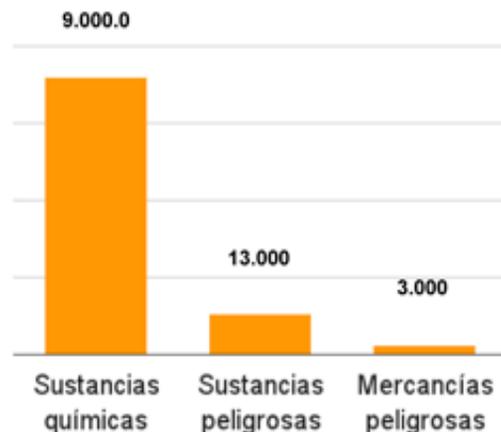


Imagen 36. Datos de Confederación Española de Transporte de Mercancías (CETM)

dad. Así, la cantidad de sustancias químicas supera con creces a las materias peligrosas y, aún en mayor medida, a las mercancías peligrosas.

3.1. RESIDUOS TÓXICOS PELIGROSOS

En España los **residuos tóxicos y peligrosos** (RTP) también se encuentran regulados. La Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos y reglamentos posteriores ofrece la siguiente definición: "los materiales sólidos, pastosos, líquidos, así como los gaseosos contenidos en recipientes, que, siendo el resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor destine al abandono y contengan en su composición alguna de las sustancias y materias que figuran en el anexo de la presente Ley en cantidades o concentraciones tales que representen un riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente".

Los residuos tóxicos y peligrosos se identifican con arreglo a un conjunto de códigos cuya finalidad es hacerlos fácilmente reconocibles. Para ello se debe atender a la información que muestra su **etiqueta**, expuesta de forma clara, legible e indeleble en al menos una lengua oficial del estado. Las dimensiones mínimas de dicha etiqueta deben ser de 10 x 10 cm. y han de figurar los siguientes datos:

- El código de identificación de los residuos que hay en el recipiente, según su sistema de identificación específico.
- Nombre dirección y teléfono del titular de los residuos.
- Fecha en la que se procedió al envasado.
- Naturaleza de los riesgos que presentan los residuos utilizando los siguientes pictogramas (trazados en negro sobre fondo amarillo-naranja):

Explosivo (E)	
Comburente (O)	
Inflamable (F)	
Tóxico (T)	
Nocivo (Sn)	
Irritante (Si)	
Corrosivo (C)	

Imagen 37. Pictograma residuos T y P

Además de lo indicado en la normativa referente a las mercancías peligrosas, el productor o gestor que vaya a ceder los residuos, debe remitir -con al menos, diez días de antelación a la fecha del envío de dichos residuos- una notificación de traslado al órgano competente de la Comunidad Autónoma. En ese escrito deben figurar, entre otros datos, la cantidad, las características y el código de identificación de los residuos.

* Ver glosario

Tabla 15. Ejemplos de tipos de códigos de residuos tóxicos y peligrosos (Real Decreto 833/1988 ANEXO 1)

NÚMERO DE CÓDIGO	RESIDUOS
9	Mezclas aceite/agua o hidrocarburo*/agua, emulsiones.
15	Productos pirotécnicos y otras materias explosivas.
38	Baterías y pilas eléctricas.
Q9	Residuos de procesos de control de la contaminación.
H7	Cancerígeno.



Imagen 38. Etiquetas RTP

3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS MERCANCÍAS PELIGROSAS. RIESGOS INHERENTES

Los intervinientes en sucesos relacionados con las mercancías peligrosas deben conocer y valorar los riesgos a los que se enfrentan. Un conocimiento intensivo de estos supone una mejor protección y una adecuada actuación frente a ellos.

Los riesgos que puede presentar cada una de las materias son muy variados y diferentes en función de la forma de envasado, cantidad, estado en el que se encuentra y otras condiciones barométricas y/o termométricas.

En primer lugar es preciso subrayar algunos conceptos recogidos expresamente en el ADR:

- **Sólidos.** Materia cuyo punto de fusión a 20°C y 101,3 kilopascales (1 atm) es sólida.
- **Líquidos.** Se pueden dar tres casos diferentes:
 - a) Materia que a 50° C posee una presión de vapor que alcanza los 300 kilopascales (3 bar) y que no es completamente gaseosa a 20° C y 101,3 kPa.
 - b) Materia cuyo punto de fusión es igual o inferior a 20° C a 1 atmósfera.

- c) Si es líquido aplicando el método de prueba ASTM D 4359-90; o si no es pastoso según los criterios resultantes de la prueba de determinación de la fluidez (prueba de penetrómetro)
- **Gas.** Es gaseosa la materia que:
 - A 20° C y 101,3 kPa es completamente gaseosa.
 - Aquella que, sin ser llegar a ser totalmente gaseosa, posee una presión de vapor que supera los 300 kPa (3 bar) a 50° C.

3.2.1. CLASE 1. MATERIAS Y OBJETOS EXPLOSIVOS

El principal riesgo de estos materiales es la posibilidad de explosión. Se puede producir por un aumento de la temperatura, por chispas generadas en el ambiente o por un impacto. En esta tipología se pueden incluir:

Materias explosivas: son las que a través de una reacción química pueden desprender gases a tal temperatura, presión o velocidad que pueden producir daños en su entorno.

Materias pirotécnicas*: son las que producen efectos luminosos, sonoros, gaseosos, fumígenos o caloríficos (o varios de forma simultánea) como resultado de reacciones exotérmicas no detonantes.

Otros objetos o materias con efectos explosivos o pirotécnicos.

En esta categoría, dependiendo del grado de peligro, se incluyen –de mayor a menor– las clases 1.1 (la más peligrosa), 1.5, 1.2, 1.3, 1.6 y 1.4 (la menos peligrosa).



Imagen 39. Materias y objetos explosivos

3.2.2. CLASE 2. GASES

El estado gaseoso, por su gran estado energético, puede presentar comportamientos especialmente peligrosos. Atienden a la siguiente clasificación según su composición:

- | | |
|---|---|
| A: Asfixiante | O: Comburente |
| F: Inflamable | T: Tóxico |
| C: Corrosivo | TF: Tóxico, inflamable |
| TC: Tóxico, corrosivo | TO: Tóxico, comburente |
| TFC: Tóxico, inflamable, corrosivo | TOC: Tóxico, comburente, corrosivo |

Esta simbología expresa que los riesgos que se pueden producir son inhalación de vapores o gases tóxicos, asfixiantes o corrosivos, y la acumulación de atmósferas explosivas o inflamables.



Imagen 40. Gases inflamables

* Ver glosario



Imagen 41. Gases comprimidos



Imagen 42. Gases tóxicos

3.2.3. CLASE 3. LÍQUIDOS INFLAMABLES

El ADR designa en este grupo los líquidos que poseen un punto de inflamación igual o inferior a 60° C. También se incluyen los sólidos en estado fundido que se transportan en caliente a una temperatura superior a la de su punto de inflamación (mayor de 60° C), y las materias explosivas desensibilizadas en estado líquido.

En la tabla 3 se puede observar cómo el punto de ebullición e inflamación son los parámetros que clasifican estas mercancías en función del riesgo de inflamación y consecuentemente, de la posibilidad de generar atmósferas inflamables:



Imagen 43. Peligro clase 3 Líquidos inflamables

Tabla 16. Clasificación líquidos inflamables según ADR

Nivel de peligrosidad	Materias	Grupo de embalaje ^{8*} (Bultos)
Muy peligrosas	Punto ebullición < 35° C	I
Medianamente peligrosas	Punto de ebullición > 35° C y punto de inflamación < 23° C	II
Poco peligrosas	Punto de ebullición > 35° C y punto de inflamación 23° < 60° C	III

3.2.4. CLASE 4.1. MATERIAS SÓLIDAS INFLAMABLES, MATERIAS AUTORREACTIVAS* Y MATERIAS SÓLIDAS EXPLOSIVAS DESENSIBILIZADAS

El peligro de las materias sólidas inflamables radica en su capacidad de inflamarse fácilmente al entrar en contacto con una fuente de ignición.

En esta clase se incluyen:

- Materias y objetos sólidos fácilmente inflamables.
- Materias autorreactivas sólidas o líquidas.
- Materias sólidas explosivas desensibilizadas.
- Materias relacionadas con materias autorreactivas.



Imagen 44. Peligro clase 4.1

3.2.5. CLASE 4.2. MATERIAS QUE PUEDEN EXPERIMENTAR INFLAMACIÓN ESPONTÁNEA

Son aquellas materias que, al entrar en contacto con el aire, pueden producir una inflamación espontánea o un calentamiento espontáneo sin que exista ningún aporte de energía. Entre las materias que pueden experimentar inflamación espontánea se puede realizar la siguiente subdivisión:

- Sin riesgo subsidiario.
- Son corrosivas.
- Resultan tóxicas.
- Son comburentes.
- Al entrar en contacto con el agua exhalan gases inflamables.



Imagen 45. Peligro clase 4.2

3.2.6. CLASE 4.3. MATERIAS QUE EN CONTACTO CON EL AGUA DESPRENDEN GASES INFLAMABLES

En este grupo se encuadran los objetos y materias que, al entrar en contacto con el agua, reaccionan desprendiendo gases inflamables susceptibles de mezclarse con el aire y provocar mezclas explosivas. Por tanto, en actuaciones con esta clase de materias se deben considerar las técnicas de mitigación sin emplear el agua como agente extintor ni en la dilución de la materia.



Imagen 46. Peligro clase 4.3

3.2.7. CLASE 5.1. MATERIAS COMBURENTES

Los materiales de esta clase (como los de la 5.2) pueden producir incendios o explosiones y desprender vapores perjudiciales para la salud. Además también se incluyen los que pueden ser tóxicos y/o corrosivos.



Imagen 47. Peligro clase 5.1

3.2.8. CLASE 5.2. PERÓXIDOS ORGÁNICOS

El principal peligro de un peróxido orgánico —compuesto a base de carbón, que contiene una unión de átomos oxígeno-oxígeno (O-O)—, es el riesgo de ignición y de explosión. Este riesgo se expresa claramente en el pictograma (muestra una llama que previene sobre su inflamabilidad). Los peróxidos orgánicos también pueden:



Imagen 48. Peligro clase 5.2

Actuar como fuertes agentes oxidantes, lo que posibilita la inflamabilidad de otras materias y facilita su deflagración*.

Resultar tóxicos o corrosivos. Pueden corroer y destruir metales o producir daños corporales en función del material, forma de exposición (inhalación, contacto con el ojo, con la piel, o ingestión) y la dosis o tiempo de exposición.

Dentro de esta categoría se debe diferenciar entre los que precisan regulación de temperatura (P2) y los que no (P1). En caso de una intervención y para conocer este importante aspecto se debe estudiar la carta de porte.

Las temperaturas que se deben tener en consideración son:

- La **temperatura de descomposición autoacelerada (TDAA)** es la temperatura más baja a la que una materia embalada puede experimentar una descomposición autoacelerada durante el transporte.
- La **temperatura máxima de almacenamiento seguro (MMST)** del peróxido orgánico es aquella que si se supera puede descomponer los elementos y explotar violentamente.

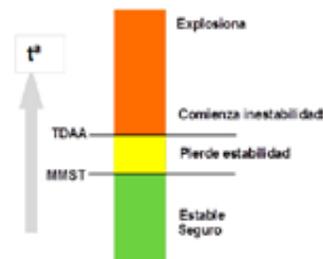


Imagen 49. Almacenamiento peróxido orgánico

3.2.9. CLASE 6.1. MATERIAS TÓXICAS

Son materias sólidas o líquidas susceptibles de producir daño a las personas, ya sea por inhalación o por cualquier otra vía de entrada al organismo. El daño lo causa su nivel de toxicidad. Se clasifican de la siguiente forma (tabla 17):

Tabla 17. Clasificación materias según toxicidad (ADR)

Nivel de peligrosidad	Grupo de embalaje	Ingestión DL 50 mg/kg	Absorción cutánea DL 50 mg/kg	Inhalación CL 50 mg/l
Muy tóxicas	I	< 5	< 50	< 0,2
Tóxicas	II	> 5 y < 50	> 50 y < 200	> 0,2 y < 2
Menos tóxicas	III	> 50 y < 300	> 200 y < 1000	> 2 y < 4

* Ver glosario



Si además de la toxicidad, conllevan otro tipo de riesgos, se expresan según la siguiente simbología:

- TF: Tóxicas, inflamables.
- TC: Tóxicas, corrosivas.
- TO: Tóxicas, comburentes.
- TS: Tóxicas que experimentan calentamiento espontáneo
- TW: Tóxicas que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.
- TFC: Tóxicas, inflamables, corrosivas.
- TFW: Tóxicas, inflamables, que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.



Imagen 50. Peligro de clase 6.1

3.2.10. CLASE 6.2. MATERIAS INFECCIOSAS

Estas mercancías o materias contienen agentes patógenos (microorganismos -virus, bacterias, hongos-...) que pueden generar enfermedades infecciosas en seres humanos o animales.



Imagen 51. Peligro de clase 6.2

Esta clase incluye:

- Muestras de diagnóstico (sangre, secreciones, excrementos...).
- Materias infecciosas para las personas. Vacunas u otros productos biológicos.
- Materias infecciosas solo para animales.
- Residuos clínicos procedentes del tratamiento médico de animales o personas.

3.2.11. CLASE 7. MATERIAS RADIATIVAS

Las materias radiactivas pueden ser causa de radiaciones ionizantes o incluso llegar a contaminar a los intervinientes y convertirlos en fuente de propagación de las radiaciones. El tiempo de exposición, las capas de protección que aislen de la materia (blindaje*) y los metros de distancia hasta la fuente radiactiva son factores determinantes para delimitar los daños a la salud.

En España la utilización de radiaciones ionizantes es cada vez

más habitual, lo que aumenta la posibilidad de tener que realizar intervenciones con este tipo de materias. En el siguiente diagrama se desglosan sus usos y porcentajes.

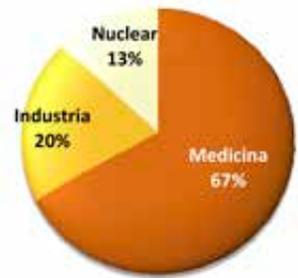


Imagen 52. Radiaciones ionizantes

Estas materias están reguladas por el ADR (o por el reglamento correspondiente en función del modo de transporte). También se incluyen en el reglamento de la Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA). Atendiendo a los requerimientos de embalaje, éste es más exigente al aumentar el riesgo del contenido. Asimismo, cuanto mayor sea el riesgo del contenido, más duras serán las condiciones de transporte que deban soportar. Esta regulación recoge los siguientes tipos de bultos*:

- **Exceptuados:** se diseñan para soportar sólo las condiciones rutinarias de transporte (fácil manipulación, posible sujeción, fácil descontaminación...) ya que contienen cantidades muy pequeñas de materiales radiactivos
- **Industriales:** además de las condiciones requeridas para los bultos exceptuados, deben cumplir con los requisitos relativos al etiquetado exterior y con los documentos de expedición. Se emplean para el transporte de materiales calificados como de Baja Actividad Específica (BAE) u Objetos Contaminados Superficialmente (OCS).
- **Tipo A:** previstos para transportar de modo seguro actividades relativamente pequeñas de materiales radiactivos.
- **Tipo B:** utilizados para transportar mayores actividades de materiales radiactivos (superiores a los valores A1 (si el material radiactivo se encuentra encapsulado de forma especial) y A2 (si no se encuentra encapsulado en forma especial). Deben poder resistir, además de las condiciones normales de transporte, los efectos de accidentes graves.
- **Tipo C:** transporte por vía aérea de altas actividades de material radiactivo. Tienen que superar los mismos criterios que los bultos tipo B y además otros específicos que representan el accidente aéreo.

En el gráfico se detallan los tipos de bulto según las condiciones de transporte que le afectan: rutinarias, normales (pequeñas incidencias) o accidentes.

Tabla 18. Tipos de bultos de transporte de material radioactivo

B q/g (*) Exención	Condiciones rutinarias			Condiciones normales			A ₁	A ₂	Condiciones accidente	
	Bultos exceptuados			BI-1	BI-2	BI-3			Bultos tipo B	Vía aérea Bultos tipo C
B q/g (*) Exención				Bultos industriales					(*) El valor depende del radionucléido	
				Bultos tipo A						

* Ver glosario



Imagen 53. Detector iónico



Imagen 54. Gammagrafo. Bulto tipo B

El **Índice de Transporte (IT)** que indica el nivel de radiación máximo a un metro de la superficie del bulto. Su valor coincide con la intensidad de dosis en $\mu\text{Sv/h}$ dividida por 10.

La **Tasa de dosis** es la rapidez a la que se absorbe una determinada dosis de radiación en un entorno concreto. Se mide en Sv/h y submúltiplos de esta unidad. Los cálculos del tiempo de exposición en relación con la tasa de dosis máxima admisible los realiza el Consejo de Seguridad Nuclear y otros organismos internacionales.

Tabla 19. Valor de tasa de dosis-tiempo exposición máximo permitido

Tasa de Dosis mSv/h	Tiempo máximo
Si está en $\mu\text{Sv/h}$	> 50 h
$0 < 1$	50 h
$1 < 10$	5 h
$10 < 20$	2 h 30 min
$20 < 30$	1 h 39 min
$30 < 40$	1 h 15 min
$40 < 50$	1 h
> 50	30 min

Valores típicos que se pueden encontrar en accidentes de tráfico

En función de la tasa de dosis en superficie y del índice de transporte, los embalajes que contienen estas materias se clasifican en:

Tabla 20. Clasificación sustancias radiactivas según peligrosidad (CSN*)

CATEGORÍA	ETIQUETA	INDICE DE TRANSPORTE	Nivel de radiación máximo en la superficie externa. ($1\text{mSv/h} = 1000\mu\text{Sv/h}$)	PELIGROSIDAD
I blanca	 Imagen 55. Radioactivo 1	$IT < 0,05$	Hasta $0,005 \text{ mSv/h}$	↓
II amarilla	 Imagen 56. Radioactivo 2	$0 < IT < 1$	$0,005\text{mSv/h} < 0,5\text{mSv/h}$	↓↓
III amarilla	 Imagen 57. Radioactivo 3	$1 < IT < 10$	$0,5\text{mSv/h} < 2\text{mSv/h}$	↓↓↓
Uso exclusivo	 Imagen 58. Etiqueta general para uso exclusivo	$IT > 10$	$2\text{mSv/h} < 10\text{mSv/h}$	↓↓↓↓

* Ver glosario



3.2.12. CLASE 8. MATERIAS CORROSIVAS

Las materias corrosivas resultan más o menos peligrosas en función de su diferencia con respecto al pH neutro. Entre los peligros destaca la posibilidad de sufrir daños por la inhalación de vapores o por quemaduras producidas en piel, ojos y/o mucosas si se tiene contacto directo con el producto.



Imagen 59. Peligro clase 8

Los ácidos poseen un gran poder corrosivo y de destrucción sobre los materiales y objetos, pero las **bases** (con pH entre 9 y 14) resultan más dañinas para los tejidos del organismo humano.

En función de su poder corrosivo encontramos:

Tabla 20. Embalaje de materias corrosivas

Nivel de peligrosidad	Grupo de embalaje
Muy corrosivas	I
Corrosivas	II
Menos corrosivas	III

Las materias corrosivas también pueden resultar inflamables, experimentar calentamiento espontáneo y, en contacto con el agua, desprender gases inflamables, comburentes o tóxicos.

3.2.13. CLASE 9. MATERIAS Y OBJETOS PELIGROSOS DIVERSOS

En este grupo se encuadran aquellos productos que pueden representar muy diferentes peligros pero que, por lo general, resultan menos severos que los ya desglosados. Entre ellos, por ejemplo, se encuentran el amianto, las pilas de litio o los aparatos de salvamento.



Imagen 60. Peligro clase 9

3.2.14. FRECUENCIA Y PELIGROSIDAD SEGÚN CLASES ADR. PREPONDERANCIA DE CLASES

Las materias se clasifican y regulan según sus propiedades físicas y químicas (y de los riesgos que suponen), pero si una materia, objeto o mezcla contiene elementos de varias tipologías, se englobará en aquella categoría que indique el mayor peligro. El ADR establece el siguiente orden según el peligro principal:

Tabla 21. Clasificación índice de peligrosidad según clases ADR* (1 = más peligroso; 9 = Menos peligroso)

PELIGROSIDAD	CLASES
1	Radiactivos (clase 7)
2	Explosivos (clase 1)
3	Gases (clase 2)
4	Materias explosivas líquidas desensibilizadas (clase 3)
5	Materias autorreactivas y materias sólidas explosivas desensibilizadas (clase 4.1)
6	Materias pirofóricas ^{10*} (clase 4.2)
7	Peróxidos orgánicos (clase 5.2)
8	Tóxicos y líquidos inflamables tóxicos (clase 6.1 y 3)
9	Materias infecciosas (clase 6.2)

En la parte inferior se observan las materias incluidas en cada clase. Las materias tóxicas son las más numerosas en el ADR; el grupo menos numeroso corresponde a las materias infecciosas (3).

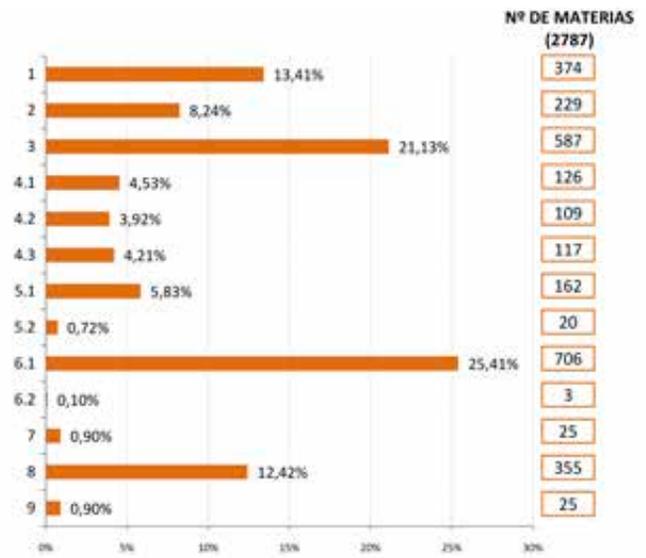


Imagen 61. Materias recogidas en el ADR por Clase

En función de la frecuencia con que se transportan las diferentes materias (por clase), se puede deducir la probabilidad de verlas implicadas en un siniestro.

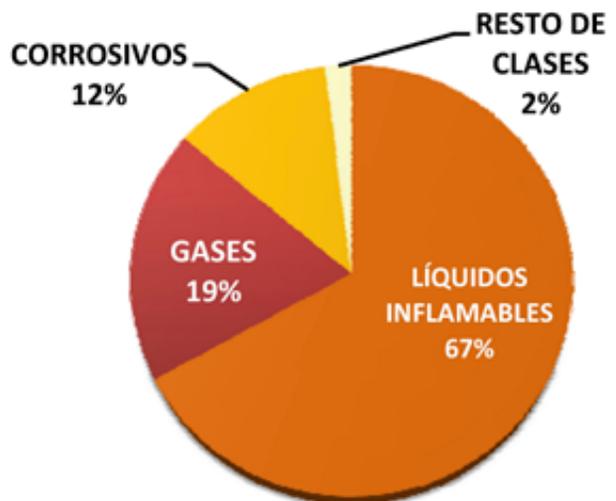
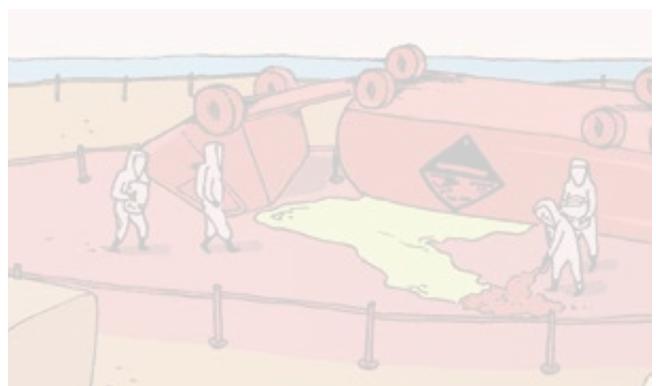


Imagen 62. Frecuencia de transporte de MM.PP.

* Ver glosario



4. RECIPIENTES DE TRANSPORTE Y ALMACENAJE. AFECCIÓN EN SINIESTROS

Existen diferentes reglamentos que regulan los recipientes destinados al transporte de mercancías peligrosas: ADR, RID...

El tamaño, características y uso de los envases destinados a contener mercancías peligrosas variarán en función del tipo de mercancía, de su estado y de la temperatura y presión en que se encuentren. Asimismo, están fabricados en muy diversos materiales: madera, cartón, plástico, aluminio, acero al carbono o incluso papel.

4.1. TIPOS DE RECIPIENTES

Existen tres modalidades para transportar mercancías peligrosas:

- **Transporte en bultos:** las mercancías peligrosas se transportan envasadas en diferentes recipientes: cajas, botellas, jerricanes, bidones, etc.
- **Transporte en cisternas*:** cuando es el propio vehículo el que hace la función de envase para transportar gases o líquidos (cisterna-fija, cisterna desmontable, vehículos batería, contenedor cisterna, etc.)
- **Transporte a granel*:** igualmente, es el propio vehículo el que hace la función de envase, en esta ocasión para transportar sólidos sin envasar.

El transporte de mercancías peligrosas ha de cumplir una serie de obligaciones relativas a documentación, señalización de bultos y vehículos, condiciones de prestación... Toda la información relevante a la clasificación e información de las mercancías peligrosas a efectos del transporte se presenta en el ADR (en la Tabla A las materias aparecen ordenadas por su número ONU, tabla B las recoge por orden alfabético e indica para cada una de ellas el número ONU). Del mismo modo, de acuerdo a las características de las mercancías, establece unos tipos de envases y embalajes.

Tabla 22. Modelo de carta de porte para transporte en envases

MERCANCÍAS PELIGROSAS	ENVASES:	CANTIDAD TOTAL CARGADA
UN 1263 pinturas, 3, III, E	1 G.R.G.	1.200 litros
UN 1950 aerosoles inflamables, 2.1 B/D	4 cajas de 12 sprays de 1 litro	30 kilogramos

4.1.1. TRANSPORTE EN BULTOS

Además de cisternas y otros recipientes de gran tamaño, se pueden emplear otro tipo de envases para el transportar mercancías peligrosas en un vehículo identificado con panel naranja:

a) Bidón

Envase/embalaje cilíndrico con fondo plano o combado, fabricado en metal, cartón, material plástico, contrachapado o cualquier otro material adecuado. En esta definición también engloba otras formas de recipientes, como los embalajes redondos con caperuza cónica o aquellos que poseen forma de balde. Su capacidad máxima* no excede los 400 kg.



Imagen 64. Bidón

b) Jerricán

También llamado "Cuñete". Envase/embalaje de sección es rectangular o poligonal provisto de uno o varios orificios. Se fabrica en metal (acero o aluminio) o en material plástico. Su capacidad máxima es de 60 litros o 120 kg.



Imagen 65. Jerricán

c) Caja

Envase/embalaje con los lados compactos rectangulares o poligonales. Puede ser de metal, madera, contrachapado, aglomerado de madera, cartón, plástico o cualquier otro material apropiado. Con la condición de que no se ponga en riesgo la integridad del embalaje durante el transporte, se pueden practicar pequeños orificios para facilitar la manipulación y la apertura. Su capacidad máxima es de 400 kg, excepto cuando está construida con plástico expandido, en cuyo caso se limita a 60 kg.



Imagen 66. Caja de cartón



Imagen 67. Caja con materias infecciosas



* Ver glosario

Imagen 63. Tipos de recipientes

d) Saco

Envase/embalaje flexible fabricado con papel, láminas de plástico, textil, material tejido u otro material apropiado. Su capacidad máxima es de 50 kg.



Imagen 68. Saco

e) Embalaje* compuesto

Puede ser de plástico, vidrio, porcelana o gres. Está conformado por un recipiente interior de plástico, vidrio, porcelana o gres y por un embalaje exterior de metal, cartón, contrachapado, madera, etc. Una vez unido, el conjunto forma un todo inseparable y se utiliza de esta forma en su llenado, vaciado, almacenaje y envío.



Imagen 69. Embalaje compuesto



Imagen 71. GRC de 100 calefactado

f) Embalaje metálico ligero

Son los que no responden a la definición de bidón o jerricán. De sección circular, elíptica, rectangular, poligonal o cónica. Esta categoría también incluye los envases de tapa cónica o aquellos recipientes en forma de balde, de metal (por ejemplo de hojalata), cuyo grosor de paredes no supera los 0,5 mm, con el fondo plano o abombado. Están provistos de uno o varios orificios.

g) GRG

Corresponde a las siglas de “Gran Recipiente para mercancías a Granel”, (IBC en inglés). Es un embalaje rígido o flexible y transportable. Salvo contadas excepciones, no se utiliza para trasladar material radiactivo de la clase 7, materias infecciosas de la clase 6.2. o gases envasados de clase 2.



Imagen 70. GRB de polietileno y enrejado metálico



Imagen 72. GRG de cartón para graneles



Imagen 73. GRG flexible

* Ver glosario

Poseen las siguientes características:

- Su capacidad NO SUPERA:
 - los 3 m³, para las materias sólidas y líquidas de los grupos de embalaje II y III.
 - los 1,5 m³, para las materias sólidas del grupo de embalaje I transportadas en GRG (IBC) flexibles, de plástico rígido, compuestos, de cartón o madera.
 - los 3 m³, para las materias sólidas del grupo de embalaje I embaladas en GRG (IBC) metálicos.
 - los 3 m³ para las materias radiactivas de la clase 7.
- Diseñado y fabricado para ser manipulado de forma mecánica.
- Capaz de soportar los esfuerzos que se sufren durante la manipulación y el transporte.
- Pueden estar compuestos por:
 - un recipiente interior de plástico.
 - un cuerpo de cartón, con o sin cobertura superior e inferior independiente.
 - un cuerpo compuesto por una lámina, tejido o cualquier otro material flexible, o por combinaciones de materiales de este tipo (flexibles).
 - un cuerpo de madera, rígido o plegable.
 - un cuerpo metálico.
 - un de un cuerpo de plástico rígido.
 - un GRG metálico dotado de protección suplementaria que le protege de los golpes. Esta protección puede estar constituida por una pared multicapa (construcción “sándwich”), por una doble pared, o por un bastidor con recubrimiento de enrejado metálico.

h) Aerosol

También se le denomina “generador de aerosol”. Consiste en un recipiente no recargable fabricado en metal, vidrio o plástico que contiene en su interior un gas comprimido*, licuado o disuelto a presión, con o sin líquido, pasta o polvo. Está provisto de un dispositivo de disparo destinado a expeler el contenido en forma de partículas sólidas o líquidas en suspensión en un gas, en forma de espuma, de pasta o polvo, o en estado líquido o gaseoso.



Imagen 74. Aerosol

La capacidad es un factor a importante en caso de rotura, ya que pueden producir presiones superiores a los 6,3 bares, Así, si es de metal, no debe superar los 1000 ml; si es de material sintético o vidrio no puede exceder los 500 ml.

i) Propios de gases

Recipientes a presión* fabricados específicamente para almacenar fluidos a presión y, en especial, productos pertenecientes a la clase 2 (gases licuados, comprimidos o disueltos a presión). Habitualmente se trata de recipientes metálicos (acero, acero inoxidable, cobre, aluminio, etc.), aunque para

pequeñas cantidades –y solo en casos especiales- también los hay de vidrio (en forma de ampollas herméticas de paredes gruesas). Suelen tener forma cilíndrica (botellas o botellones*) con una altura superior a su diámetro y poseen una o dos válvulas para su llenado o vaciado.

Se encuentran los siguientes tipos:

- **Botellas**

Recipientes a presión transportables, poseen una capacidad que no supera los 150 litros. Un ejemplo de botella son las bombonas de butano (C₄H₁₀) o propano (C₃H₈) de uso doméstico. Estas almacenan 26 litros de Gas. La tensión de vapor del butano comercial a 20° C está cercana a las 3 atmósferas absolutas, mientras que la tensión del propano comercial (a la misma temperatura) es de 8,5 atmósferas absolutas. Por tanto, la presión en el interior de los depósitos de G.L.P. es lo suficientemente alta como para utilizar el gas de forma continua en sus distintos usos; y es, a la vez, lo suficientemente baja para que sea almacenado en depósitos* o botellas.



Imagen 75. Bomba de butano



Imagen 76. Válvula Bombona

Llevar instalada una válvula Kosangas (ver imagen). En condiciones normales esta válvula es la responsable de alimentar las instalaciones domésticas (funcionan a una presión de 28 g/cm²), además evita que se produzca la explosión del recipiente si la presión aumenta en el interior como consecuencia de un fuego, ya que libera presión antes de llegar a los 30 kg/cm² para los que está preparada la botella (26-28 kg/cm²). Si el regulador está conectado y la presión excede el máximo previsto, el gas escapa a través de la válvula y el regulador.

- **Bloques de botellas**

Conjunto de botellas de un único gas unidas entre sí por una tubería colectora y transportadas como un conjunto indisociable gracias a un armazón metálico que las protege y las une. Este sistema permite obtener una gran cantidad de gas a una presión muy elevada, almacenarlo y trasladarlo de forma autónoma. Está especialmente indicado ante la imposibilidad de una infraestructura específica o cuando el nivel de consumo no justifica una instalación propia.

* Ver glosario



Imagen 77. Bloque de botellas

- Bidón a presión

Recipiente a presión transportable, soldado, con una capacidad entre 150-1000 litros. Por ejemplo: un recipiente cilíndrico provisto de aros de rodadura y recipiente sobre patines o bastidor.



Imagen 79. Bidón a presión

La capacidad total de cada bloque no puede superar los 3000 litros; en el caso de los bloques destinados a transportar gases tóxicos de la clase 2, su capacidad se limita a los 1000 litros.

- Tubo

Recipiente a presión transportable. Se fabrica sin soldaduras y posee una capacidad superior a los 150 litros e inferior a los 3000 litros.

- Recipiente criogénico

Recipiente presurizado transportable y térmicamente aislado, adecuado para gases licuados refrigerados. La capacidad del recipiente no excede los 1000 litros. En la parte inferior se indica la presión a la que pueden llegar y su capacidad.



Imagen 78. Recipiente criogénico

4.2. TRANSPORTE EN CISTERNAS

El ADR define cisterna como “un depósito, incluidos sus equipos de servicio y de estructura. Cuando la palabra se emplea sola, engloba los contenedores cisterna, las cisternas portátiles, las cisternas desmontables y las cisternas fijas, así como las cisternas que constituyen elementos de vehículos a batería o de CGEM”.



Imagen 80. Cisterna CEIS Guadalajara

4.2.1. ESTRUCTURA Y SECCIÓN

La estructura está formada por todos los elementos que comparten, asumen y refuerzan otros elementos para que la cisterna se adecue a las cargas, sobrecargas y esfuerzos para los que está diseñada. En función de las mercancías que transporte, el ADR exigirá unas pruebas u otras, tanto de presión hidráulica como de estanqueidad. Según el resultado de estas pruebas será necesario que disponga de unos elementos estructurales básicos o que sea preciso reforzarla con otros.

Tabla 23. Ejemplos de presiones y capacidad de recipientes criogénicos (Air Liquide)

(recipiente Ranger)	modelo	Capacidad (m3)		Presión máxima (bar)	Tasa de evaporación diaria (%)	Peso (kg)	
		Argón	Nitrógeno	Argón y Nitrógeno	Nitrógeno líquido	Argón	Nitrógeno
180	107	130	1,7 a 25	1,5	330	420	
450	275	330	3,9 a 15	1,3	950	1200	
630	393	480	3,9 a 25	1,2	1340	1690	

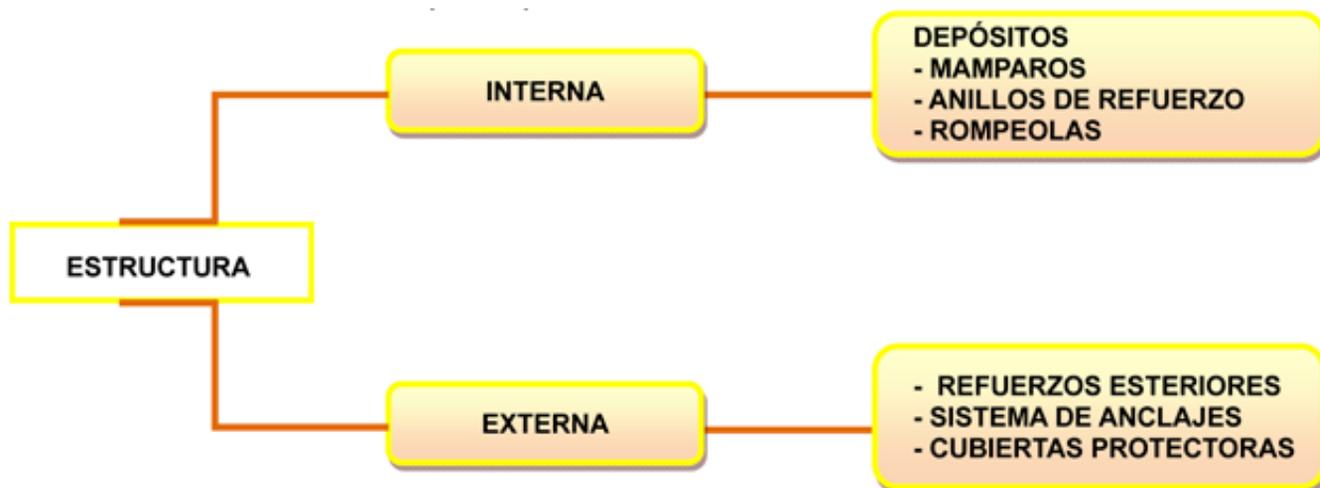


Imagen 81. Esquema de cisterna

En el proceso que muestra la ilustración se pueden apreciar los elementos más importantes que configuran la estructura de una cisterna, siendo el depósito o “cuba” el elemento fundamental. Se elabora con chapas que se cortan a medida de bobinas de acero o de otro material adecuado. Se instalan unas a continuación de otras y, posteriormente, se les da la forma deseada (circular, esférica...). Tras moldearlas, se sueldan y quedan conformadas las virolas. Después se instalan los extremos que cierran el depósito por delante y detrás. Estos se conocen como fondos o casquetes.



Imagen 84. Depósito: Fondos y virolas



Imagen 82. Rollo plancha de acero

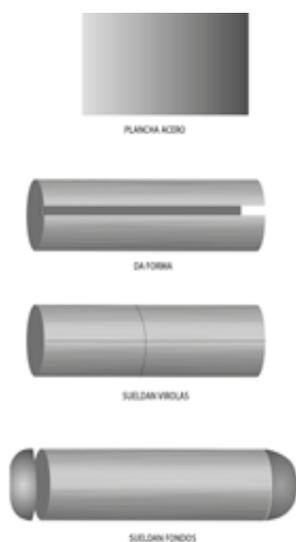


Imagen 83. Construcción cisterna

1. Estructura interna

Es la responsable de alcanzar y mantener la necesaria rigidez para que el depósito pueda asumir las cargas para las que fue diseñado. Los elementos más importantes son los mamparos, anillos de refuerzo y rompeolas.

- a) Mamparos: son tabiques o paredes interiores que dividen el volumen total del depósito en compartimentos que permiten almacenar distintos productos en un mismo depósito sin que se mezclen. Además cumplen una función estructural y está previsto que asuman una parte de la carga en función de su material y su grosor.

Las cisternas de gases están compuestas por un único depósito sin compartimentos, por lo que no disponen de mamparos, pero sí del siguiente elemento, los rompeolas.

- b) Rompeolas: son, como los mamparos, paredes o tabiques pero en lugar de dividir el depósito en compartimentos independientes, permiten el paso de la materia. Se diseñan de forma que la masa de la mercancía se reparta lo más uniformemente posible dentro de la cisterna.



Imagen 85. Rompeolas de cisterna impulsado tras explosión

terna y se evite así el “efecto ola” de la masa al desplazarse a lo largo del vehículo en las frenadas, donde se puede llegar a comprometer la estabilidad del vehículo. La superficie del rompeolas ocupa como mínimo un 70% de la superficie de la sección recta del depósito en aquel punto en el que se instalen.

Para evitar daños durante el transporte, las cisternas circulares y algunas elípticas deben tener una separación entre refuerzos adyacentes de hasta 1,75 m. Su espesor debe ser como mínimo igual que el del depósito.

Los depósitos destinados al transporte de líquidos, gases licuados o gases licuados refrigerados que no están divididos en secciones de una capacidad máxima de 7500 litros por medio de mamparos o rompeolas (cisternas antiguas), deben circular casi llenos (más del 80%) o casi vacíos (menos del 20%). Ya que cuando el depósito se encuentra a media carga se produce el “efecto ola”, lo que compromete la estabilidad de la cisterna.

Los rompeolas y los mamparos tienen forma cóncava en el sentido normal de marcha y poseen una profundidad mínima de 10 cm.

- c) **Anillos de refuerzo:** son anillos de soldadura que se colocan en la parte interior del depósito. Están destinados a soportar esfuerzos y a reforzar la estructura en aquellos lugares en los que se haya calculado.



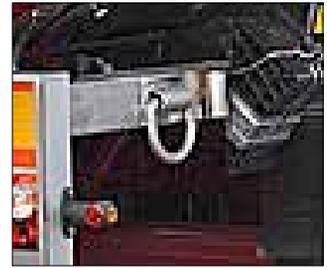
2. Estructura externa

Se coloca en el exterior del depósito, ya sea soldada o unida a este, o bien junto a otros equipos de servicio:

- Anclajes: elementos de izado, amarre o estiba. Se instalan en las cisternas que poseen la consideración de intermodal, es decir, aquellas que su traslado se realiza en, al menos, dos medios de comunicación (carretera y barco o ferrocarril).



- Refuerzos exteriores: son semejantes a los anillos interiores, pero en lugar de aportar rigidez por la parte interior y aguantar mejor el vacío, los exteriores contribuyen a reforzar la estructura en caso de impacto e impedir su rotura o abombamiento. No deben confundirse con las soldaduras que unen las virolas o los “marcos” que rodean las chapas de las cisternas que llevan aislamiento.
- Elementos protectores: todos los componentes de las cisternas deben estar protegidos en caso de vuelco o impacto para evitar que se dañen las válvulas, tuberías o bridas y se produzca la pérdida de producto.



La protección de los elementos de la parte superior suele consistir en aros de refuerzo, capotas de protección u otros elementos que garantizan una protección eficaz contra los daños producidos por un posible vuelco. Algunas válvulas llevan caperuzas de protección.

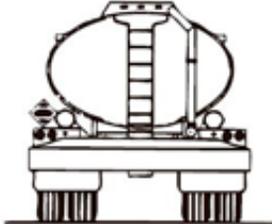
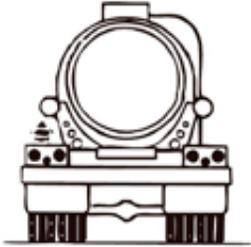
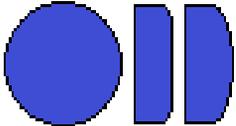
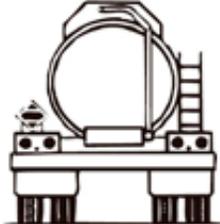
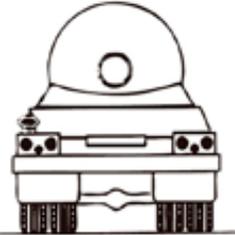


Los parachoques traseros son obligatorios. Deben tener el mismo ancho que el vehículo y han de estar separados de este unos 100 mm. En los contenedores-cisternas es la propia estructura del contenedor la que cumple esta función.

3. Sección

El ADR estipula que, en función de las materias que se deben transportar, su estado y la presión en el interior, la cisterna tendrá la forma que aguante mejor las cargas.

Tabla 24. Características y ejemplos de cada tipo de sección (ADR)

TIPO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN	SECCIÓN / FONDO
POLICÉNTRICA	Poca presión interior. Máxima carga con menos longitud → Urbano. Lateral poco resistente → Los refuerzos se sustituyen por ovaladas.	 Imagen 91. Sección policéntrica	
OVALADA	Poca presión interior. Más metros lineales para igual capacidad Costados más resistentes Poca presión interior	 Imagen 92. Sección ovalada	
CIRCULAR CON FONDO SEMIESFÉRICO	MM.PP.* muy peligrosas. Se comporta mejor en accidentes Costados más resistentes, más segura Más fácil de construir.	 Imagen 93. Sección circular con fondo semiesférico	
CIRCULAR CON FONDO ESFÉRICO	Presión interior alta. Mejor comportamiento en accidentes Costados más resistentes, más segura Más fácil de construir.	 Imagen 94. Sección circular con fondo esférico	
ESPECIAL	Mayor volumen de carga Muy común en granulados Algunos tienen cuello cisne.	 Imagen 95. Sección circular con fondo especial	Secciones y formas distintas a lo largo de la cuba

* Ver glosario

La forma de la sección viene determinada por la presión a la que se va a someter el depósito.

- “Presión de cálculo” es una presión ficticia que iguala, como mínimo, a la presión de prueba, aunque se puede superar la presión de servicio según el grado de peligro que suponga la materia transportada. La presión de cálculo sirve solo para determinar el espesor de las paredes del depósito, sin considerar ningún dispositivo de refuerzo exterior o interior.
- “Presión de prueba” es la presión que debe ejercerse en la realización de la prueba de presión de la cisterna. Sirve para el control inicial y periódico.
- “Presión de servicio” es la presión estabilizada de un gas comprimido a una temperatura de referencia de 15° C contenido en un recipiente a presión lleno.
- “Presión máxima de servicio” (presión manométrica) viene indicada por el más alto de los tres valores siguientes:
 - Presión máxima autorizada de llenado.
 - Presión máxima autorizada de vaciado.
 - Presión manométrica efectiva a la que el contenido somete al recipiente (incluidos los gases extraños que pueda haber) a la temperatura máxima de servicio.

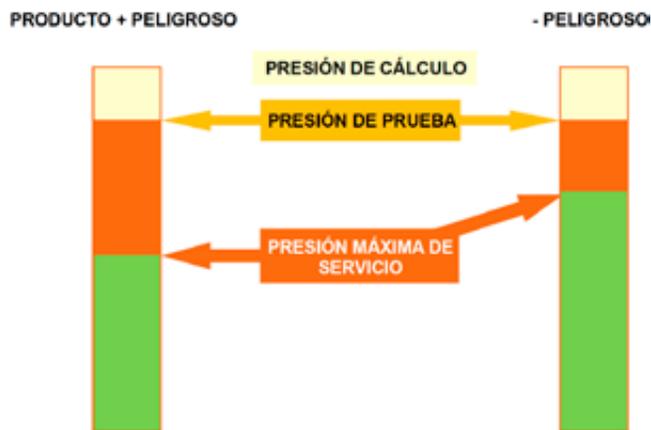


Imagen 96. Cuadro de presiones vs peligrosidad

Exceptuando condiciones muy particulares, el valor numérico de la presión máxima de servicio (o presión manométrica) no debe ser inferior a la tensión de vapor de la materia de llenado a 50° C (presión absoluta).

Dado que, a mayor presión, mayor peligro, el ADR establece el grado de llenado máximo y lo relaciona con la materia transportada y con el grosor que debe alcanzar la chapa del depósito. El grado de llenado es la relación entre la masa de gas y la masa de agua a una temperatura de 15° C que llena por completo un recipiente a presión disponible para ser usado. En el gráfico se observa que el oxígeno líquido está limitado al 98%, el gasóleo al 97%, y los Gases Licuados del Petróleo al 85%. Este grado de llenado se debe a la peligrosidad y al equilibrio entre las fases que debe existir a una temperatura ambiente de 50° C.

PRODUCTO	GRADO DE LLENADO
OXÍGENO LÍQUIDO	98%
GASÓLEO	97%
GASOLINA	96%
GLP	85%

* PELIGROSIDAD
* EQUILIBRIO FASES

Imagen 97. Grado de llenado de recipientes

4.2.2. TIPOS DE CISTERNAS

Las cisternas se pueden clasificar según su tamaño, forma, material de fabricación, elementos de seguridad,... A continuación se presentan las cuatro clasificaciones más importantes.

a) Según los materiales de construcción

Generalmente, los materiales con los que se construyen las cisternas varían de un compuesto a otro en función de las necesidades. Así, muchas materias, por sus características físico-químicas, precisan de un material concreto.

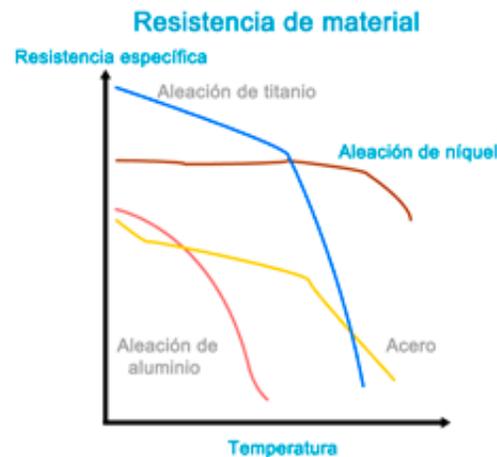


Imagen 98. Resistencia del material

Aunque puede haber cisternas de acero al carbono, acero inoxidable, ebonitadas, de plástico reforzado o de aluminio, los materiales con los que se fabrican deben tener las siguientes propiedades:

- Resistencia mecánica: gran capacidad para soportar esfuerzos con el menor espesor posible.
- Estabilidad térmica: el material de la cisterna puede entrar en contacto con sustancias en estado criogénico (-170° C) por lo que puede verse afectado por un fuego. Por lo tanto es preferible que la cisterna esté construida con materiales estables que no pierdan su capacidad mecánica con las altas temperaturas.
- Resistencia química: en muchos casos se transportan materias corrosivas, por lo que la cisterna debe aguantar bien el ataque de estos productos. Los materiales nobles ofrecen buenos resultados.

Tabla 25. Materiales de las cisternas y usos

MATERIAL	USOS	IMAGEN
ACERO AL CARBONO	- Poco frecuente. - Desuso	 Imagen 99. Acero al carbón
ACERO INOXIDABLE	- QUÍMICOS EN GENERAL. - CORROSIVOS. - ALIMENTARIOS	 Imagen 100. Acero inoxidable
ALUMINIO	- 99% HIDROCARBUROS. - PULVURENTOS.	 Imagen 101. Aluminio
PLASTICOS REFORZADOS	En España casi exclusivamente como refuerzos del acero en corrosivos.	 Imagen 102. Plásticos reforzados

En la siguiente tabla se muestran las exigencias mínimas en relación al diámetro del depósito respecto a la materia que transporta. Obsérvese cómo se exige más espesor al aluminio y al acero al carbono que al acero inoxidable, esto se debe a que el acero inoxidable posee una mayor resistencia.

Tabla 26. Exigencias ADR de espesor depósito según el material de construcción

Diámetro del depósito	≤ 1.80 m	> 1.80 m
Aceros inoxidables austeníticos	2,5 mm	3 mm
Aceros inoxidables austeno-ferríticos	3 mm	4 mm
Otros aceros	3 mm	4 mm
Aleaciones de aluminio	4 mm	5 mm
Aluminio de pureza 99,80%	6 mm	8 mm

b) Según su número de compartimentos

Las cisternas se pueden construir formando un único depósito, como suele suceder en el caso del transporte de gases (ya que solo se transporta una única mercancía). Cuando solo poseen un único compartimento, no disponen de tabiques o mamparos, llevando en su lugar rompeolas. Su uso también es frecuente para transportar materiales pulvurentos.



Imagen 103. Cisterna sin compartimentar

Cuando se transportan líquidos, la cisterna suele estar compartimentada, es decir, dividida por mamparos. Según el número de mamparos que tenga en su interior puede disponer de entre 2 a 7 compartimentos.

Es posible que una misma cisterna transporte materias que puedan reaccionar entre sí o no ser compatibles para el transporte. En ese caso la cisterna estará compartimentada y, por lo general, poseerá bocas de entrada y salida para cada zona o compartimento. También se pueden encontrar cisternas con más compartimentos que entradas y salidas. Los paneles naranjas o la carta de porte indican si la cisterna transporta uno o más productos.

Aunque una cisterna sea compartimentada (que disponga de dos depósitos) puede transportar un único producto, esto vendrá indicado por el panel naranja.



Imagen 104. Cisterna compartimentada

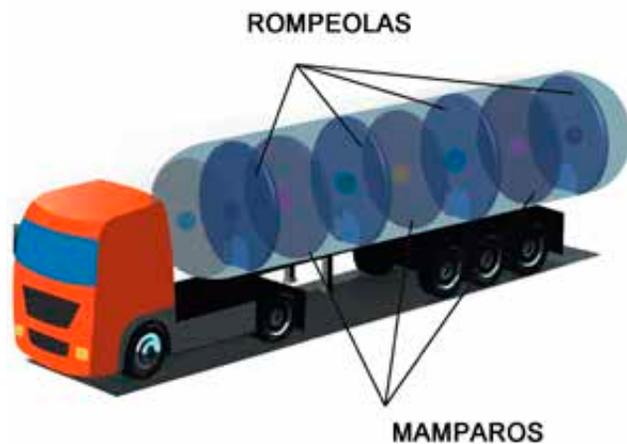


Imagen 105. Cisterna de 4 compartimentos

c) Según la forma, capacidad y uso

Los diferentes depósitos que se pueden encontrar en el transporte por carretera, ferrocarril o marítimo son:

- Contenedor cisterna

Es un elemento de transporte formado por un depósito y sus equipos. Se incluyen aquellos equipos que permiten los desplazamientos del contenedor cisterna sin que exista un cambio notable de asiento. Se emplean para el transporte de materias gaseosas, líquidas, pulverulentas o granulares permitiendo cargar y descargar el producto. Tienen una capacidad, superior a 0,45 m³ (450 litros) cuando se utiliza para transportar gases. También pueden disponer de aportes de calefacción, presión o refrigeración desde un tractocamión o a través de algún sistema conectado al tren.



Imagen 106. Contenedor cisterna

- **Cisterna portátil**

Es una cisterna multimodal* que cumple las exigencias del IMDG. Cuando se emplea para transportar gases tiene una capacidad superior a los 450 litros. La capacidad de este depósito no iguala la de otras cisternas, pero ofrece una gran ventaja: incluye elementos destinados al izado o bajado en la parte superior la bancada en la parte inferior lo que hace posible su trasbordo de cualquier vehículo en cualquier zona, aun conteniendo producto en su interior.



Imagen 107. Cisterna portátil



Imagen 108. Orificios y las válvulas de manipulación de cisterna portátil

- **Cisterna desmontable**

Las cisternas desmontables también poseen una capacidad superior a 450 litros, pero difieren de las cisternas fijas, las portátiles, los contenedores cisterna y los elementos de vehículo batería o de CGEM ya que no están diseñadas para el transporte de mercancías sin operaciones intermedias de carga y descarga y, normalmente, solo pueden manipularse en vacío.

- **Cisterna fija**

Es una cisterna de una capacidad superior a 1000 litros. Puede ser externa a un vehículo, fijarse sobre él (por lo que se convierte en un vehículo cisterna) o puede ser parte integrante del chasis de dicho vehículo.

* Ver glosario



Imagen 109. Cisterna y chasis



Imagen 112. Vaciado de botellón



Imagen 110. Vehículo y cisterna

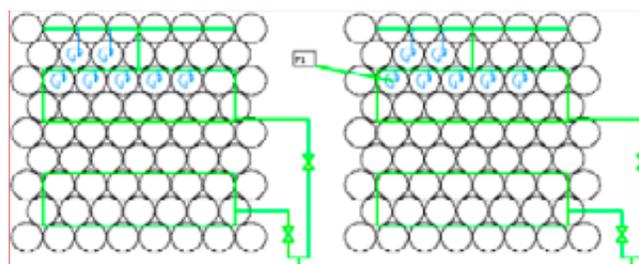


Imagen 113. Esquema de uniones CGEM

- **Contenedor de gas con elementos múltiples (CGEM)**

Es aquel sistema de transporte que posee elementos conectados entre sí por una tubería colectora y que se montan en un cuadro, esto es, no se encuentran fijados de forma permanente en el vehículo. Los siguientes recipientes pueden formar parte de un contenedor de gas con elementos múltiples: botellas, tubos, bidones a presión o botellones y bloques de botellas. También pueden serlo las cisternas con una capacidad superior a 450 litros para los gases.

En el caso de intervención en vehículos de este tipo, se debería cortar el flujo accionando la maneta de emergencia que cierra la tubería general de descarga. En el esquema se ve la tubería colectora recibiendo el producto de los dos cuadros a través de las tuberías pintadas en verde.

- **Vehículo batería**

Es aquel vehículo en el los recipientes (botellas, tubos, bidones a presión o botellones y bloques de botellas) están unidos entre sí por una tubería colectora y montados de forma permanente a dicho vehículo. En los Contenedores de Gas de elementos múltiples (CGEM) los elementos (botellas, botellones...) se unen al cuadro, no al vehículo. También se considera vehículo batería a las cisternas con una capacidad superior a 450 litros para los gases. Este método de transporte se emplea con gases considerados muy peligrosos.



Imagen 111. Cuatro cuadros destinados al transporte de hidrógeno



Imagen 114. Vehículo batería



Imagen 115. Vehículo batería

- **Cisterna para residuos que operan al vacío**

Este tipo de cisternas no suelen estar implicadas en las intervenciones, pero están catalogadas y recogidas en el ADR. Son cisternas fijas, desmontables, contenedores cisterna o cajas móviles cisterna normalmente destinadas al transporte de residuos peligrosos. Se construyen y equipan de forma especial para facilitar la carga y la descarga de los residuos. Por sus específicas características, también se las conoce con el nombre común de “chuponas”.



Imagen 116. Cisterna que opera al vacío

- **Vehículos-caja para radiactivos**

Son vehículos estancos que en su interior transportan material radiactivo. A nivel de intervención no suponen riesgo si el material radiactivo sigue dentro de su embalaje. Se cierran hidráulicamente y están preparados para resistir los impactos en caso de vuelco o colisión.



Imagen 117. Carga bultos radiactivos



Imagen 118. Transporte radiactivos

d) Según su aislamiento térmico

Las cisternas, dependiendo de las materias que transporten, pueden precisar aislamiento para mantener una temperatura constante y adecuada a la que la sustancia no polimerice y sea posible su descarga. En otros casos se precisa que la cisterna, además, tenga refrigeración, ya que al criogenizar el gas, se aumenta la capacidad y resulta más rentable su transporte. Por el contrario, con las materias que se solidifican a temperaturas cercanas a la ambiental, resulta imprescindible calefactar las cisternas.

- **Sin aislamiento**

Estas cisternas transportan líquidos que no requieren que su temperatura se regule. Ejemplos: diesel, gasolina, keroseno, líquidos corrosivos...



Imagen 119. Cisterna de corrosivos. Sin aislamiento



Imagen 120. Cisterna de hidrocarburos. Sin aislamiento

- **Aisladas con elementos**

Cisternas que poseen una capa, aislante y otra capa que recubre al aislante. En función de la materia se utiliza lana de roca o poliuretano directamente. Si la mercancía es peligrosa, se transporta calefactada a temperaturas superiores a los 100° C, colocando primero la lana de roca o de vidrio (resisten mejor el calor) y después el poliuretano. Finalmente se sella todo con otra capa.



Imagen 121. Cisterna calorifugada



Imagen 122. Capa interior + aislamiento + capa exterior



Imagen 123. Aislamiento: lana

- **Aisladas al vacío**

Son cisternas que transportan gases criogénicos (como el oxígeno, nitrógeno o el dióxido de carbono), se aíslan al vacío para mantener mejor la temperatura a la que se cargan.

Estas cisternas están formadas por un par de depósitos; el interno suele ser de acero inoxidable y el externo de acero al carbono. Entre ellos se distribuye un aislante térmico y se genera un alto grado de vacío entre ambos depósitos.



Imagen 124. Cisterna aislada al vacío

- **Calefactadas o refrigeradas**

Algunas cisternas precisan ser calentadas para transportar y descargar mercancías viscosas. Este calentamiento se realiza utilizando resistencias eléctricas (imagen inferior) o a través del vapor que circula por serpentines adosados al depósito.

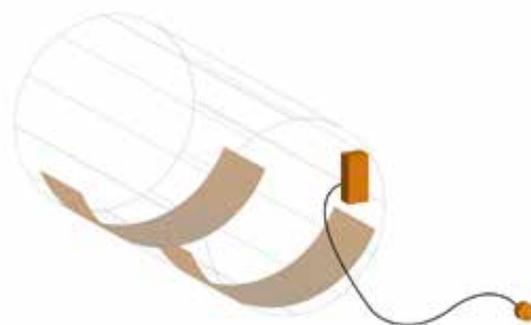


Imagen 125. Cisterna con calefacción eléctrica

Para transportar algunos productos refrigerados basta con mantener la temperatura a la que se han cargado. Un adecuado aislamiento al vacío lo logra; pero si es preciso, pueden incorporarse motores que suministren frío adicional.

4.2.3. EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD Y SERVICIO

Las cisternas están provistas de un equipamiento de estructura y de servicio que tiene como objetivo asegurar la utilización para la que han sido diseñadas, así como la respuesta que pueden dar en el caso de que se produzca una emergencia por un fallo en el depósito o por un traslado de la mercancía en condiciones inseguras.

En el equipo de estructura se localizan los elementos de fijación (tanto exteriores como interiores) que aportan refuerzo, protección o estabilización al depósito.

En el equipo de servicio se pueden encontrar otro tipo de elementos que varían en función del tipo de cisterna o vehículo:

- De la cisterna: los dispositivos de llenado, vaciado, aireación, seguridad, calefacción y aislamiento térmico, e incluso los aparatos de medida.
- De los elementos de un vehículo batería o de un CGEM: los dispositivos de llenado y vaciado, incluyendo la tubería colectora, los dispositivos de seguridad, así como los aparatos de medida.
- De un GRG (IBC): los dispositivos de llenado y vaciado y, si procede, los dispositivos de descompresión o aireación de seguridad, calefacción y aislamiento térmico, incluyendo los aparatos de medida.

En la imagen se pueden observar diferentes elementos entre los que destacan válvulas de fondo, recuperación de vapores, conectores API... Estos elementos pueden ir en una cisterna como esta, de seis compartimentos para hidrocarburos, o en otras que transporten distintas mercancías.



Imagen 126. Equipamiento de cisternas.



Imagen 128. Boca de hombre. Químicos diversos

En el reconocimiento e identificación se puede ver la información que se ofrece sobre la mercancía que transporta, dependiendo del número de bocas de hombre y de su ubicación.



Imagen 129. Vista superior cisterna

Algunos de los elementos más importantes sobre los que se puede actuar en caso de emergencia, y que conviene conocer para identificarlos y controlar el estado de la mercancía son:

a) Boca de hombre

La boca de hombre suele encontrarse en la parte superior de la cisterna. Así, además de permitir el acceso para realizar las tareas de limpieza e inspección, sirve también para realizar la carga por gravedad.

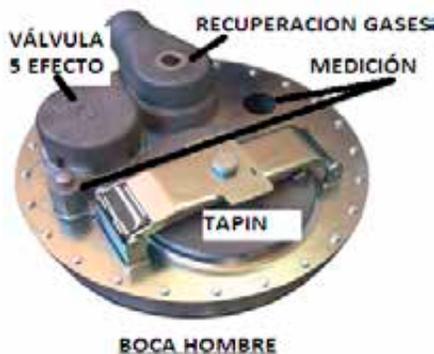


Imagen 127. Boca de hombre hidrocarburos

Es frecuente que se coloquen en la boca de hombre otros elementos complementarios. Los códigos técnicos y la normativa existente exigen que se instalen diferentes dispositivos en el centro de la cisterna y, si resulta posible, que varios de ellos se coloquen justo en el mismo orificio. Observando la boca de hombre de la imagen se pueden encontrar los siguientes dispositivos:

- Válvula de cinco efectos.
- Válvula de recuperación de gases.
- Orificio para la realización de mediciones de nivel.
- Tapín: en las cisternas de gasolina constituye la boca de inspección; a 250-280 mbar actúa como válvula de sobrelleñado de líquido. El diámetro es > 250 mm.

Si la boca de hombre se puede abrir manualmente, aunque sea accionando varios elementos roscados, se puede deducir que transporta líquidos. Además, si la cisterna se puede cargar a gravedad por la parte superior, debe estar provista de una bandeja para contener los posibles derrames accidentales. El transporte de líquidos a gravedad evita el riesgo de presión en el interior, exceptuando aquello que pueda elevarla exteriormente, como un fuego o un vuelco,...

En una boca de hombre destinada a líquidos corrosivos se puede apreciar una bandeja antiderrames por cada compartimento. Puede haber una única bandeja que recoja los derrames de todas las bocas.

Si para abrir una boca de hombre se precisan herramientas específicas indica que la cisterna transporta materias que presentan riesgos importantes por su presión, toxicidad...



Imagen 130. Boca de hombre

b) Orificio de limpieza

Está situado en la parte inferior de la cisterna cuya abertura se encuentra por encima del nivel del líquido transportado.

Siempre va asegurada con bridas ciegas. Otras cisternas deben llevarla en la parte superior. Esta particularidad se codifica en el ADR en función de los riesgos que presenta la materia.

El sistema de fijación es un indicador del nivel de seguridad con la que debe estar dotada una cisterna por la presión contenida en su interior.



Imagen 131. Cisterna butano con orificio de limpieza (presiones rondan los 20 bares)



Imagen 132. Orificio de limpieza

c) Válvula de seguridad: depresión

La cisterna tiene que estar preparada para que, en el caso de descarga no deseada o de otro funcionamiento anómalo, impida que se genere el vacío en la cisterna y se agriete provocando derrames o fugas. Esta es una función automática que lleva a cabo el dispositivo de seguridad. Consiste en un resorte sensible a la presión que protege la cisterna de una depresión interior inadmisibles.



Imagen 133. Válvula de depresión

d) Disco de ruptura

Para evitar que los recipientes a presión se rompan cuando se sobrepasa la presión máxima de servicio, se instalan dispositivos de alivio de presión fiable. Protegen al sistema contra cualquier presión que sobrepase los límites establecidos. Los más comunes son las válvulas de seguridad y los discos de ruptura. Se pueden instalar individualmente o combinados.

Las válvulas de seguridad son los dispositivos de alivio de presión más empleados. Cuando no pueden aportar una protección completa se combinan con discos de ruptura. Son unos dispositivos de alivio de presión sin cierre repetido del mecanismo, se activan por la diferencia de presión entre el interior y exterior y están diseñados para funcionar por estallido* o venteo de un disco. El disco suele preceder a la válvula, de manera que el producto escapa primero por el disco de ruptura, después queda reflejado en el manómetro y sale a la atmósfera por la válvula.

Generalmente, se instalan los discos de ruptura debido a que:

- Hay productos que generan un aumento rápido de la presión.
- No está permitido que los productos tóxicos puedan escapar por una válvula de seguridad ya que un mal funcionamiento supone un riesgo excesivo.
- Existen mercancías que pueden causar un deterioro progresivo de las válvulas de seguridad.



Imagen 134. Disco + manómetro + válvula

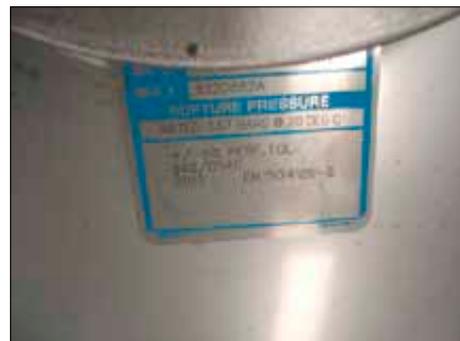


Imagen 135. Parte del disco que sobresale

e) Válvula de seguridad: presión

Es un dispositivo con resorte sensible a la presión que funciona de forma automática. Está diseñado para proteger la cisterna contra una sobrepresión interior inadmisibles. En función de la presión a la que se transporte la sustancia y de la presión máxima de servicio de la cisterna, se tratará la presión de escape de producto de la cisterna a través de la válvula. Si durante una intervención, la válvula deja escapar producto, es preciso re-evaluar la distancia y las técnicas de control que se estén aplicando. En ocasiones, la válvula de seguridad está también diseñada para aliviar el vacío que se pueda generar en el interior, realizando funciones de válvula de seguridad, no solo de presión, sino también de depresión.

* Ver glosario



Imagen 136. Válvula de seguridad: presión



Imagen 137. Válvula de seguridad de cisterna de nitrógeno

f) Válvula de cinco efectos

Este dispositivo se instala en “cisternas atmosféricas”, aquellas que nunca transportan productos presurizados y no están preparadas para que su presión normal de servicio supere a la presión atmosférica.

La normativa exige que, cuando se transporte gasolina, exista una válvula por cada compartimento de la cisterna. Debe poseer, además, las siguientes cinco funciones:

1. **Aireación** (90-55 mbar): si la presión aumenta ligeramente en el interior de la cisterna, se deja escapar al aire libre un pequeño caudal con el fin de evitar mayor sobrepresión en el interior.

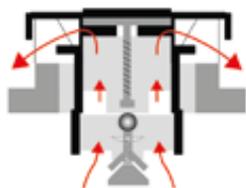


Imagen 138 A. Aireación

2. **Sobrepresión** (220-275 mbar): si se genera mayor presión en el interior del depósito (>1,2 bar), la válvula deja escapar un caudal mayor que en el caso anterior. De esta manera se impide que la cisterna reviente.

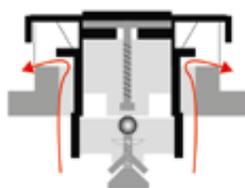


Imagen 138 B. Sobrepresión

3. **Depresión o vacío** (10-15 mbar): si se produce vacío en el interior (algo que puede ocurrir durante la descarga), la válvula permite el paso de aire desde el exterior hacia el interior; así se evita que la cisterna se arrugue y rompa por vacío.

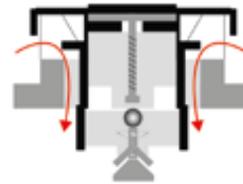


Imagen 138 C. Depresión o vacío

4. **Antivuelco** (27°-37°): si se produce el vuelco de la cisterna o se alcanza un ángulo de inclinación superior a los 27°, la válvula se cierra e impide que se derrame el producto.

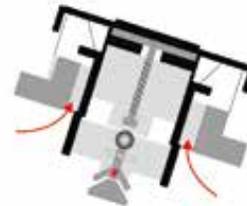


Imagen 138 D. Antivuelco

5. **Apagallamas**: en la parte exterior de las salidas de la válvula va colocada una rejilla apagallamas.

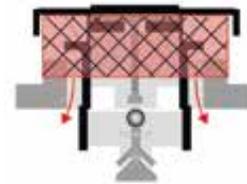


Imagen 138 E. Apagallamas

La válvula de cinco efectos ha de enfrentarse al mayor riesgo posible; por eso, la función de protección antivuelco está diseñada para evitar un derrame accidental. Ahora bien, siendo mayor el peligro de explosión del contenedor que la posibilidad de que se produzca un derrame; en caso de explosión, el derrame también tendría lugar. Por tanto, si la cisterna ha volcado y la presión aumenta en el interior por encima de su límite, se permitirá el escape de producto al exterior a través de la válvula de sobrepresión* liberando gran caudal

g) Válvula de exceso de flujo

Las válvulas de exceso de flujo permiten el paso del líquido o del gas licuado* en condiciones normales de presión y caudal, pero si el flujo supera un límite marcado se produce su cierre. La válvula de exceso de flujo permanece cerrada hasta que las presiones en ambas caras del disco de cierre se igualan. Cuando termina el flujo excesivo, las presiones se equilibran a través del pequeño orificio que tiene el disco de la válvula y se produce la reapertura de la misma. Sin embargo, si se rompe una línea de conducción, las presiones no logran equilibrarse, por lo que la válvula sigue cerrada con una pequeña pérdida de producto.

* Ver glosario



Imagen 139. Válvula exceso de flujo

Se instala en las entradas y orificios de carga y descarga. En caso de colisión permanecen unidas al depósito. Para evitar que salgan con la conducción, están diseñadas para que rompan por el lugar indicado y aseguren su funcionamiento

h) Elementos de carga y descarga

El ADR –el RID por su parte, va en la misma línea- establece los lugares en los que deben ir colocadas las distintas aberturas y orificios practicados en los depósitos. Con muchas materias, la carga y descarga se puede efectuar tanto por arriba como por abajo; aunque en otras, su trasiego está limitado. Del mismo modo, según las propiedades físico-químicas de la carga, se establece que la carga y descarga se realice por la parte inferior o bien solo por la parte superior. Se aplican, sobre todo, criterios de toxicidad.

El ADR establece que todas las aberturas situadas en la parte inferior, para el llenado o vaciado de las cisternas (que aparecen con un código que lleva la letra “A”), deben estar equipadas, como mínimo, con dos cierres montados en serie e independientes entre sí, que, a su vez, incluirán:

- Un obturador externo con un tubo de metal que se pueda deformar.
- Un dispositivo de cierre, en el extremo de cada tubo, que puede ser un tapón roscado, una brida ciega* o un dispositivo similar. Este elemento de cierre debe ser lo bastante estanco para que no haya fuga del contenido. Deben tomarse medidas para que no subsista en el tubo ninguna presión, antes de que el dispositivo de cierre esté completamente quitado.

Todas las aberturas que se encuentren situadas en la parte inferior y que sirvan para el llenado o vaciado de las cisternas (que aparecen con un código de cisternas que lleve la letra “B”), deben estar equipadas, como mínimo, con tres cierres montados en serie e independientes entre sí, y que constarán a su vez de:

- Un obturador montado en el interior del depósito (un obturador interno), o en una brida soldada o su contrabrida.
- Un obturador externo o un dispositivo similar.
- Un dispositivo de cierre, situado en el extremo de cada tubo. Puede ser un tapón roscado, una brida ciega o un dispositivo equivalente. Este dispositivo de cierre deberá ser lo bastante estanco para que el contenido no pueda escapar. Deben tomarse medidas para que no subsista ninguna presión en el tubo antes de que el dispositivo de cierre esté completamente quitado.

El obturador interno (una válvula de fondo*) se puede manipular desde arriba o desde abajo. En ambos casos, su posi-

ción (abierta o cerrada), puede verificarse desde el suelo. Los dispositivos de mando se diseñan de modo que no resulte posible una apertura intempestiva, a causa de un choque o por una acción inintencionada.

Si el dispositivo de mando externo se estropea, el cierre interior debe ser capaz de seguir actuando eficazmente.

Para evitar cualquier pérdida del contenido en caso de avería de alguno de los dispositivos exteriores (bocas, dispositivos laterales de cierre), el obturador interno y su asiento se encuentran protegidos contra el riesgo de arrancamiento producido por solicitaciones exteriores. Los elementos de llenado y vaciado (incluyendo las bridas o los tapones roscados) y las tapas de protección que puedan existir, se deben asegurar contra cualquier apertura intempestiva.

La posición y/o el sentido de cierre de los obturadores se debe mostrar claramente, sin que pueda dar lugar a error.

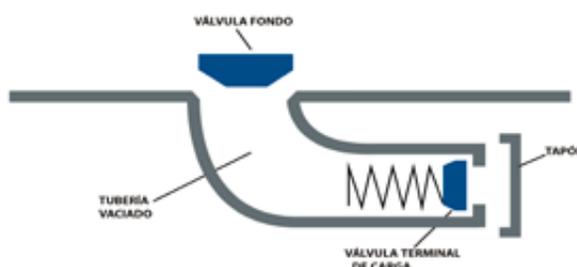


Imagen 140. Válvulas descarga

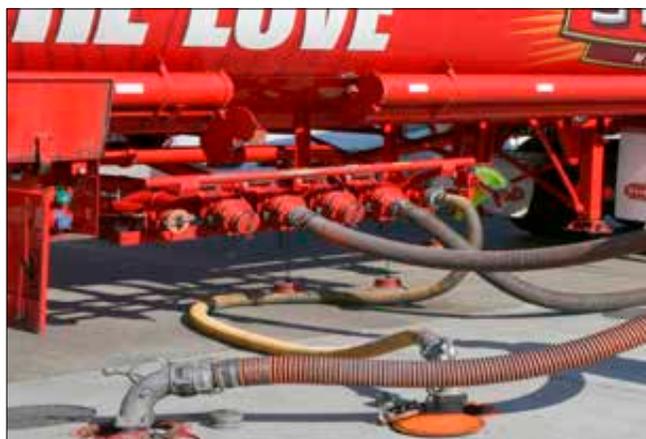


Imagen 141. Compartimento de descarga

Todas las aberturas de las cisternas que han sido señaladas por un código de cisterna que lleve la letra “C” o la “D” se deben encontrar por encima del nivel del líquido. Estas cisternas no pueden tener tuberías ni derivaciones por debajo del nivel del líquido. Sin embargo, sí se permiten orificios de limpieza (boca de acceso manual) en la parte inferior del depósito de las cisternas marcadas con un código que lleve la letra “C” en la tercera parte. Estos orificios deben poder obtenerse por una brida cerrada de modo estanco. En España su construcción debe ser aprobada por la autoridad competente o por el organismo que se designe.

La válvula de fondo se puede abrir de forma manual, hidráulica o neumática. En el caso de accidente se pueden forzar con ayuda de una llave fija o con un destornillador presionando en la parte inferior de la válvula. De esta manera se separa la válvula del depósito, y el producto puede llegar hasta la válvula terminal de carga.

* Ver glosario



Imagen 142. Válvula de fondo neumática



Imagen 143. Llave apertura superior de válvula de fondo



Imagen 145. Descarga GLP

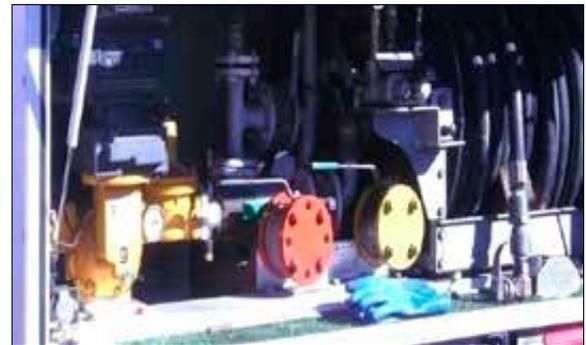


Imagen 146. Armario descarga GLP

Algunas materias se pueden cargar o descargar en estado gaseoso o líquido. La válvula de la fase gaseosa es de un diámetro inferior al de líquido y posee un tapón roscado o abrazadera en su extremo. La de la fase líquida es de mayor diámetro o consta de dos válvulas de salida. En la imagen inferior se aprecia en el lado izquierdo cómo baja el tubo buzo hasta la parte inferior de depósito, así siempre se descarga en fase líquida. En la imagen central se puede ver la parte superior interna de la cisterna; señalada en amarillo se ve la salida de gas, y en rojo la conexión del tubo buzo con la válvula de descarga. En la imagen de la derecha se muestra la parte inferior del tubo buzo.

En esta imagen se ve una cisterna que solo puede tener aberturas por la parte superior del líquido, como es el caso del cloro y de otros productos muy tóxicos que pueden ser descargados en fase líquida y/o gaseosa.

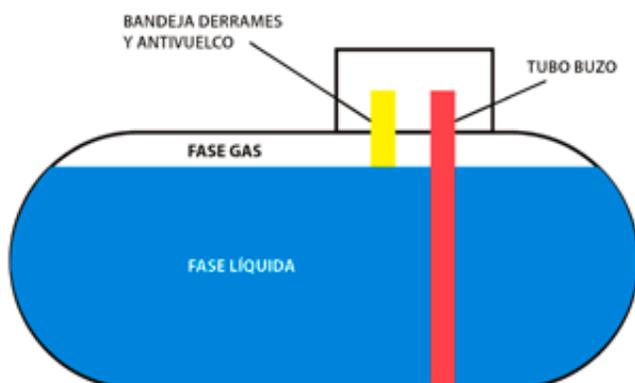


Imagen 144. Tubo buzo líquidos

Los gases licuados del petróleo pueden viajar en un armario, como se ve en la imagen anterior o bien con la protección de alguna válvula sin ir completamente cerrado. Siempre irán en la parte inferior, pues no tienen un nivel de toxicidad tan alto como otros productos.

Esta imagen muestra las válvulas ubicadas en la parte superior de una cisterna codificada L10DH. La D indica que las aberturas de llenado/vaciado están situadas en la parte superior; no existen aberturas por debajo del nivel del líquido.

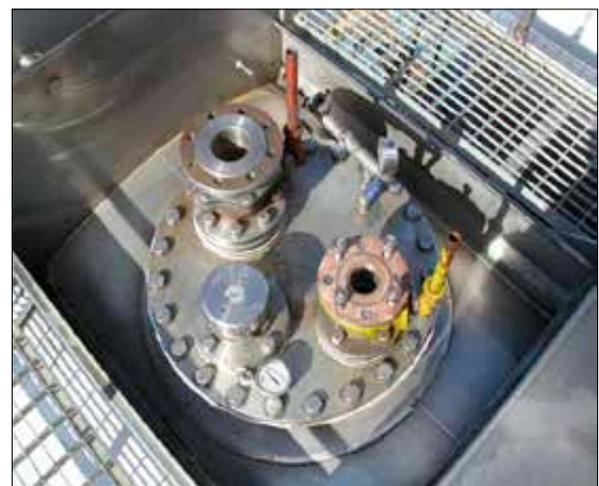


Imagen 147. Cisterna L10Dh

i) Parasol

Es una protección calorífuga señalada por las normas y que debe estar colocada en depósitos que requieran mantener una temperatura constante para evitar que se genere sobrepresión por la radiación solar.

Consiste en una plancha curvada situada longitudinalmente a unos 4 cm del depósito para permitir que el aire circule entre ambos elementos. Ocupa como máximo un tercio del diámetro del depósito. Evita por una parte que la radiación solar incremente la temperatura del producto y, por consiguiente, el aumento de la presión interior, y por el otra parte permite que el aire refrigere el depósito. Es un elemento característico de las cisternas de GLP*.



Imagen 148. Vagón cisterna

j) Indicadores de presión

Son elementos que permiten conocer la presión existente en el interior de la cisterna. Así, en caso de vuelco, colisión o fuego exterior, se puede saber cómo afecta al producto del interior.

Puede tratarse de:

- Manómetros: miden la presión en bar o kg/cm² que hay en el interior del depósito.



Imagen 149. Manómetro

- Vacuómetros: expresan la información en bar por debajo de la presión atmosférica, indican depresión o vacío. En la imagen se puede observar desde -0,2 bares hasta -1.



Imagen 150. Vacuómetro

k) Indicadores de temperatura: termómetro

Se pueden localizar directamente sobre la cisterna o en el interior de algún armario (como en la imagen). Aunque puede haber termómetros de lectura digital, lo habitual es encontrar termómetros analógicos que indiquen la temperatura en grados centígrados.



Imagen 151. Termómetro



Imagen 152. Armario termómetro

l) Indicadores nivel

Para realizar un transporte seguro con mercancías peligrosas, resulta imprescindible conocer el nivel de llenado. Hay diferentes tipos de indicadores: de flotador, varillas calibradas o galgas rotativas para cisternas de GLP o amoniaco.



Imagen 153. Flotado

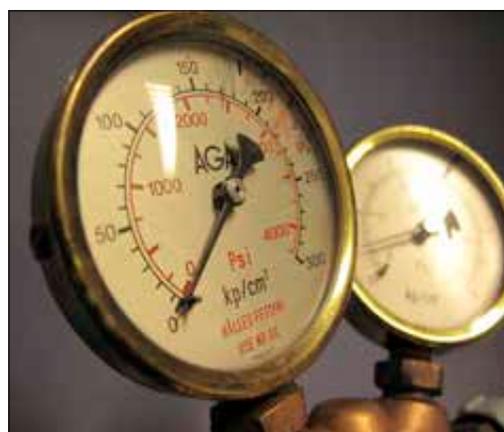


Imagen 154. Manejo

* Ver glosario

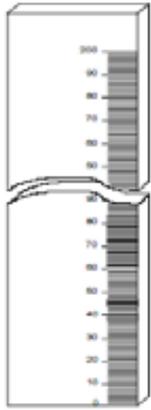


Imagen 155. Varilla calibrada



Imagen 156. Medidor de gpl o amoniaco

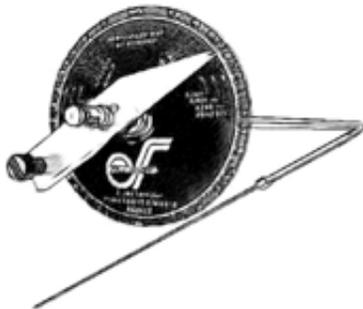


Imagen 157. Galga rotativa. Gpl

La galga rotativa* señala el grado de llenado del líquido en el depósito. Se instala en un lateral o en la parte trasera. Tiene una parte en el interior del depósito introducida en el líquido y otra parte en el exterior en la que se ve (en una escala graduada), el porcentaje de producto almacenado en el interior. Para conocer el nivel de llenado se gira la maneta exterior hasta que sale líquido. Cuando eso ocurre la escala indica el nivel de llenado.

m) Escaleras y barandillas

La existencia de barandillas y escaleras de acceso a la plataforma superior son indicios de que se puede necesitar realizar operaciones de carga y/o descarga en la parte superior. Si se estudian con atención las cisternas de la parte inferior se puede verificar este hecho: la de hidrocarburos está dotada de dichos elementos, sin embargo la de GLP (que carga y descarga por su parte inferior) no los incorpora.



Imagen 158. Escaleras de camión cisterna



Imagen 159. Vagón -cisterna butano



Imagen 160. Tubos de descarga



Imagen 161. Tubos descarga sólidos

n) Armario de conducciones

Se colocan en los laterales de las cisternas de líquidos y sólidos (no se aplica en el caso de transporte de gases). Son

* Ver glosario

fundas o pequeños armarios alargados que se sitúan longitudinalmente y paralelos al depósito. En estos se guardan los accesorios que el conductor precisa para la carga y descarga en diferentes puntos.

o) Armario trasero

Algunas cisternas que transportan productos peligrosos están dotadas de un armario trasero en el que se monta un panel de control (termómetro, manómetros...), así como las válvulas y los orificios de carga y descarga.

Estos armarios protegen dichos elementos e indican, normalmente, que se trata de cisternas criogénicas (dióxido de carbono, oxígeno...). Aunque también se pueden utilizar con otros productos, como cuando se transporta gas natural.



Imagen 162. Armario trasero cisterna nitrógeno

p) Compresor

Las materias peligrosas que se transportan en estado sólido pulverulento requieren para su descarga la ayuda de una presión superior a la atmosférica que minimice el tiempo de vaciado. Esta presión se puede lograr con un compresor externo al depósito, con una toma de presión directamente de sus calderines o con una toma a la que se conecte la presión desde un punto de la zona de descarga. Es importante no confundir las tomas de presión con las tomas de vapor que facilitan la descarga de productos líquidos muy viscosos.



Imagen 163. Compresor de cisterna



Imagen 164. Presión de vapor



Imagen 165. Cono descarga sólidos

Otras cisternas que transportan los sólidos granulados realizan la descarga por gravedad a través del cono de la parte trasera. El depósito bascula sobre el chasis y la parte delantera se eleva.



Imagen 166. Pistón (negro) para descarga de sólidos

q) Válvula recuperación de vapores

Estas válvulas deben permanecer cerradas cuando la cisterna está circulando y abiertas cuando la válvula de fondo (o el obturador interno de la cisterna o compartimento) se encuentre abierto. El sistema de accionamiento puede ser mecánico o neumático; está diseñado de forma que la válvula de fondo

no pueda ser abierta si la válvula de recogida de vapores está cerrada. Debe ser estanca a la presión de prueba de la cisterna o compartimento.



Imagen 167. Válvula recuperación de vapores

Con estas válvulas se impide la fuga de vapores de los hidrocarburos a la atmósfera cuando están cargando o descargando desde cisternas.

r) Apagallamas

Son dispositivos que permiten apagar, por ejemplo, un frente de llama de los vapores inflamables que se puedan localizar en la parte superior de un depósito. El frente de llama intentará quemar los gases que escapan de la abertura de las válvulas de venteo, por eso el depósito siempre debe permanecer protegido con el apagallamas: para evitar un eventual retroceso de la llama.

s) Otros elementos

- Puestas a tierra: la unidad de puesta a tierra permite la conexión equipotencial de puesta a tierra mientras se realiza la carga y descarga de camiones cisternas de líquido inflamable, allí existe riesgo de que se produzca una explosión.

En algunos casos la puesta a tierra solo permite la conexión del sistema (bomba, válvula, otros) cuando detecta la presencia de un camión cisterna y cuando la conexión a tierra sea inferior a 20 Ohmios. Impide la carga si no se cumplen simultáneamente estas dos condiciones.

- Válvulas de Seguridad de Corte Hidráulico COH: aíslan los depósitos o líneas si existe fuego. La presión hidráu-



Imagen 169. Toma de tierra

lica mantiene la válvula abierta. En caso de fuego exterior su fusible se funde, se libera la presión hidráulica y la válvula se cierra instantáneamente.

- Equipamiento diverso y equipos de protección personal: Las cisternas deben llevar equipos de protección acordes con la etiqueta de peligro de las mercancías cargadas. Toda unidad de transporte de estas mercancías debe llevar a bordo el siguiente equipamiento:
 - Un calzo por vehículo, ha de ser de dimensiones adecuadas a la masa bruta máxima admisible del vehículo y del diámetro de las ruedas.
 - Dos señales de advertencia autoportantes.
 - Líquido para el lavado de los ojos.
 - Cada integrante de la tripulación del vehículo debe disponer de un chaleco o ropa fluorescente, un aparato de iluminación portátil, un par de guantes de protección y un equipo de protección ocular (como gafas protectoras).

Además, como equipamiento adicional, se requiere para ciertos transportes, máscara de evacuación de emergencia por cada integrante de la tripulación de a bordo para las clases 2.3 y 6.1; y una pala, un recipiente colector y un obturador de alcantarilla para las materias sólidas y líquidas con etiquetas 3, 4.1, 4.3, 8 y 9.

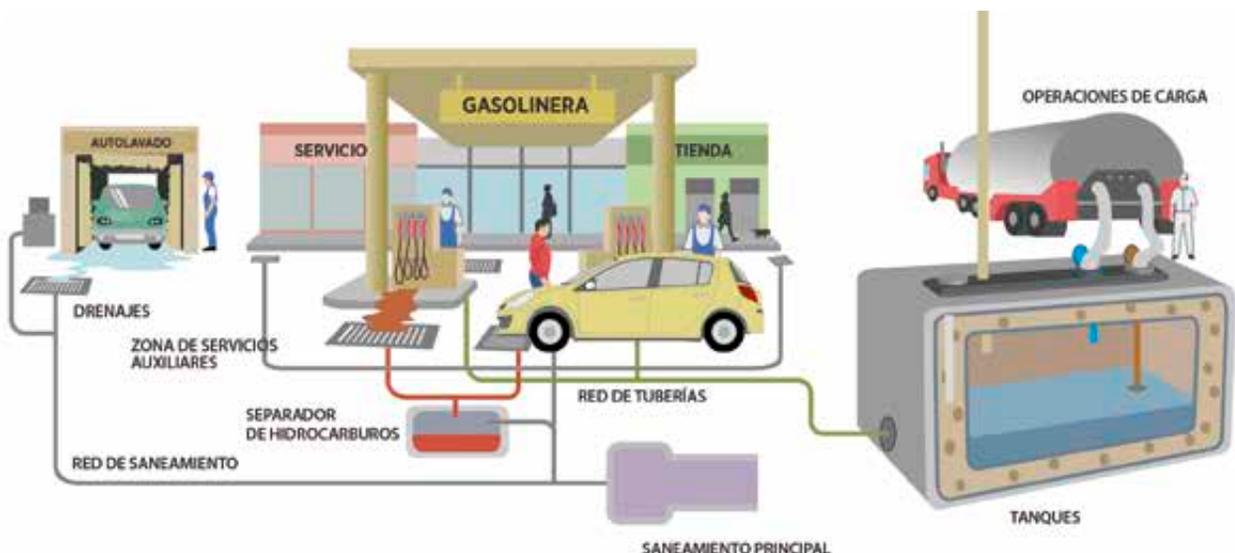


Imagen 168. Recuperación de vapores

4.2.4. FICHAS TÉCNICAS DE CISTERNAS

En la siguiente tabla se recogen las materias por el nº ONU con sus respectivas indicaciones, así como el código de

cisterna que le marca el ADR. De esta forma se ve que, por ejemplo, al nº ONU 1017 (cloro), corresponde la cisterna P22DH y, para el UN1830 (ácido sulfúrico), L4BN.

Tabla 27. Materias por el nº ONU, Clase, Etiqueta y Código de cisterna que le marca el ADR

ONU	CLASE	ETIQUETAS	CISTERNAS ADR		VEHÍCULO	NIP
			CÓDIGO	DISPOSICIONES		
1011	2 2F	2,1	PxBN (M)	TA4, TT9	FL	23
1017	2 2TOC	2.3, 5.1, 8	P22DH (M)	TA4, TT9, TT10	AT	265
1077	2 2F	2,1	PxBN (M)	TA4, TT9	FL	23
1083	2 2f	2,1	PxBN (M)	TA4, TT9	FL	23
1114	3 F1	3	LGBF		FL	33
1170	3 F1	3	LGBF		FL	33
1202	3 F1	3	LGBF		ATT	30
1203	3 F1	3	LGBF	TU9	FL	33
1263	3 F1	3	LGBF		FL	33
1789	8 C1	8	L4BN		AT	80
1824	8 C5	8	L4BN		AT	80
1830	8 C1	8	L4BN		AT	80
1863	3 F1	3	LI.5BN o LGBF		FL	33
1942	5,1	5,1	SGAV	TU3	AT	50
1965	2 2F	2,1	PxBN (M)	TA4, TT9	FL	23
1971	2 1F	2,1	CxBN (M)	TA4, TT9	FL	23
1972	2 3F	2,1	RxBN	TU18 TA4 TT9	FL	223
1977	2 3A	2,2	RxBN	TU18 TA4 TT9	AT	22
2031	2 C01	8 5,1	L4BN		AT	85
2055	3 F1	3	LGBF		FL	39
2067	5,1 O2	5,1	SGAV	TU3	AT	50
2291	6.1 T5	6,1	SGAH L49H	T415 TE19???	AT	60
2794	8 C11	8				80
3065	3 F1	3	LGBF		FL	30
3082	9 M6	9	LGBV		AT	90
3257	9 M9	9	LGAV	TU35 TC7 TE6	AT	99

Con estos datos y la siguiente tabla extraída del Protocolo del CEIS para Intervención con Sustancias Peligrosas, en función de los códigos, se puede conocer:

- 1ª letra del código: indica el estado en que se encuentra la materia.
- 2ª letra: la presión de cálculo que posee la cisterna.
- 3ª letra: indica la localización de las aberturas y orificios.
- 4ª letra: especifica si posee una válvula de seguridad o de alivio, o si está cerrada herméticamente y no posee válvula de seguridad.



Tabla 28. Cuadro protocolo NRBQ* (CEIS GUADALAJARA)

CODIFICACIÓN DE CISTERNAS / CONTINENTES	1ª LETRA. TIPO DE CISTERNA	L= Para materias líquidas o sólidas en estado fundido S= Para materias sólidas (pulverulentas o granuladas) C= Para gases comprimidos P= Para gases licuados o disueltos R= Para gases licuados refrigerados
	2ª LETRA. PRESIÓN DE CÁLCULO	G/X= presión mínima de cálculo (número=Presión en bares) - Si pone G= Atmosférica, para líquidos. - Si pone X= Según legislación, para gases
	3ª LETRA. ABERTURAS	A= Aberturas de llenado/vaciado; en el fondo y con 2 cierres B= Aberturas de llenado/vaciado; en el fondo (bajo el nivel del líquido y con 3 cierres C= Aberturas de llenado/vaciado; en la parte superior. Por debajo del nivel del líquido sólo tiene orificios de limpieza D= Aberturas de llenado/vaciado; en la parte superior. Sin aberturas por debajo del nivel del líquido
	4ª LETRA. VÁLVULAS O DISPOSITIVOS SEGURIDAD	V= Con dispositivo de respiración, sin dispositivo de protección contra el fuego ó cisterna no resistente a la presión generada por una explosión F= Con dispositivo de respiración, con dispositivo de protección contra el fuego ó cisterna resistente a la presión generada por una explosión N= Válvula de seguridad. Que no está cerrada herméticamente H= Cisterna cerrada herméticamente*

En el siguiente cuadro se desglosan los tipos de cisternas y los elementos que pueden llevar: galga rotativa, protección antivuelco, boca de hombre... divididos en función de las 25

materias y sus propiedades específicas (granulados, líquidos inflamables, líquidos corrosivos, GLP, gases licuados criogenizados o gases comprimidos)

	Número de compartimentos	Materia de construcción	Sección / casquetes	Presión del cálculo (bar)	Presión de trabajo (bar)	Calorifugado	Aislamiento	Nivel máximo de llenado	Instrumentos de medida visible	Nivel visible con cámara térmica	Válvula de seguridad	Protección antivuelco	Escaleras / barandilla	Bandeja derrames	Boca de hombre
Sólidos Granulados / Pulverulentos	1	Aluminio / Inox	circular o especial / planos	1,5	<1	No	No			Si	No	Si	Si	No	Si
Líquidos inflamables / no presurizados	1≤6	Hcarb: Alum 4mm Otros: Inox 3 mm	Elíptica / planos	1,4	1	No. Exc 3257	No	97%		Si. Exc. 3257	5 efectos	Si	Si	Si	Si
Líquidos corrosivos	Puede	Inox	Circular / planos	4	<2,6	No	No			Si	Si + DiscoR	Si	Si	Si	Si
Gases licuados (P) / disueltos	1	Acero al carbono / Inox 10mm	Circular / esféricos	10 – 27	≤20	No	No	85%	Galva Rotativa	Si	Si	No	No	No	No
Gases licuados criogénicos	1	Acero >3mm	Circular	≤ 5	≤3	No	Si	95%	Termómetro	No	Si	No	No	No	No
Gases comprimidos	1	Acero / Acero + Aluminio	Circular	≤ 9	≤7	No	Si	85%		No	Si. Varias	No	No	No	No

4.3. ROTURA DE RECIPIENTES

Uno de los mayores peligros que existen durante una intervención –en lo relativo al alcance y las consecuencias–, es el estallido de los recipientes que contienen mercancías peligrosas. Las explosiones producidas por la ignición de nubes de vapor y por estallidos de recipientes obligan a establecer Zonas de Planificación, lo que supone identificar previamente las variables primarias más características (sobrepresión,

impulso y alcance de los fragmentos). Estudio recogido en DÍAZ ALONSO, F. (2006), Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales.

Independientemente de cuál sea el tipo de explosión que genera la rotura del contenedor, sus consecuencias son idénticas. Toda explosión produce una onda de presión que se propaga en el ambiente y es la causante de los efectos des-

* Ver glosario

tructivos. La energía liberada interactúa con los elementos vulnerables del vehículo de transporte. Además de la onda de presión, en muchas ocasiones también salen disparados fragmentos, especialmente cuando estalla el recipiente.

4.3.1. CAUSAS DE SOBREPRESIÓN

Las situaciones que producen percances por sobrepresión pueden clasificarse de la siguiente forma:

- **Incendio externo:** es la situación que requiere un mayor caudal de alivio, ya que el calor del incendio aporta por transferencia una gran cantidad de energía. La energía que puede absorber el fluido contenido en el recipiente está limitada por la superficie de este y la clase de aislamiento contra el fuego que posea.
- **Efectos ambientales:** son los efectos producidos por la radiación solar y por los cambios en la temperatura y en la presión atmosférica que puedan modificar tanto la presión interna, como el flujo del venteo de alivio de vapor. Hay que tener en consideración la influencia que el aumento de temperatura ejerce sobre la dilatación* de la fase líquida; en ocasiones puede llegar a producir la ruptura del recipiente. Si se ha respetado el grado de llenado sin llegar a sobrepasarlo, este efecto no llega a producir una rotura.
- **Actuaciones incorrectas:** las más habituales se deben al mal uso en el manejo de válvulas, como por ejemplo, un cierre inadvertido en la conducción de salida de un recipiente; la apertura de válvula en la entrada, actos que pueden ocasionar una sobrepresión. Además del mal uso de las válvulas, hay otros errores posibles, la adición de una sustancia incorrecta a un reactor, una dosificación inadecuada, una operación intermitente realizada a destiempo como un purgado o una regeneración (depuración).
- **Fallos de instrumentación:** el mal funcionamiento de un dispositivo de control automático (al cerrar una válvula de control de salida o abrir una de control de entrada), puede llegar a generar una sobrepresión originada en una fuente de alta presión o alta energía.
- **Fallos de válvulas:** los fallos mecánicos de válvulas pueden producir también alguna de las situaciones anteriores.

Las razones por las que un recipiente se puede romper son muy variadas: por debilidad estructural (corrosión, erosión, fatiga, defectos de los materiales), por impactos externos, por el aumento de la presión debido a muy distintas causas (sobrellenado, reacción fuera de control, explosión interna...) o por combinación de algunos de los fenómenos ya descritos. Por ejemplo, el recalentamiento por un incendio externo produce simultáneamente el aumento de la presión interior del recipiente y el debilitamiento y posterior fallo de los materiales que lo conforman.

El estallido puede tener lugar a la presión normal de operación o como consecuencia del aumento de esta. En este caso, los dispositivos de seguridad de los recipientes a presión alivian la presión interna en cuanto se alcanzan ciertos límites. La explosión se produce cuando los sistemas de alivio no son capaces de compensar el aumento de presión o cuando dichos sistemas fallan.

Cuando se produce el estallido, la energía del fluido hace que se formen proyectiles y genera una onda de presión. Ade-

más, pueden darse otra serie de consecuencias asociadas. La fuga de estos productos puede producir una bola de fuego, una explosión de nube de vapor, un incendio flash o crear una nube tóxica. Que esto ocurra o no, depende de las características inflamables y tóxicas de los productos transportados o que se generan en la combustión. Las circunstancias de cada accidente también influyen.

El nivel de la onda de presión y el alcance de los proyectiles formados dependerán de la energía interna del fluido contenido en el recipiente y de cómo ésta se transforma en energía mecánica.

El origen de la energía responsable de la rotura del recipiente puede ser:



Imagen 170. Origen energía responsable.

4.3.2. LA PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS

El estallido de los contenedores proyecta fragmentos que en muchas ocasiones pueden alcanzar grandes distancias. Estos “proyectiles” provocan importantes daños si impactan contra seres humanos, edificios o estructuras. Los fragmentos lanzados por las explosiones pueden ser primarios (los generados por la rotura del recipiente afectado) o secundarios, como consecuencia de las ondas de presión externas sobre equipos o estructuras que producen la formación de nuevos fragmentos de edificaciones (muros, tejados,...) o equipos (tuberías, contenedores, estructuras de soporte,...).

Su desprendimiento y aceleración están en función de su ubicación, masa y dimensiones, así como de los parámetros propios de la onda de presión. El número de fragmentos proyectados por la rotura de un recipiente varía enormemente y depende de las causas de la rotura, de la forma del contenedor y de las condiciones en que el material peligroso estaba almacenado.

Las roturas de los recipientes se dividen en dúctiles y frágiles. Las dúctiles son las más habituales en la industria, producen pocos fragmentos de gran tamaño, poseen un elevado potencial de causar daños. Las fracturas frágiles producen fragmentos de menor tamaño.

Cuando se producen roturas por debilitamiento del material, suelen proyectarse muy pocos fragmentos (normalmente 2 en los cilindros y entre 2 y 5 en las esferas). Pero si la rotura la produce la sobrepresión interna, la estimación del número y el tamaño de los fragmentos solo puede basarse en la experiencia.

La rotura de recipientes esféricos produce normalmente un número alto de fragmentos de tamaño muy similar, entre 3 y 19, los más frecuentes son los valores medios (8-10). Cuando se observó un accidente real en el que se produjo la rotura de una esfera que contenía etileno, se comprobó la formación de siete fragmentos. Se han dado casos en los que la rotura ha generado hasta 35 fragmentos.

* Ver glosario

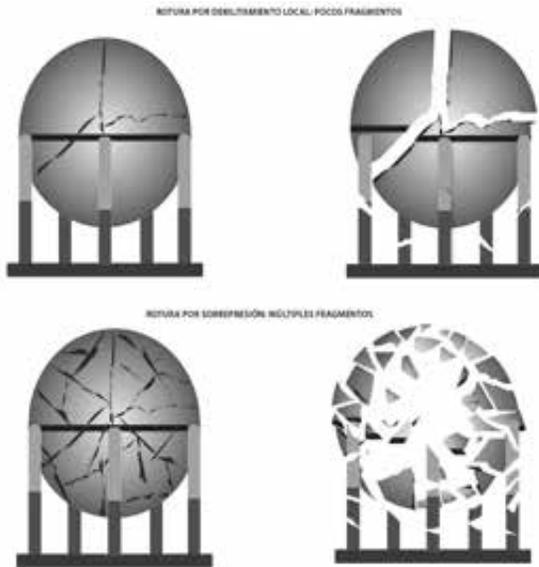


Imagen 171. Roturas más habituales en recipientes esféricos



Imagen 172. Depósitos gas natural

Los depósitos cilíndricos o cisternas son los más usados en España por su capacidad para transportar la mayoría de las materias recogidas en el ADR. La rotura se inicia frecuentemente en dirección axial, aunque suele continuar de forma

circular, lo que provoca la aceleración y la proyección de los extremos semiesféricos. Es normal que los cilindros sufran roturas dúctiles cerca de uno de los extremos (originando dos fragmentos) o por ambos (originando tres), aunque en ocasiones también se puede producir una rotura frágil, generando gran número de fragmentos. En el 75% de los estallidos de este tipo de recipientes se genera un promedio de 2,7 fragmentos.

Tabla 29. Accidentes ocurridos. Materias y consecuencias (DÍAZ, 2006)

ACCIDENTE	RECIPIENTE / VOLUMEN	SUSTANCIA	FRAGMENTOS(m)
Estallido de un recipiente cilíndrico en Doe Run (Perú) como consecuencia de una descomposición en fase gas.	Recipiente cilíndrico de 2.7 x 8 m y 16000 kg de masa	Óxido de etileno	530 m
Estallido de un recipiente esférico en Feyzin (Francia). Explosión de una serie de recipientes esféricos y cilíndricos (efecto dominó*). Se calcula en este caso la BLEVE*.	Esfera de 13.3 m de diámetro y 220 Tm de masa, que contenía un 60% de líquido.	Propano licuado	La distancia indicada en la referencia es de 325 m para los fragmentos más grandes y entre 600 y 800 m para fragmentos de menor tamaño.
Serie de accidentes (explosiones) recogidos por Baker (1977).	Recipientes cilíndricos de 30000 kg de masa y medidas 3 x 16 m con presiones de fallo próximas a 10 bar.	Propano licuado	700 m
Serie de accidentes (explosiones) recogidos por Baker (1977).	Recipientes cilíndricos de 30000 kg de masa y medidas 3 x 16 m con presiones de fallo próximas a 2.6 bar.	Propano licuado	450 m
Estallido de un camión cisterna en Los Alfaques	Camión cisterna de 45 m ³ con 25 Tm de propileno a 8 bar. La cisterna no tenía ningún sistema de alivio de presión.	Propileno	La distancia indicada en la referencia es de 300 m.
Estallido de un recipiente esférico en San Juan Ixhuatepec (México). Explosión de una serie de recipientes esféricos y cilíndricos (efecto dominó).	Esfera de 14.5 m de diámetro y 155 Tm de masa, que contenía un 50% de líquido.	Propano licuado	La distancia indicada en la referencia es de 600 m.
Estallido de un recipiente cilíndrico en Grangemouth (Reino Unido)	Cilindro que contiene gas (la simulación se realiza con nitrógeno) de 3 x 8.5 m y 16000 kg de masa.	Gas	560 m
Estallido de un camión cisterna en Tivissa, Tarragona al salirse de la carretera e incendiarse. La explosión equivale a la producida por 75 kg de TNT.	Estallido de un camión cisterna	Gas natural licuado	Se generaron tres grandes fragmentos, uno de los cuales recorrió una distancia de 257 m
Explosión de una esfera de etileno en una zona industrial en las afueras de Beijing.	Recipiente esférico en Beijing (China)	Etileno	La esfera se rompió en 7 fragmentos, con masas de hasta 46000 kg. La distancia máxima alcanzada fue un fragmento de 14 Tm a 840 m.

* Ver glosario

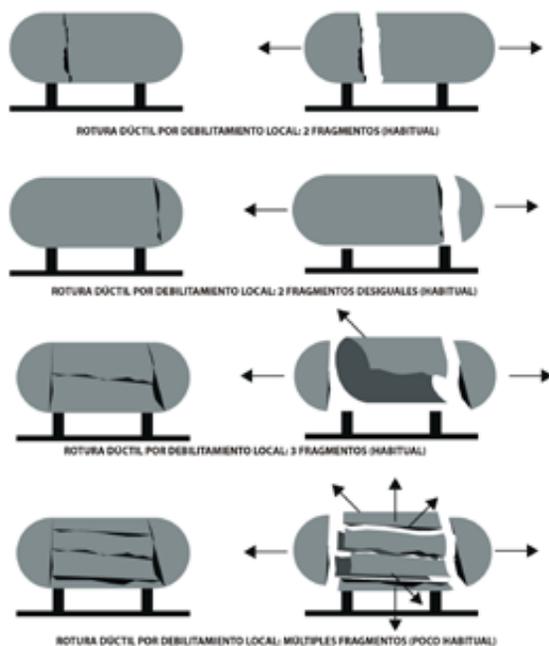


Imagen 173. Tipos de roturas de recipientes cilíndricos

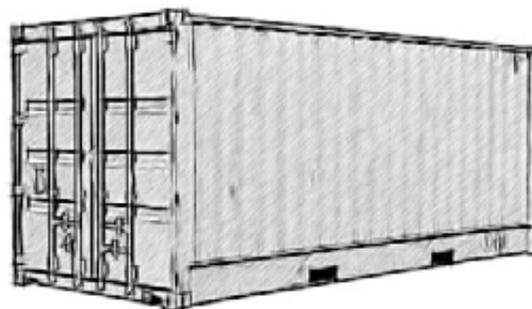


Imagen 175. Contenedor cerrado



Imagen 176. Contenedor con carbón para barbacoa incendiado durante su transporte en un buque en alta mar

4.4. CONTENEDORES

Un contenedor es un elemento destinado al transporte (un armazón u otro elemento análogo) con las siguientes características:

- Tiene un carácter permanente y es, por consiguiente, lo suficientemente fuerte para ser utilizado reiteradamente.
- Está específicamente diseñado para realizar el transporte de las mercancías, sin operaciones intermedias de carga y descarga, mediante uno o varios modos de transporte.
- Está equipado con dispositivos destinados a facilitar su estiba y su manipulación, especialmente para el trasbordo de un medio de transporte a otro.
- Está concebido para que su llenado y vaciado sea sencillo.
- Tiene un volumen interior no inferior a 1 m³, salvo los contenedores destinados al transporte de materias radiactivas.

Los contenedores pueden no tener techo o poseerlo rígido, con paredes laterales rígidas, paredes externas rígidas y un suelo; también pueden ir provistos de toldos para proteger la mercancía cargada.

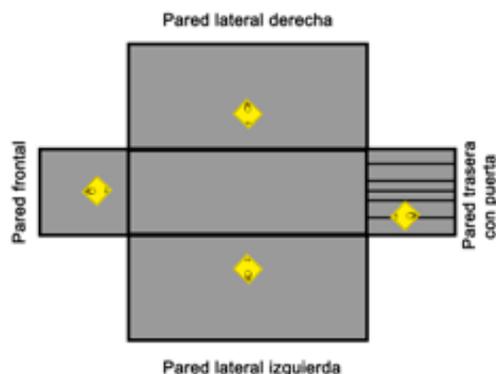


Imagen 174. Toldo para vehículo abierto

El flexitank es un nuevo modelo de contenedor que ha proliferado últimamente y que permite transportar líquidos a granel (vino, aceite, productos alimenticios, etc.). No está destinado a mercancías peligrosas. Sus principales ventajas son la sencillez de uso, amplia disponibilidad y un coste más reducido que el transporte con un tank container. Actualmente ya se comienzan a usar para transportar líquidos químicos no catalogados como mercancías peligrosas en el ADR (lubricantes, aceites, biodiesel...). Son bolsas de plástico, de una o varias capas, que generalmente solo se usan una vez. La bolsa está provista de una válvula para la carga y descarga del producto. Tiene una capacidad de 24.000 litros.



Imagen 177. Flexitank en contenedor



5. RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN

En toda intervención resulta vital la valoración que se realiza del siniestro en los momentos iniciales. Las decisiones que se adopten para controlar una emergencia con sustancias químicas se basarán en la identificación de los materiales o sustancias peligrosas involucradas. Por tanto, su pronta identificación permitirá hacer una rápida evaluación de su impacto potencial y determinar los peligros asociados para adoptar cuanto antes las pautas de seguridad que se deben aplicar, tanto para los intervinientes como para las personas y el entorno involucrados.

Una intervención ante un mismo producto, presentará grandes diferencias en función de dónde se localice el incidente: durante su transporte o en las instalaciones de fabricación o almacenaje. Además de la lógica variación de medios materiales y humanos implicados en un escenario u otro, la normativa obliga a las industrias a identificar el lugar donde se ubican esas sustancias, indicar en qué cantidad y, sobre todo, a implantar medidas preventivas y de protección por si tuviera lugar algún suceso imprevisto. La identificación de las sustancias implicadas en un accidente de tráfico o ferroviario resulta mucho más complicada ya que puede tratarse de cualquiera de las 3000 recogidas en el ADR y los medios disponibles en el lugar del incidente pueden ser mínimos.

El Comité de expertos en el transporte de Mercancías Peligrosas del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas aprobó la regulación del transporte de estas sustancias. Como ya se ha referido, las medidas acordadas se plasmaron en los siguientes reglamentos para facilitar su identificación:

- ADR: reglamento europeo para el transporte por carretera de mercancías peligrosas.
- IMO-IMDG: cuando se realiza por vía marítima
- IATA-OACI: transporte por vía aérea.
- RID: cuando se transporta por vía ferroviaria.

Dado que en estos incidentes es fundamental evitar la propagación de la contaminación, resulta primordial establecer zonas de control e intervención donde únicamente esté el personal estrictamente imprescindible. En muchas ocasiones, hay información visible a cierta distancia (el tipo y la forma de las cisternas, el placas, etiquetas y marcas corporativas, el panel naranja...), que propicia que ya se pueda empezar a trabajar para solucionar el incidente sin necesidad de acercarse a la materia. Conocer sus características desde lejos minimiza los riesgos para los intervinientes, favorece la rapidez de su respuesta, proporciona más tiempo de trabajo efectivo y facilita las acciones de descontaminación o tratamiento médico.

El sistema de marcación ONU se diseñó para que, de forma rápida, se puedan conocer varias caracte-

rísticas de los envases, las propiedades físico-químicas de las materias peligrosas del interior y el riesgo que estas sustancias suponen. Establece, además, las señales, símbolos, carteles y etiquetas que deben portar los vehículos o los recipientes contenedores y la forma y la ubicación en la que deben colocarse.

Siguiendo este modelo, el Departamento de transporte de EEUU (DOT), a su vez, clasifica las mercancías peligrosas (denominadas hazmat) en 13 clases.

5.1. PANEL NARANJA

El panel naranja ha de ser retroreflectante, rectangular (base de 40 cm y altura de 30 cm), bordeado de un ribete negro de 1,5 cm. Puede ir dividido en dos partes por una línea negra de iguales características. Será de material resistente a la intemperie de forma que asegure una señalización duradera y no deberá separarse de su fijación después de un incendio de una duración de 15 minutos. Tiene que permanecer fijado al vehículo sea cual sea la orientación de este: dos paneles naranja, uno en la parte delantera y otro en la parte posterior y de forma bien visible. En algunos casos, también se colocan en los costados. Los contenedores que transporten mercancías peligrosas sólidas a granel, los contenedores cisterna, CGEM y las cisternas portátiles pueden sustituir la placa por una hoja autoadhesiva, una pintura u otro procedimiento similar. En caso de incendio, aguantan 15 minutos si la materia transportada es inflamable.

Si en el vehículo no existe suficiente superficie para fijar este panel (por su tamaño o diseño), las dimensiones pueden reducirse hasta los 30 cm. para la base, 12 cm para la altura y 1 cm para el reborde negro. En ese caso, las materias radiactivas que se transporten en la modalidad de uso exclusivo, solo requieren el número de ONU. El tamaño de las cifras puede reducirse a 6,5 cm de altura y 1 cm de grosor del trazo.

En la parte superior del panel se indica el número de identificación de peligro (NIP) y en la inferior aparece el nº ONU.

Tabla 30. Clases de mercancías peligrosas según ADR

CLASE	TIPO	OBSERVACIONES
1	Materias y objetos explosivos	Subdivididos en grupos de compatibilidad
2	Gases	Licuada, comprimidos o disueltos
3	Líquidos inflamables	Punto Inflamación < 60° C
4,1	Sólidos inflamables	No explosivos
4,2	Materias que pueden experimentar inflamación espontánea	Pueden conllevar otros riesgos: toxicidad, corrosividad...
4,3	Materias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables	Cuidado, porque reaccionan con el agua
5,1	Materias comburentes	No arden, pero favorecen la combustión
5,2	Peróxidos orgánicos	Cuidado, TDAA ^{6*}
6,1	Materias tóxicas	Cuidado si umbral de olor > IPVS
6,2	Materias infecciosas	Provocan enfermedades.
7	Material radiactivo	Radiaciones ionizantes superiores a 70 kBq/Kg
8	Materias corrosivas	Sólidos o líquidos.
9	Materias y objetos peligrosos diversos	Peligros diferentes a los anteriores.

* Ver glosario

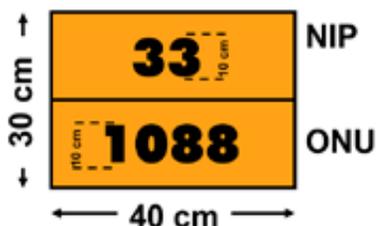


Imagen 178. Ejemplo de panel naranja

En los vehículos caja que transporten bultos con mercancías peligrosas y en cisternas con capacidad inferior a 3000 l, no es obligatorio la presencia de números, pero sí deben llevar los colocados los paneles.

Los vehículos que transporten mercancías peligrosas deben llevar, dispuestos en un plano vertical, dos paneles de color naranja; uno se fija en la parte delantera de la unidad de transporte y el otro en la parte trasera, perpendicularmente al eje longitudinal del vehículo. Tienen que quedar claramente expuestos y ser bien visibles.

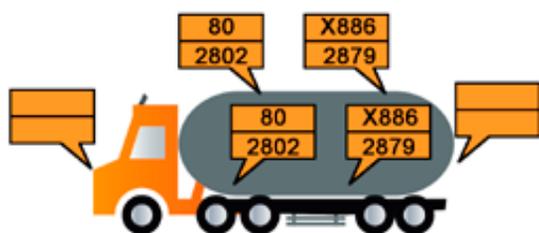


Imagen 179. Vehículo que transporta varias MM.PP.

La normativa no obliga a portar los paneles naranjas a aquellos vehículos cisterna o unidades de transporte que estén compuestas de una o varias cisternas que transporten materias ONU 1202, 1203 o 1223, o carburante de aviación ONU 1268 ó 1863. Los paneles naranjas delanteros y traseros deben indicar el número ONU de la materia más peligrosa transportada, es decir, aquella cuyo punto de inflamación sea más bajo.



Imagen 180. Cisterna que transporta gasóleo



Imagen 181. Vehículo caja con bultos

Las unidades de transporte y los contenedores que trasladen materias sólidas, objetos no embalados o materias radiactivas embaladas, y que porten un solo nº ONU para uso exclusivo, en ausencia de otras mercancías peligrosas, deben llevar, además, paneles de color naranja idénticos a los anteriores, colocados sobre los costados de cada unidad de transporte (o de cada contenedor), paralelamente al eje longitudinal del vehículo, de manera claramente visible. Estos paneles naranjas deben ir provistos del número de identificación de peligro y el número ONU para cada una de las materias que se transportan a granel en la unidad de transporte o en el contenedor, o para materias radiactivas embaladas cuando se transportan bajo uso exclusivo en la unidad de transporte o en el contenedor.



Imagen 182. Vehículo cargado con CGEM

Tabla 31. Colocación panel naranja y placas en vehículos que transporten bultos o a granel (Suela, 2009)

	VEHÍCULO CAJA		CONTENEDOR CAJA		VEHÍCULO PORTACONTENEDOR	
	PANEL NARANJA	PLACA	PANEL NARANJA	PLACA	PANEL NARANJA	PLACA
BULTOS	2 NEUTROS	SOLO RADIATIVOS Y EXPLOSIVOS	NO	4	2 NEUTROS	3 SI NO SON VISIBLES
GRANEL	2 NUMERADOS	3	4 NUMERADOS	4	2 NUMERADOS	3 SI NO SON VISIBLES

Tabla 32. Colocación de paneles naranjas y placas en cisternas que transportan gases o líquidos (ADR)

	VEHÍCULO CISTERNA		CONTENEDOR CISTERNA CISTERNA PORTÁTIL		CGEM	
	PANEL NARANJA	PLACA	PANEL NARANJA	PLACA	PANEL NARANJA	PLACA
UNA MM.PP.	2 NUMERADOS	3	4 NUMERADOS	4	4 NUMERADOS	4
VARIAS MM.PP.	2 NEUTROS + LATERALES NUMERADOS	3	2 NEUTROS + LATERALES NUMERADOS	4	NO	NO

* Neutro: panel naranja sin números. Numerados: número correspondiente a la mercancía.



Si los paneles naranja colocados en los contenedores, contenedores cisterna, CGEM o cisternas portátiles no resultan perfectamente visibles desde el exterior del vehículo, deben colocarse, además, estos mismos paneles en los costados laterales del vehículo.

5.1.1. NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO (NIP)

Es un número formado por dos o tres dígitos e identifica (en función de los códigos indicados más abajo), los principales peligros que puede representar dicha materia. El número debe colocarse en la parte superior del panel naranja. También se le denomina código Kemler.

En general, indican los peligros siguientes:

1. Emanación de gases resultantes de presión o de una reacción química.
2. Inflamabilidad de materias líquidas (vapores) y gases o materia líquida susceptible de autocalentamiento.
3. Inflamabilidad de materia sólida o materia sólida susceptible de autocalentamiento.
4. Comburente (que favorece el incendio).
5. Toxicidad o riesgo de infección.
6. Radiactividad*.
7. Corrosividad.

8. Peligro de una reacción violenta espontánea. Se incluye la posibilidad, debida a la propia naturaleza de la materia, del peligro de explosión, de descomposición o de una reacción de polimerización seguida de un considerable desprendimiento de calor o de gases inflamables y/o tóxicos.

Estas son otras normas a tener en cuenta para interpretar la información que aporta:

- La duplicación de una cifra indica que se intensifica el peligro relacionado con ella.
- Cuando sea suficiente una sola cifra para indicar el peligro de una materia, el número se debe completar con un cero.
- Cuando el número de identificación del peligro viene precedido por la letra "X", indica que la materia reacciona peligrosamente al contacto con el agua. Con estas materias, el agua solo puede emplearse por expertos.
- En las materias de clase 1, el código de clasificación se utiliza como número de identificación de peligro. El código de clasificación se compone de:
 - El número de la división: 1.1, 1.2...
 - La letra del grupo de compatibilidad: A, B, C...

Con estos datos se pueden identificar los peligros, excepto en los números siguientes, que poseen un significado especial: 22, 323, 333, 362, 382, 423, 44, 446, 462, 482, 539, 606, 623, 642, 823, 842, 90 y 99.

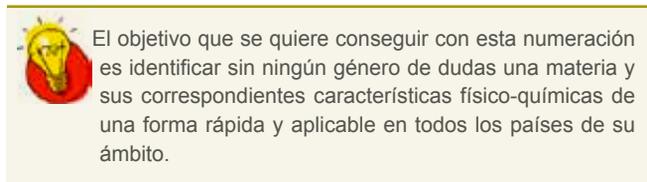
Tabla 33. Significado de los números de identificación de peligro "particulares" (ADR)

NIP	SIGNIFICADO
22	Gas licuado refrigerado*, asfixiante
323	Materia líquida inflamable que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables
333	Materia líquida pirofórica
362	Materia líquida inflamable, tóxica, que reacciona con el agua emitiendo gases inflamables
382	Materia líquida inflamable, corrosiva, que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables
423	Materia sólida que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables, o sólido inflamable que reacciona con el agua, emitiendo gases inflamables, o sólidos que experimentan calentamiento espontáneo y que reacciona con el agua, emitiendo gases inflamables
44	Materia sólida inflamable que, a una temperatura elevada, se encuentra en estado fundido
446	Materia sólida inflamable y tóxica que, a una temperatura elevada, se encuentra en estado fundido
462	Materia sólida tóxica, que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables
482	Materia sólida corrosiva, que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables
539	Peróxido orgánico inflamable
606	Materia infecciosa
623	Materia tóxica líquida, que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables
642	Materia tóxica sólida, que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables
823	Materia corrosiva líquida, que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables
842	Materia corrosiva sólida, que reacciona con el agua desprendiendo gases inflamables
90	Materia peligrosa desde el punto de vista medioambiental, materias peligrosas diversas
99	Materias peligrosas diversas transportadas en caliente

* Ver glosario

5.1.2. NÚMERO ONU

Es un número específico que el Comité de Expertos de las Naciones Unidas recoge en su libro naranja y que en Europa se le dio cabida a través del ADR por transposición del Libro Naranja. Es una cifra formada por cuatro dígitos que identifica una sustancia o mercancía peligrosa destinada a ser transportada.



Algunos de los números ONU más conocidos en la Industria son:

- Gasolina UN 1203
- Acetona UN 1090
- Carburo de Calcio UN 1402
- Peróxido de Hidrógeno estabilizado, UN 2015
- Ácido Clorhídrico UN 1789
- Ácido Sulfúrico UN 1830

En ocasiones, el número ONU puede englobar diferentes sustancias que, teniendo nombres distintos, posean características o peligrosidad semejantes.

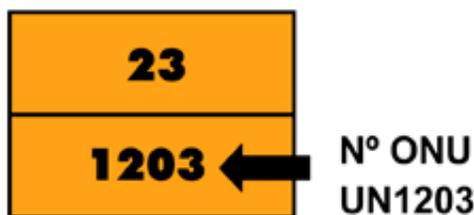


Imagen 183. Panel naranja

5.2. PLACAS Y ETIQUETAS

Los paneles naranja deber ir fijados en el vehículo, pero, además, los bultos deben portar etiquetas de peligro*; y los contenedores, cisternas y vehículos deben llevar placas-etiquetas. La finalidad de ambos elementos es señalar tanto los bultos como los depósitos o recipientes que contengan las mercancías peligrosas, de manera que se identifiquen con rapidez las materias y/o los peligros asociados.

5.2.1. MARCAS SOBRE BULTOS

Salvo que se indique lo contrario en el ADR, el número ONU debe figurar sobre cada bulto. Va precedido por las letras "UN", de manera clara y duradera. El número de ONU y las letras "UN" deben medir al menos 12 mm de altura o un mínimo de 6 mm de altura en los siguientes casos: envases/embalajes de una capacidad de 30 litros o menos, o de 30 kg de masa neta máxima y las botellas con una capacidad de agua de 60 litros o menos. En los envases/embalajes con una capacidad de 5 litros o 5 kg o menos, las letras deben tener las dimensiones adecuadas. En el caso de objetos no emba-

lados, el marcado debe figurar directamente sobre el objeto, sobre su armadura o sobre su dispositivo de manipulación, de estiba o de lanzamiento.

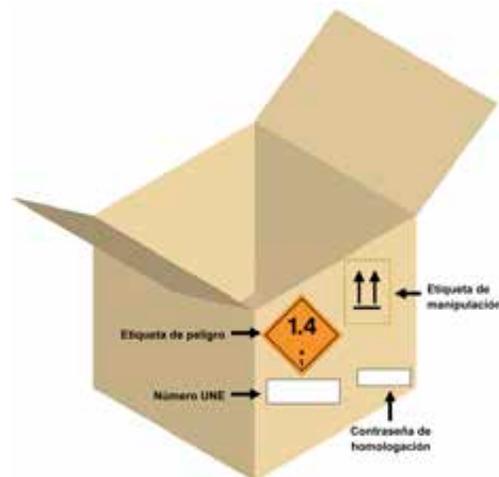


Imagen 184. Etiquetado de un bulto de MM.PP.

Los bultos que contengan mercancías de la clase 7 (si no es un bulto exceptuado) deben indicar el modelo del bulto: "TIPO IP-1", "TIPO IP-2", "TIPO IP-3", "TIPO A", "TIPO B" o "TIPO C", además del número ONU precedido de las letras "UN".

Las etiquetas sobre los bultos tienen forma de cuadrado apoyado sobre uno de sus vértices. Miden 10 cm de lado y se colocan en uno de los laterales del bulto. Cuando un mismo bulto implique más de un tipo de peligro, tiene que llevar más de una etiqueta y se deben colocar una al lado de la otra.



En el anexo de esta parte se pueden consultar los modelos de etiquetas de señalización de mercancías peligrosas clasificadas según peligro de:

- Clase 1
- Clase 2
- Clase 3 y 4
- Clase 5, 6 y 7
- Clase 7, 8 y 9

a) Sustancia peligrosas para el medio ambiente

Las sustancias peligrosas para el medio ambiente deben ir marcadas con un símbolo negro sobre fondo blanco u otro que permita un contraste adecuado. Sus dimensiones serán 10 cm x 10 cm, salvo en el caso de los bultos cuyas dimensiones aconsejen fijar marcas más pequeñas. No se marcarán los envases o embalajes con contenido inferior a 5 litros o 5 kilogramos.



Imagen 185. Sustancia peligrosa para el medio ambiente

b) Cantidades exceptuadas

Esta etiqueta se coloca sobre los bultos que contienen mercancías peligrosas envasadas en pequeñas cantidades. Las dimensiones de la señal son de 10 cm x 10 cm.

* Ver glosario

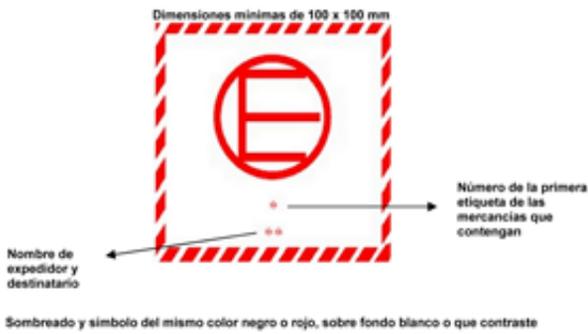


Imagen 186. Etiqueta de cantidades exceptuadas MYONU.COM

c) Cantidades limitadas

Se aplican a cierto tipo de mercancías peligrosas embaladas en cantidades limitadas. Aunque no están sujetas a otras disposiciones del ADR, sí existen ciertos límites para su transporte.

Salvo para el transporte aéreo, los bultos que contengan mercancías peligrosas en cantidades limitadas han de estar marcados con cualquiera de las siguientes figuras. Esta marca debe ser fácilmente visible, legible y tiene que soportar la exposición a la intemperie sin que se aprecie degradación.

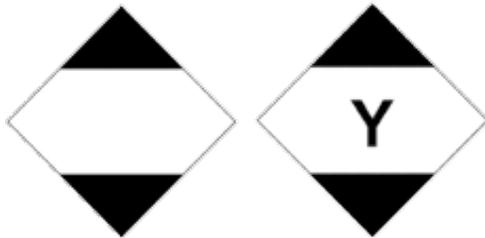


Imagen 187. Etiquetas cantidad limitada

La parte superior e inferior de la línea que rodea a las marcas es de color negro. La zona central es blanca o de un color que contraste adecuadamente. Las dimensiones mínimas tienen que ser de 10 cm x 10 cm. El ancho mínimo de la línea que delimita el rombo es de 2 mm. Si el tamaño del bulto lo requiere, la marca puede reducirse a 5 cm x 5 cm, siempre que siga siendo claramente visible.

5.2.2. MARCAS SOBRE UNIDADES DE TRANSPORTE

Las paredes exteriores de los contenedores, CGEM, MEMU, contenedores cisterna, cisternas portátiles y los vehículos tienen que portar placas-etiquetas correspondientes a la mercancía indicando el número o las cifras prescritas. Tienen que estar diseñadas sobre un fondo que ofrezca un buen contraste o ir rodeadas de un borde (trazo continuo o discontinuo) y tener unas dimensiones mínimas de 25 cm x 25 cm.

Los vehículos que transportan materias en caliente (cisterna, contenedores cisterna, cisternas portátiles, vehículos o contenedores especiales o vehículos o contenedores especialmente preparados), deben llevar una marca con forma triangular, cuyos lados midan al menos 25 cm y que debe estar coloreada en rojo. Si se trata de vehículos, portarán esta marca en cada lateral y en la trasera; y en los cuatro lados cuando se trate de contenedores, contenedores cisterna o cisternas portátiles.



Imagen 189. Marca materia transportada en caliente

Los contenedores, CGEM, contenedores cisterna, cisternas portátiles y vehículos que contengan sustancias peligrosas para el medio ambiente, deben estar señalizados con la marca ya mostrada de sustancias peligrosas para el medio ambiente.

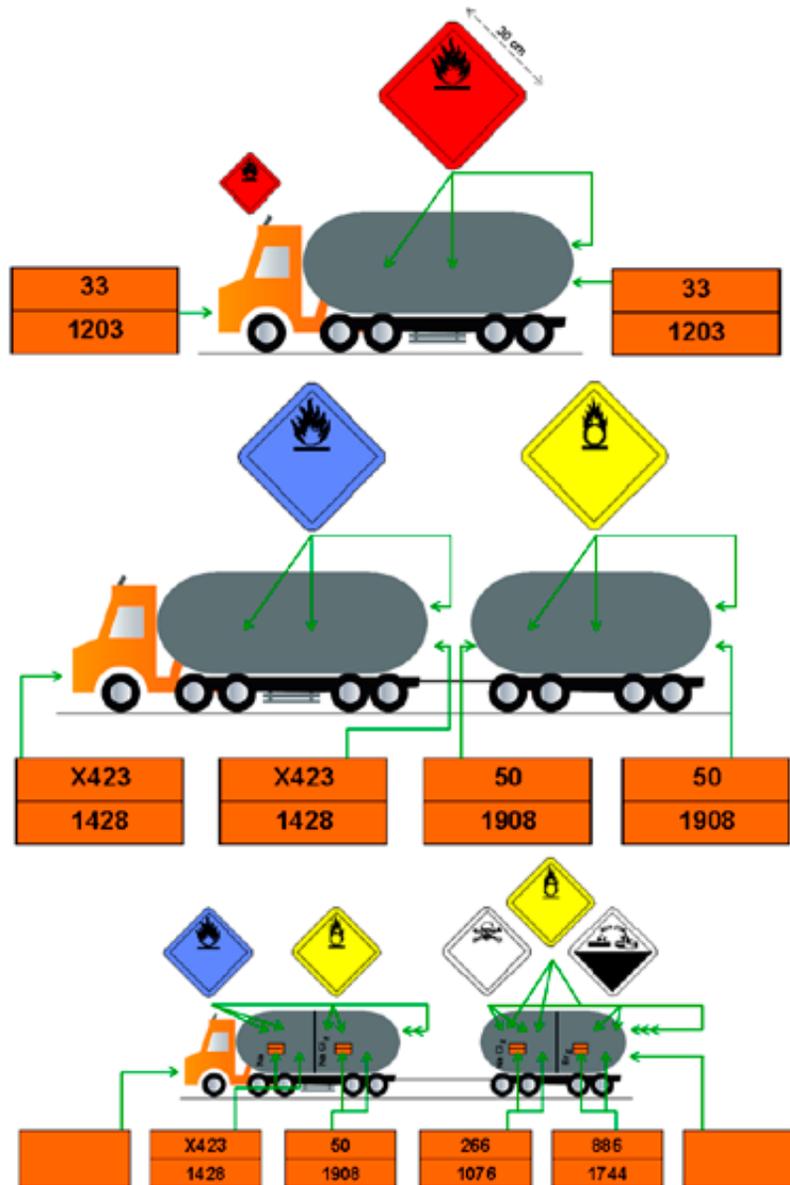


Imagen 188. Colocación de placas-etiquetas y paneles naranja

5.2.3. OTRAS MARCAS

a) Rombo NFPA

El rombo es una forma de etiquetar e identificar mercancías peligrosas en los Estados Unidos, pero también puede encontrarse en algunas industrias europeas, si los productos tienen como origen o destino países americanos. La norma NFPA 704 (National Fire Protection Association) regula esta etiqueta conocida también como “diamante de peligro”.



Las cuatro divisiones tienen colores asociados a un significado. El azul se refiere a los peligros para la salud, el rojo avisa del riesgo de inflamabilidad y el amarillo advierte del peligro por reactividad: la inestabilidad del producto. A cada una de estas tres divisiones se le asigna un número de 0 (sin peligro) a 4 (peligro máximo). Por su parte, en la sección blanca pueden incluirse indicaciones especiales para algunos materiales, señalando si son oxidantes, corrosivos, reactivos con agua o radiactivos.



Imagen 190. Indicaciones Rombo de peligro NFPA



Dentro de cada recuadro se indicarán los niveles de peligrosidad. Por ejemplo:

- Rojo 3: líquido inflamable con un punto de inflamación inferior a 37° C.
- Azul 2: el nivel de riesgo para la salud es peligroso.
- Amarillo 0: es un material estable que, en condiciones normales, no reacciona.
- Blanco: al estar vacío indica que no hay ningún otro riesgo específico que deba tenerse en cuenta, ni biológico ni radiactivo...

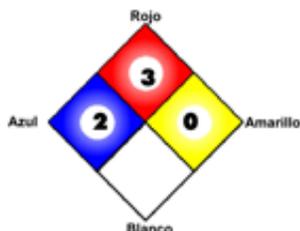


Imagen 191. Cuadro niveles de peligrosidad

b) Código HAZCHEM

El sistema HAZCHEM es un método de identificación y marcado de materiales peligrosos transportables que se utiliza en el Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda y otros países de la Commonwealth. Utiliza una placa de color naranja dividida en cinco secciones:

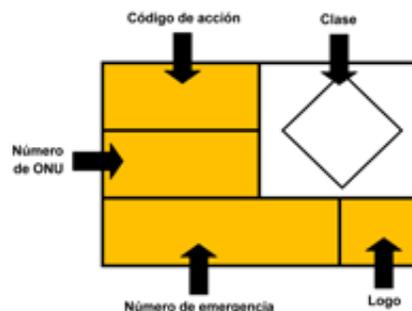


Imagen 192. Etiqueta Hazchem

La primera atiende al Código de Acción de Emergencia: consiste en un número seguido por un máximo de dos letras. El número (1, 2, 3 o 4) indica el agente extintor que se debe emplear:

1. Chorro pleno.
2. Niebla o agua pulverizada.
3. Espuma*.
4. Agentes secos (nunca utilizar agua).



Si bien se puede emplear un medio de extinción mayor que el indicado, nunca se debe utilizar uno con número inferior. Así, por ejemplo, si el número indicado es el 2 (agua en forma de niebla), se podrán utilizar los medios de extinción 3 (espuma) y 4 (agente seco), pero no se deberá utilizar el número 1.

Las letras indican la protección personal y las acciones a que se deben adoptar:

- W, X, Y y Z: avisan que hay que contener el producto y evitar su entrada en alcantarillas, ríos, etc. Así se reducen o previenen los daños al medio ambiente.
- P, R, S y T: advierten sobre la necesidad de diluir la sustancia y drenarla, si ello no perjudica al medio ambiente.
- P, R W y X: indican también que se debe emplear protección personal completa, es decir E.A. y traje de protección química.
- S, T, Y y Z: señalan que es necesario protegerse con el uniforme completo y E.A. Estas letras se imprimen a veces en negativo (es decir letras blancas sobre fondo negro) para significar que, en circunstancias normales, solo se requiere el uniforme completo de protección contra incendios. Si la sustancia está incendiada se requiere el uso de equipos de respiración.
- P, S, W e Y: previenen de que la sustancia puede reaccionar de forma violenta, y los que intervienen en la emergencia tienen que realizar las operaciones a cubierto o desde una distancia segura. También indican que se debe valorar la evacuación de la zona, aunque hay que tener en cuenta que, siempre que no exista la posibilidad de llevar a cabo la evacuación en condiciones de seguridad, es más seguro permanecer en el interior de un edificio con las puertas y ventanas cerradas.

* Ver glosario



El resto de secciones se corresponde con:

1. Número ONU que establece ADR/RID.
2. Etiqueta del peligro principal: etiquetas similares a las utilizadas en el ADR/RID.
3. Logotipo de la empresa
4. Número de teléfono de emergencia

5.3. LUGAR DEL INCIDENTE O EMERGENCIA

Según los datos que se faciliten de una emergencia se puede adelantar qué productos peligrosos están implicados y, por consiguiente, deducir los riesgos y peligros existentes tanto para los intervinientes como para el lugar del siniestro. Normalmente la experiencia y el sentido común nos indican rápidamente cuál es el producto más peligroso que puede estar implicado.

A grandes rasgos se pueden diferenciar 5 zonas particulares en las que se pueden encontrar productos peligrosos:

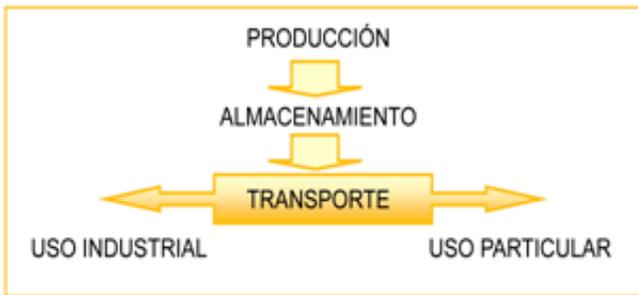


Imagen 193. Esquema zonas con riesgo de productos peligrosos



En cualquier suceso, lo ideal es tener conocimiento de la energía, materias o producto final que se encuentra implicado. El servicio de prevención resulta fundamental para conocer no solo las mercancías peligrosas, sino su localización tamaño, medidas de prevención y sistemas de extinción.

En este sentido, la Herramienta de Evaluación Ambiental Rápida (FEAT por las siglas en inglés de Flash Environmental Assessment Tool), responde a un requerimiento de la oficina de coordinación de las Naciones Unidas (OCHA) y fue desarrollada por el Instituto Nacional para la Salud Pública y el Medio Ambiente de los Países Bajos para identificar los impactos agudos e inmediatos generados por la fuga de productos químicos peligrosos. También es útil para identificar problemas potenciales a largo plazo, por ejemplo, cuando se liberan compuestos persistentes.

Aunque esta herramienta requiere entrenamiento para conocer su utilidad y sacar el máximo partido en intervenciones de nuestro entorno, sirve de apoyo a la hora de decidir qué acciones iniciales de gestión de riesgo se deben iniciar en condiciones de desastre. En concreto, ayuda a realizar solicitudes adecuadas y precisas en caso de que se precise equipo especializado adicional o expertos para tratar los impactos. También puede indicar qué productos o materias peligrosas pueden encontrarse con mayor frecuencia según los procesos industriales que se lleven a cabo, el tipo de amenaza, así como el previsible impacto ambiental.

5.4. LOGO CORPORATIVO

Los logotipos o marcas corporativas pueden indicar en muchas ocasiones las sustancias que producen o transportan las empresas.



Ante un incidente en un depósito, puede darse el caso de que el alertante no pueda informar sobre el nº ONU o el nº de identificación de peligro, pero sí pueda decir cuál es la imagen inscrita y el punto por el que se produce la fuga. Con este dato ya se puede suponer que se trata de un depósito aéreo que contendrá un gas y que, muy probablemente, esté destinado a dar servicio a viviendas o pequeñas industrias.



Imagen 194. Depósito fijo de gas

Si, además, el informante es capaz de especificar señales que se encuentran junto al depósito, conoceremos de antemano tres datos muy significativos en este tipo de intervenciones:

- El estado de la materia.
- Los riesgos principales.
- Cuál es la situación del depósito.

En otro caso, por ejemplo con una cisterna implicada, aunque no nos puedan facilitar los datos del panel naranja, podemos preguntar, entre otros, sobre los siguientes aspectos:

- Cómo es el logo corporativo.
- Cuáles son los colores de los rombos (placas-etiquetas)
- Si posee escaleras o barandillas



Imagen 195. Cisterna transportando gasóleos

5.5. SEÑALES Y COLORES

Los pictogramas y los colores constituyen una forma gráfica de identificar mercancías peligrosas y otras sustancias químicas. Además del marcado preceptivo de tuberías y botellas, existe otro tipo de señales a tener en cuenta.

5.5.1. SEÑALES

Existen señales o pictogramas que están regulados por la normativa específica de mercancías peligrosas, por normas de residuos tóxicos y por la regulación de prevención de riesgos laborales. Todas estas señales facilitan la identificación de los principales riesgos de las sustancias.

Los pictogramas para etiquetar los productos químicos cambian con frecuencia, en los últimos años se ha incrementado su número y, especialmente, tras la regulación establecida por la Unión Europea en 2009 sobre clasificación, etiquetado y envasado (CLP), se introdujeron nuevos pictogramas de advertencia. Los pictogramas con forma de rombo indican la naturaleza del peligro o los peligros asociados a sustancias o mezclas peligrosas.

Tabla 34. Reglamento CE 1272/2008 CLP sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.

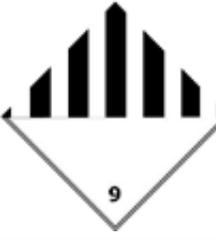
INDICACIONES	PICTOGRAMA	INDICACIONES	PICTOGRAMA
Sustancias explosivas, autorreactivas y peróxidos orgánicos que pueden causar una explosión cuando se calientan.		Este pictograma puede referirse a uno o más de los siguientes peligros: - Toxicidad aguda - Causa una sensibilización cutánea, irritación de piel y ojos - Irritante para la respiración - Es narcótico, provoca somnolencia o mareos - Peligroso para la capa de ozono	
- Gas bajo presión, puede explotar cuando se calienta - Gas refrigerado, puede originar quemaduras o lesiones criogénicas - Gases disueltos		Este pictograma advierte de que la sustancia es tóxica o nociva el medio ambiente.	
Gases, aerosoles, líquidos y sólidos inflamables como: - Sustancias y mezclas de calentamiento espontáneo - Líquidos y sólidos pirofóricos que pueden incendiarse en contacto con el aire - Sustancias y mezclas que emiten gases inflamables en contacto con el agua - Sustancias autorreactivas o peróxidos orgánicos que pueden provocar un incendio si se calientan		Corrosivo: puede provocar quemaduras graves en la piel y daños oculares.	
Gases, sólidos o líquidos oxidantes que pueden causar o intensificar un incendio o explosión.		Indica peligro de radiactividad	
Producto químico extremadamente tóxico en contacto con la piel, si se inhala o ingiere, y que puede ser mortal.		Peligros o sustancias peligrosas varias.	
Una sustancia o mezcla que lleve este pictograma puede tener uno o varios de los siguientes efectos: - Es cancerígena - Afecta a la fertilidad y al nonato - Causa mutaciones - Es un sensibilizante respiratorio, puede provocar alergias, asma o dificultades respiratorias si es inhalado - Resulta tóxica en determinados órganos - Peligro por aspiración, que puede ser mortal o muy nocivo si se ingiere o penetra por alguna vía		Sustancias infecciosas	

Imagen 196. Señales de mercancías peligrosas

El reglamento europeo sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias químicas y mezclas consideradas peligrosas (CE:1272/2008), conocido como CLP (Classification, Labelling and Packaging), está basado en el Sistema Globalmente Armonizado SGA (GHS en sus siglas en inglés) promovido por las Naciones Unidas con el objetivo de que la

clasificación y el etiquetado se unifique a nivel mundial. Así, a partir del 1 de junio 2015, los pictogramas dentro del recuadro naranja solo se pueden utilizar para las mezclas; a partir del 1 de junio de 2017, todas las etiquetas y los paquetes deben cumplir con el etiquetado incluido en el recuadro azul).

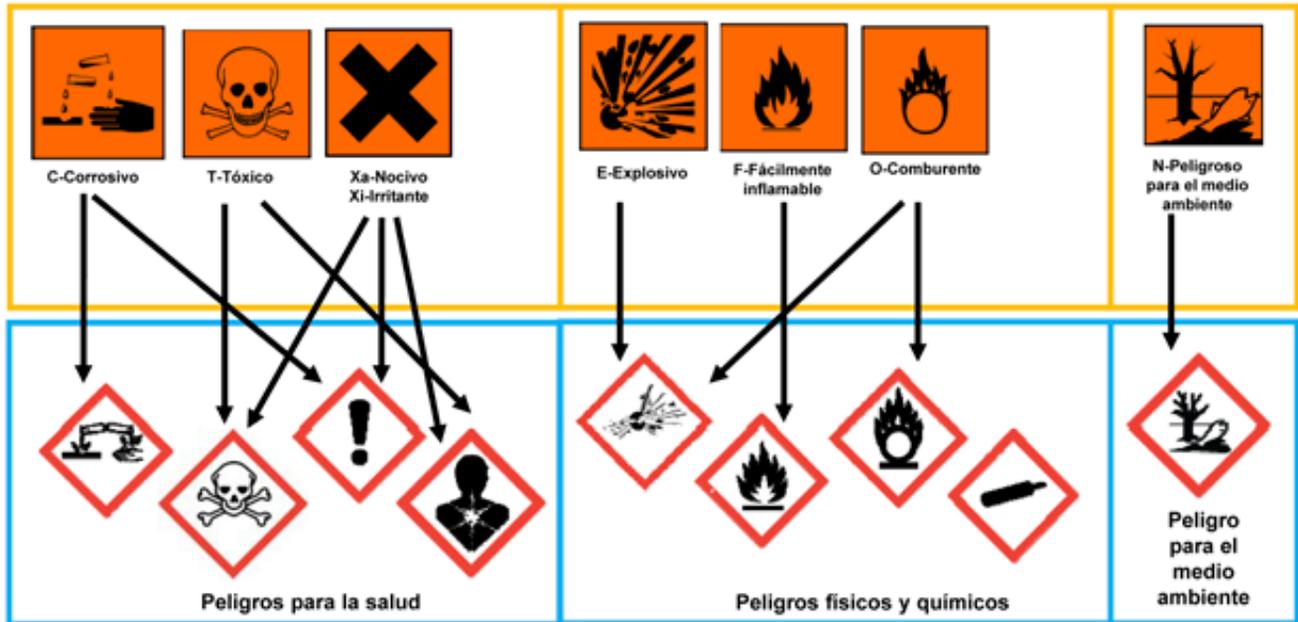


Imagen 197. Correspondencias con pictogramas CLP

5.5.2. COLORES

Los colores que se emplean en las señales del ADR y en otras señales son característicos del peligro que nos muestran. La ventaja que tiene el uso del color es que resulta una forma intuitiva y rápida de llevar a cabo un reconocimiento en este tipo de intervenciones.

COLOR	CARACTERÍSTICA	EJEMPLO
ROJO	INFLAMABLE	
AMARILLO	OXIDANTE	

COLOR	CARACTERÍSTICA	EJEMPLO
VERDE	GAS NO INFLAMABLE	
NARANJA	EXPLOSIVO	
AZUL	REACTIVOS AL AGUA	

Imagen 198. Colores señales

5.6. TIPO DE TRANSPORTE Y FORMA DEL CONTENEDOR

La forma de los contenedores, cisternas o cajas de camiones también es algo que puede ayudar en gran medida a determinar qué peligros y propiedades físicas y químicas puede tener la materia transportada. El ADR establece qué vehículos y qué condiciones de construcción deben tener para evitar que las materias reaccionen o se produzcan vertidos al medio ambiente:

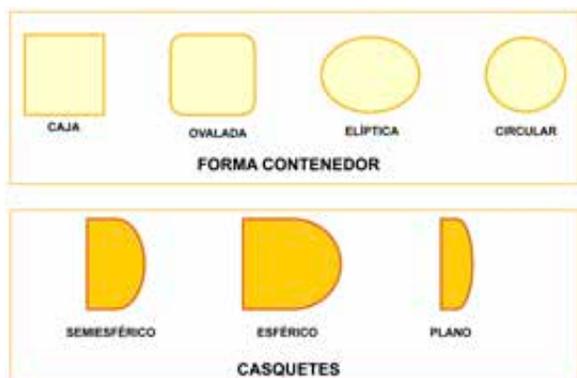


Imagen 199. Tipo de transporte y forma del contenedor

- a) Vehículos con Caja: Pueden ser con la caja abierta o cerrada y solo pueden transportar bultos, nunca productos líquidos o gases que no se encuentren envasados dentro de recipientes.



Imagen 200. Cisterna de forma elíptica

- b) Cisternas de forma elíptica u ovalada con los fondos planos: en su interior pueden transportar productos peligrosos líquidos o sólidos a baja presión. Son habituales en el transporte de productos petrolíferos.



Imagen 201. Cisterna de forma circular

- c) Cisternas de forma circular con fondos planos: estos vehículos transportan productos muy peligrosos (se emplea, por ejemplo, para el transporte de grandes líquidos corrosivos). Se encuentran presurizados, pero no a gran presión, debido a que el fondo (o casquete) es plano.
- d) Cisternas de forma circular con fondos esféricos: transportan gases comprimidos o licuados a presiones muy altas. La forma de construcción de estos recipientes es la que mejor soporta las presiones, tanto las interiores como las que se pueden producir en caso de colisión o vuelco.

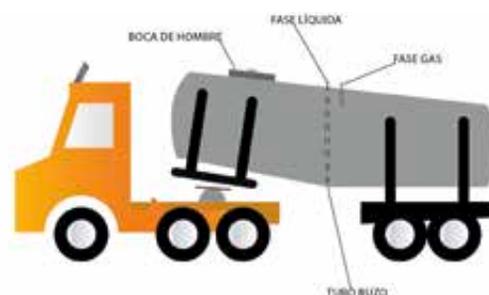


Imagen 202. Cisterna de forma circular con fondos esféricos

Algunos elementos de los que se detallan a continuación pueden indicar el tipo de mercancía transportada:

- Parasol: se usa en vehículos que transportan gases licuados del petróleo (GLP).
- Tubos de descarga en laterales: son indicios de la presencia de líquidos o sólidos.
- Compresor de aire: indica la presencia de materia no presurizada que requiere presión para ser descargada.



Imagen 203. Vagón cisterna con parasol



Imagen 204. Cisterna con compresor



En las siguientes imágenes extraídas del Anexo A Ficha Protocolo Nº 1.0 – Intervención con Sustancias Peligrosas del CEIS se puede apreciar el detalle de las características de cada vehículo o unidad de transporte en función de las particularidades del material que transportan.



a) Color básico:

- Indica la naturaleza del fluido.
- Puede utilizarse en toda la longitud de la tubería, en una cierta extensión o en una banda longitudinal.
- Siempre se usará en zonas próximas a las válvulas, empalmes, salidas de empotramientos y aparatos de servicio que formen parte de la instalación.

b) Color complementario

- Indica el ESTADO del fluido.
- Se coloca sobre el color básico.

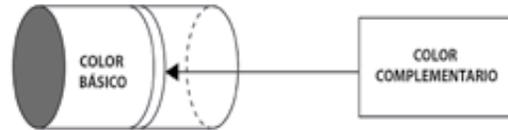


Imagen 205. Color complementario

5.7. IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS

La señalización cromática de tuberías basada en la norma DIN 2403 tiene la finalidad de identificar las sustancias que circulan por ellas en instalaciones industriales, laboratorios, viviendas, centros comerciales, etc. Por tanto, mediante el uso de códigos de colores se puede reconocer qué tipo de escape o fuga se está produciendo en una instalación fija.

En lo referente a su señalización, las tuberías se componen de un color básico y otro complementario, dependiendo del tipo de fluido que acojan.

La anchura del anillo del color complementario es, como mínimo, igual al diámetro de la tubería. Cuando el color básico está pintado solamente en forma de banda longitudinal, el anillo se sustituye por una banda transversal de la misma altura que la banda del color básico.

c) Sentido de circulación

Cuando resulta necesario reflejar el sentido de circulación del fluido transportado, se puede indicar mediante:

- Una flecha, de color blanco o negro, de manera que resalte con el color básico de fondo.

- En el caso de utilizarse la señalización mediante una banda longitudinal, el sentido de circulación puede saberse por la extremidad puntiaguda de la banda.

5.8. EQUIPAMIENTO Y ETIQUETADO DE BOTELLAS

La actual normativa (Norma UNE-ES 1089-3) en lo relativo a la identificación del riesgo principal que se asocia al producto o materia que contiene la botella establece que:

- El color del riesgo se representa en la parte superior de la botella (u ojiva). Todos los gases industriales deben tener una ojiva monocolor que identifique el riesgo principal del gas.
- Para los gases medicinales y respirables se utiliza un color específico para cada gas, excepto cuando se trate de mezclas.
- Las ojivas de las botellas que utilicen la normativa actualizada llevan pintadas dos letras N (nuevo) en dos lugares contrapuestos.

FLUIDO	COLOR BÁSICO	ESTADO	COLOR COMPLEMENTARIO	EJEMPLO
AGUA	VERDE	USO INDUSTRIAL	NEGRO	
		RESIDUAL	NEGRO + NEGRO	
ALQUITRÁN	NEGRO			
BASES	VIOLETA	CONCENTRADO	ROJO	
		DEPURADO	AMARILLO	
		BRUTO	NEGRO	
		ALUMBRADO	ROJO	
		ACETILENO	BLANCO + BLANCO	
		AMONIACO	VIOLETA + VIOLETA	
GASES	AMARILLO	ACIDO CARBÓNICO	NEGRO + NEGRO	
		OXIGENO	AZUL + AZUL	
		HIDRÓGENO	ROJO + ROJO	
		NITRÓGENO	VERDE + VERDE	
		AMONIACO	VIOLETA + VIOLETA	
VACÍO	GRIS			
VAPOR	ROJO	DE ALTA	BLANCO	
		DE ESCAPE	VERDE	

Imagen 206. Identificación tuberías

- El color de la parte inferior de la botella (cuerpo) es de libre aplicación, excepto en los gases medicinales (Norma ISO 32), y no informa sobre riesgos, puede ser elegido por el fabricante mientras no genere confusión con los colores de riesgo.
- La única información concreta del gas contenido en la botella es la que figura en la etiqueta. El color de la ojiva de la botella solo sirve como información adicional sobre las propiedades del gas.
- Esta norma no se aplica a los extintores ni a los gases licuados del petróleo

La etiqueta contiene toda la información disponible, tanto del recipiente como del producto y de sus riesgos.

Etiqueta indicativa del producto



- ① N° UN
- ② Pictogramas indicación de riesgo
- ③ Códigos internos de la etiqueta
- ④ Denominación del gas
- ⑤ Datos del suministrador
- ⑥ Indicaciones de peligro y consejos de prudencia
- ⑦ Identificación N° EC

Imagen 207. Etiqueta indicativo del producto

En esta imagen se puede apreciar la regla general del código vigente para el marcado y etiquetado de botellas. Se aprecian los cambios en los gases inertes que ahora son verdes, y los tóxicos o corrosivos que ahora tiene la ojiva totalmente amarilla.

Regla general			
Código de riesgo	Antiguo sistema	Nuevo código europeo	
Tóxico/corrosivo	Verde (u otro)	Amarillo	
Inerte (argón y mezclas)	Amarillo o mezcla de colores	Verde intenso	
		Verde oscuro	
Inflamable	Rojo (u otro)	Rojo	
Oxidante	Blanco (u otro)	Azul claro	

En esta otra imagen se puede ver una botella con los distintos elementos que puede y/o debe llevar (imagen 208).

Las ojivas del oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, dióxido de carbono, óxido nitroso y helio no han cambiado de color.



Imagen 208. Botella con accesorios e inscripciones

Lo que no cambia					
Los gases habituales que no cambian son:					
Oxígeno	Blanco		Dióxido de carbono	Gris	
Nitrógeno	Negro		Óxido nitroso	Azul	
Hidrógeno	Rojo		Helio	Marrón	

5.9. LOS SENTIDOS

El sentido de la vista (responsable del 83% de lo que percibimos) resulta fundamental en cualquier valoración, reconocimiento y gestión en las intervenciones con mercancías peligrosas. Ni el sentido del gusto ni del olfato deberían aportar información sensitiva, ya que se debe estar protegido con el Equipo de Protección Respiratoria. Tampoco las apreciaciones táctiles aportan mucha información, excepto saber si está frío o caliente.

La observación de colores, etiquetas, formas del recipiente,... permite obtener información valiosa sin necesidad de estar justo en ese lugar. Otro sentido que puede orientar, aunque en menor medida, es el oído, avisa del escape en válvulas, de rotura de recipientes, de pequeñas explosiones o fugas en botellas que entran en rango de inflamabilidad.

El reconocimiento sensorial está indicado para los intervinientes con sus equipos, aunque a los informantes también se les puede preguntar por este tipo de datos:

- VISTA: colores, formas, tamaños, distancias...
- OÍDO: sonidos, soplos o ruidos característicos
- OLFATO: algunos olores característicos pueden ser: picante, agrio, almendras amargas...



Muchos gases, como el gas natural, el butano o el hidrógeno, no tienen olor, pero se odorizan con sustancias penetrantes que avisan de su presencia en caso de fuga o escape.

5.10. DOCUMENTOS

Existen numerosos documentos de control, tanto de carácter obligatorio como complementario que acompañan a las mercancías peligrosas durante su transporte. Permiten identificar fehacientemente la materia afectada. Entre la documentación más importante se pueden destacar las cartas de porte, las

fichas de datos de seguridad (Material Safety Data Sheets-MSDS), las fichas de intervención*...

5.10.1. CARTA DE PORTE

Es un documento veraz de la existencia de un contrato de transporte. Según el ADR, la carta de porte debe llevarse siempre que se transporten mercancías peligrosas, ya sea en bultos o en cisternas y que no se encuentren amparadas bajo la Exención Total, es decir, las LQ "Cantidades Limitadas". Es la notificación oficial de lo que se transporta y cómo se hace: número de envases, cantidad por envase...

Tabla 36. Características de la carta de porte

Modo de transporte	Normativa: nombre documento	Dónde buscar	OTROS
Carretera	Adr: carta de porte	Cabina	Instrucciones escritas
Ferrocarril	Rid: carta de porte	Máquina	En España, además Renfe por normativa interna obliga a que lleven fichas de emergencia específicas
Mar	Imdg: manifiesto de cargas peligrosas	Puente mando	Fichas de emergencias generales.
Aire	lata-oaci: listado de carga	Cabina	

Conforme a la normativa, la carta de porte puede contener diversa información complementaria (clase, cantidad, residuos, embalajes vacíos, cisternas vacías, exenciones parciales, temperatura, etc.) en función de la mercancía peligrosa que se transporta en atención a las diversas disposiciones que contempla el ADR.

Los datos de la carta de porte se redactan en la lengua oficial del país en el que se expide la mercancía, y si esta lengua no es el inglés, francés o alemán, debe cumplimentarse también en uno de estos tres idiomas.

Aunque no existe un modelo oficial de carta de porte, sí se regulan los datos obligatorios que se deben hacer constar.

5.10.2. FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD

La información sobre los riesgos de los materiales químicos, ya sean sustancias o preparados (la mezcla de dos o más sustancias), es vital para conocer los peligros que presenta su manipulación. Las fichas de datos de seguridad (FDS) -en inglés Material Safety Data Sheet (MSDS)- de los productos químicos constituyen una herramienta imprescindible que



En las siguientes tablas se presentan ejemplos de redacción de carta de porte. Este documento ha de ir en la cabina del vehículo al alcance del conductor.

Expedidor*

Transportes de gasóleos S.A.
C/ El cencerro,5
28031 Madrid

Destinatario

Industria del Chipirón
c/ La mesa, s/n
Jerez de la Frontera

Nº ONU	Designación oficial	Etiqueta o división y letra para explosivos	Grupo de embalaje	Grado de llenado	Cantidad cargada (litros)
UN 1203	GASOLINA	3	II	90%	10000
UN 1223	QUEROSENO	3	III	95%	14000
UN 1202	GASÓLEO	3	III	97%	12000
Cantidad total					36000

Nº ONU	Designación oficial	Etiqueta o división y letra para explosivos	Grupo de embalaje	Cantidad cargada
UN 1343	TRISULFURO DE FÓSFORO	4.1	II	100 KG
UN 1230	RESIDUO, METANOL	3 (6.1)	II	200 L

* Ver glosario

aporta información sobre la peligrosidad de los productos y sobre otros aspectos como la gestión de residuos, primeros auxilios o datos físico-químicos de gran valor para realizar la valoración y seleccionar la técnica de mitigación más adecuada.

En España, el Reglamento Nacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera obliga a que todos los vehículos que lleven mercancías de estas características dispongan de unas instrucciones escritas llamadas Fichas de Seguridad, en previsión de cualquier accidente. Este documento debe incluir:

1. Identificación de la sustancia o preparado, y de la sociedad o empresa.
2. Composición o información sobre los componentes.
3. Identificación de los peligros potenciales.
4. Primeros auxilios indicados.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deban tomarse en caso de vertido accidental.
7. Condiciones de manipulación y almacenamiento.
8. Control de exposición/protección individual.
9. Propiedades físicas y químicas de la sustancia.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Información toxicológica.
12. Información ecológica.
13. Consideraciones relativas a su eliminación.
14. Informaciones relativas al transporte.
15. Informaciones reglamentarias.
16. Otras informaciones.

Como se observa en la imagen de la MSDS, en el primer apartado se identifica la materia. Entre todos los datos debemos observar:

- a) **Número ONU.** En ocasiones puede no tener número ONU, por lo que se debe identificar a través de:
- b) **Número CAS.** El número de registro CAS es una identificación numérica única para compuestos químicos, polímeros, secuencias biológicas, preparados y aleaciones. Esta clasificación está realizada por la división de la Sociedad Americana de Química.
- c) **Número EINECS.** El número EINECS, aparece registrado en la Lista Europea de Sustancias Químicas Notificadas. Es un número de registro asignado a cada sustancia química disponible comercialmente en la Unión Europea. A todas las sustancias «nuevas» que llegan al mercado europeo se les asigna un número ELINCS tras su notificación a la Comisión Europea. El número ELINCS también es obligatorio en etiquetas y paquetes. Es posible que aparezca el término número EC frente a las designaciones «número EINECS/ELINCS».

5.10.3. OTROS DOCUMENTOS O FICHAS DE INTERÉS

Dentro de otros documentos valiosos en intervenciones con mercancías peligrosas, se puede destacar la relevancia de:

a) Fichas del Ministerio del Interior

El Ministerio del Interior español publica en el BOE las fichas de intervención de los servicios operativos en emergencias



Imagen 209. Ficha de datos de seguridad

provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril con la finalidad de que los intervinientes en las emergencias puedan disponer de criterios homogéneos de actuación en los momentos iniciales de la emergencia.



Cuando tiene lugar un percance en el transporte por carretera o ferrocarril en el que resulta involucrada una mercancía peligrosa, esta puede ser identificada por el número ONU (indicado en el panel naranja) o bien por el nombre que figura en la documentación del vehículo (carta de porte), o por las instrucciones escritas. Así lo recoge el Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR) o el Reglamento relativo al Transporte Internacional por Ferrocarril de Mercancías Peligrosas (RID).

1. Si se conoce el Número ONU se localiza dicho producto en el listado ordenado por número ONU y en la columna correspondiente al número de ficha, aparece el número de ficha de intervención a utilizar.
- 2.- Si se Conoce el Nombre de la Sustancia, aunque no se sepa el número ONU, puede buscarse la sustancia en el listado ordenado por nombre de la sustancia. En la columna correspondiente a "N° FICHA", aparece el número de ficha de intervención a utilizar.

Siempre que sea posible es conveniente comprobar que la Ficha se corresponde con los tres datos citados:

- N° ONU
- N.I.P.
- NOMBRE DE LA SUSTANCIA



663		NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO											
1098		NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MATERIA											
<p>N.º ONU, INDICADO EN LA PARTE INFERIOR DEL PANEL NARANJA.</p> <p>DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO.</p> <p>NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO, EN LA PARTE SUPERIOR DEL PANEL NARANJA.</p>													
N.º ONU	NOMBRE DE LA MATERIA	N.I.P.	PLACA-ETIQUETA	CLASE	CÓDIGO CLASIFICACIÓN	REACCIÓN VIOLENTA	MEDIO EXTINCIÓN	PROTECCIÓN PERSONAL		FUGA	RIESGO POBLACIÓN	FICHA DE INTERVENCIÓN	
												TÍTULO	N.º
1098	ALCOHOL ALÍLICO	663	6.1+3	6.1	TF1	SÍ	*2	N1	N2	CONT.	SÍ	LÍQUIDO MUY TÓXICO E INFLAMABLE	6-31
<p>PLACA ETIQUETA TOXICO E INFLAMABLE.</p> <p>CLASE DEL ADR TÓXICO.</p> <p>CÓDIGO DE CLASIFICACIÓN DEL ADR TÓXICO, INFLAMABLE.</p> <p>SI POSIBILIDAD DE REACCIÓN VIOLENTA EXTREMAR LAS PRECAUCIONES.</p> <p>MEDIO DE EXTINCIÓN ESPUMA ANTIALCOHOL, PERO SI NO SE DISPONE DE ELLA SE PUEDE UTILIZAR AGUA FINAMENTE PULVERIZADA.</p> <p>PROTECCIÓN PERSONAL: N1 EQUIPAMIENTO NORMAL DE BOMBERO (cuando es para un tiempo corto y no se entra en contacto con el producto)</p> <p>N2 EQUIPAMIENTO N1 Y PROTECCIÓN ANTISALPICADURAS</p> <p>ACTUACIÓN EN CASO DE FUGA O DERRAME CONT., ES DECIR, CONTENER.</p> <p>RIESGO PARA LA POBLACIÓN.</p> <p>TÍTULO DE FICHA DE INTERVENCIÓN.</p> <p>NÚMERO DE FICHA DE INTERVENCIÓN.</p>													

Imagen 210. Ejemplo de búsqueda de fichas de intervención

b) Fichas del Gobierno Vasco

El gobierno vasco también ha elaborado unas completas fichas de intervención (características, propiedades, almacenamiento, salud e intervención) para la valoración y toma de

decisiones de los mandos en este tipo de intervenciones. Se puede descargar¹ la ficha correspondiente introduciendo el nº ONU o la materia buscada.

1 - <http://emergencias.euskadi.net/>

33		Fichas de Intervención	
1203		GASOLINAS	
Nº Cas: 8006-619		Fórmula: Ficha: 150	
Isómeros y Marcas Comerciales: Gasolina ligera Gasolina natural Petróleo Petrol Combustible para motor Gasolina refinada Gasolina mezclada Gasolina para automoción o aviación Benzina Gasolina 92 Gasolina 97 Gasolina sin plomo Hidrocarburos líquido Hidrocarburos líquidos	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES Mezcla de hidrocarburos con cadenas de 8-12 carbonos. LÍQUIDO INCOLORO o de tinte de MARRÓN o AMARILLO o VERDE con olor típico a GASOLINA MUY INFLAMABLE. MUY VOLÁTIL. VAPOR MÁS PESADO QUE EL AIRE. EL FUEGO PUEDE INICIARSE a cierta DISTANCIA de la FUGA. INSOLUBLE en AGUA. FLOTA. En la COMBUSTIÓN libera GASES TÓXICOS y CORROSIVOS, libera GASES TÓXICOS y CORROSIVOS con el CALOR. Puede acumular CARGA ELECTROSTÁTICA. DÁÑINO por inhalación, contacto e ingestión. INCOMPATIBLE con agentes oxidantes. ATACA gomas y recubrimientos. EVITAR cargas electrostáticas, calor, fuego, chispas y otras fuentes de	Estado Físico: Líquido Toxicidad: Fuerte Corrosividad: Fuerte Inflamabilidad: Alta Reacción con el Agua: No reacciona Combustión: Desemite gases tóxicos y/o corrosivos Aumento de la Temperatura: Desemite gases tóxicos y/o corrosivos	

Imagen 211. Ejemplo de información obtenida en "Fichas de Intervención" (Apartado de Características)

c) CANUTEC

La GRE, es una guía de respuesta a las emergencias que se revisa cada 4 años. Fue desarrollada por CANUTEC (el Centro de Emergencia de Transporte Canadiense) para aumentar la seguridad pública en el transporte de mercancías peligrosas. Es una guía para orientar a los primeros intervinientes, ayudar a una rápida identificación de peligros específicos o genéricos producidos por los materiales involucrados en el incidente y orientar sobre la protección personal y del público en general durante la fase inicial del incidente. Se puede descargar² la aplicación en español, aunque, en los primeros momentos de la intervención, es aconsejable disponer de una copia impresa

d) Fichas ERIC

Las Fichas de Intervención para Respuesta en Situaciones de Emergencia de CEFIC (Fichas ERIC) aportan información básica a los bomberos sobre las acciones que se deben llevar a cabo en accidentes de transporte de productos químicos; especialmente en aquellos sucesos en los que no se disponga de información precisa sobre determinado producto.

Cada ficha ERIC se ha elaborado según un formato estándar, con secciones específicas y en su redacción se utilizan frases normalizadas:

Título (genérico)

1. Características
2. Peligros
3. Protección personal frente a riesgos químicos

4. Intervención

- 4.1. General
- 4.2. Derrames
- 4.3. Incendio (afecta a la sustancia)

5. Primeros auxilios

6. Precauciones fundamentales para la recuperación del producto

7. Precauciones para después de la intervención

- 7.1. Ropa contaminada
- 7.2. Limpieza del equipo

Se pretende que la utilización de las ERICards se realice solamente en accidentes de transporte terrestre en los que se encuentre implicada una gran cantidad de producto químico. Pueden no ser adecuadas para otro tipo de accidentes.



Las fichas ERIC se aplican solo a un grupo de productos y, por consiguiente, no se deben emplear como sustitutos de información fiable y específica de un determinado producto, como son las Hojas de Datos de Seguridad, Bases de Datos o de expertos de la Industria, etc.

e) Instrucciones escritas

Las instrucciones escritas deben plasmarse en un documento que acompañe a la mercancía peligrosa durante su transporte. Deben estar escritas en un idioma que el conductor pueda comprender. Se llevan, igual que la carta de porte, en la cabina del vehículo, a mano del conductor.

Tabla 37. Ejemplo de Instrucciones escritas ADR

Indicaciones suplementarias para los miembros de la tripulación del vehículo sobre las características de riesgo de las mercancías peligrosas por clase y sobre las acciones a realizar en función de las circunstancias predominantes		
Etiquetas y paneles de peligro (1)	Características de peligro (2)	Indicaciones suplementarias (3)
<p>Materias y objetos explosivos</p>  <p>1 1.5 1.6</p>	<p>Presentan una amplia gama de propiedades y efectos tales como la detonación* en masa, proyección de fragmentos, incendios/flujo de calor intenso, formación de resplandor intenso, ruido fuerte o humo. Sensible a los choques y/o impactos y/o calor</p>	<p>Refugiarse y alejarse de las ventanas</p>
<p>Materiales y objetos explosivos</p>  <p>1.4</p>	<p>Ligero riesgo de explosión e incendio</p>	<p>Refugiarse</p>
<p>Gases inflamables</p>  <p>2.1</p>	<p>Riesgo de incendio Riesgo de explosión Puede estar bajo presión Riesgo de asfixia Puede provocar quemaduras y/o congelación Los dispositivos de confinamiento pueden explotar bajo los efectos del calor</p>	<p>Refugiarse Mantener lejos de zonas bajas</p>
<p>Gases no inflamables, no tóxicos</p>  <p>2.2</p> <p>Imagen 212. Indicaciones suplementarias para la tripulación del vehículo</p>	<p>Riesgo de asfixia Puede estar bajo presión Puede provocar congelación Los dispositivos de confinamiento pueden explotar bajo los efectos del calor</p>	<p>Refugiarse Mantenerse lejos de zonas bajas</p>

* Ver glosario

2 - http://www.tc.gc.ca/CANUTEC/Spanish/gre_2012/guia-menu.htm

5.11. APARATOS DE DETECCIÓN Y MEDIDA

Aunque los servicios de rescate y salvamento puedan disponer de equipos o aparatos con utilidades específicas para este tipo de emergencias, otros equipamientos más comunes como unos prismáticos permiten obtener datos de forma segura (sin necesidad de acercarse a la materia). Otro elemento muy práctico es un anemómetro para conocer la fuerza y dirección del viento.

5.11.1. EXPLOSÍMETRO. MEDIDOR DE OXÍGENO

Todos los vehículos de primera salida disponen de explosímetros. Este aparato sirve para medir la concentración de gases y vapores inflamables. Aunque no es capaz de distinguir las diferentes sustancias presentes sí detecta la presencia y concentración de un vapor combustible en una composición de gases.

Se debe tener precaución a la hora de interpretar los datos que se obtienen con estos aparatos ya que se calibran con un gas patrón (en la mayoría de los casos Metano) y, al realizar mediciones con vapores generados por otros productos (con distintas propiedades químicas, LEL y calor de combustión), puede que la lectura no resulte precisa.



Para obtener una medida correcta es necesario multiplicar la lectura del instrumento por un determinado factor de corrección. Los fabricantes aportan factores de corrección específicos para sus instrumentos. Se debe seleccionar correctamente el gas de calibración para disponer siempre de factores de corrección cercanos a 1. Además, ofrecen indicaciones del porcentaje de oxígeno total en la atmósfera.

5.11.2. TUBOS COLORIMÉTRICOS

Los tubos colorimétricos son viales que contienen una preparación química capaz de cambiar de color al reaccionar con la sustancia que se desea medir. La mayoría de los tubos colorimétricos están graduados, de forma que la longitud de la mancha señala el grado de concentración de la sustancia

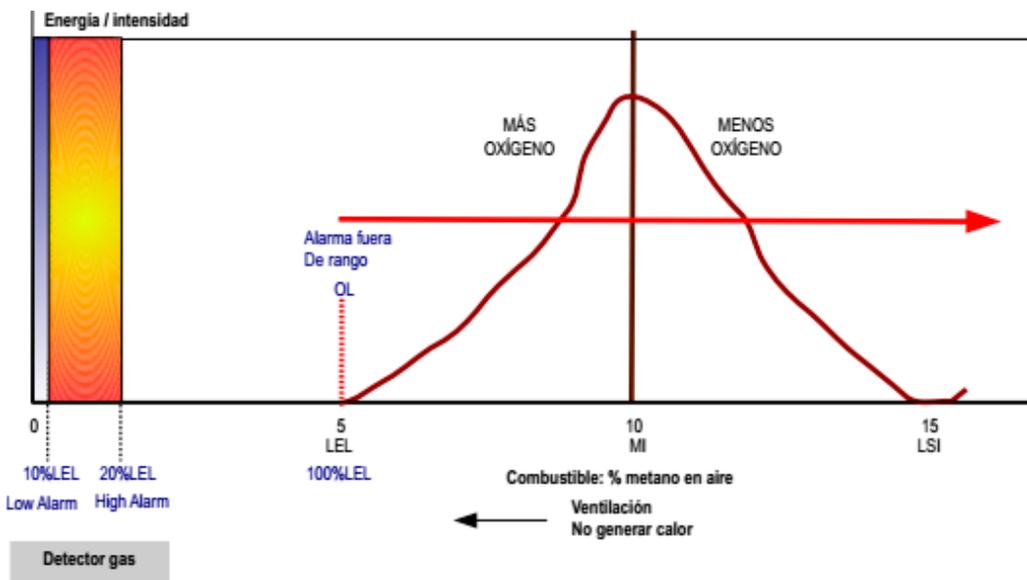


Imagen 213. Alarma de explosímetro CEIS

medida. Para facilitar la interpretación de los resultados, la escala está graduada en ppm o en porcentaje en volumen, según la sustancia de que se trate. En ocasiones, la interpretación cuantitativa de los resultados se realiza por comparación de colores.

La lectura del tubo debe realizarse inmediatamente después de terminar el muestreo puesto que la coloración y la extensión de la mancha de color pueden variar con el tiempo. La mayoría de las reacciones realizadas en los tubos colorimétricos no son capaces de distinguir entre compuestos similares. El fabricante indica en el manual de utilización los compuestos que pueden producir interferencias en la determinación, tanto cualitativa como cuantitativa.

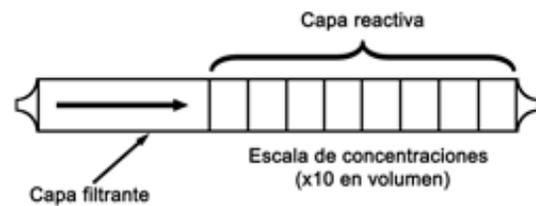


Imagen 214. Ejemplo de tubo colorimétrico



Imagen 215. Bomba y tubo colorimétrico servitenge

Para usarlos se deben romper ambos extremos del tubo (vienen cerrados) y, a continuación, colocar en la bomba y realizar la aspiración. La cuantificación colorimétrica se realiza muy rápidamente. Entre otros muchos gases, los tubos colorimétricos son capaces de detectar y cuantificar CO₂, etileno, sulfhídrico, amoníaco...

Es importante destacar que los tubos deben conservarse en lugar refrigerado y tienen fecha de caducidad, siendo igualmente conveniente consultar las indicaciones del fabricante al respecto.

5.11.3. CÁMARA TÉRMICA

Las cámaras térmicas se usan con frecuencia en incendios urbanos, rastros, búsqueda de puntos calientes... Algunas también pueden usarse para facilitar las intervenciones en mercancías peligrosas.



Imagen 216. Cámara termográfica.

El principio de funcionamiento se basa en el hecho de que los objetos con temperaturas superiores al cero absoluto (0 Kelvin = -273,15° C) emiten radiaciones infrarrojas. La cámara está dotada de un detector capaz de captarlas. A partir de la intensidad de la radiación infrarroja que emita un cuerpo, la cámara determina la temperatura de la superficie del objeto y la vuelve visible para el ojo humano mediante una imagen térmica.

Una cámara termográfica no permite ver el interior de los objetos (no informa del contenido de un recipiente), muestra la temperatura superficial e indica si la superficie está en contacto con un material u otro. Es decir, la cámara térmica permite conocer el nivel de un líquido en una cisterna, pues la temperatura de la superficie en contacto con la parte líquida será diferente a la parte superior de la cisterna (en contacto con los vapores). Las mediciones son más o menos exactas en función de la radiación solar y de las condiciones ambientales.

5.11.4. DOSIMETROS DE RADIACIÓN

Un radiómetro es un detector que mide la intensidad de la radiación existente en un lugar. En intervenciones en las que haya presencia de radiaciones ionizantes es fundamental disponer de radiómetros portátiles como el de la imagen.

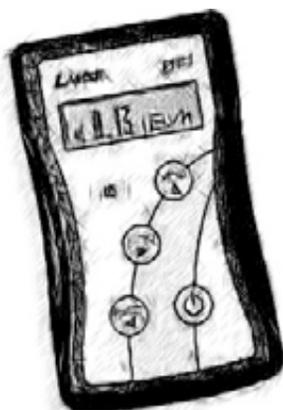


Imagen 217. Radiómetro

El radiómetro puede medir rayos X y gamma en la Unidad de Tasa de Dosis equivalente Ambiental (microSiv/h). Algunos radiómetros también miden la contaminación de partículas alfa y beta. La medición se expresa en cuentas por segundo

(cps). En función de los resultados que indique, se pueden establecer las zonas de intervención.



Zonificación con radiómetro verificada por el Consejo de Seguridad Nuclear:

- Zona caliente*. Tasa de dosis > 100 mSv/h
- Zona templada*. Tasa de dosis > 1 mSv/h
- Zona fría*. Tasa de dosis < 0,3 mSv/h

5.11.5. MEDIDORES DE pH

Los medidores de pH miden la concentración de iones de Hidrógeno contenidos en una sustancia o disolución. El medidor clasifica las distintas sustancias en colores y tipos, mediante la escala de pH. Según el color se puede saber si es ácida o básica, como en la imagen.



Imagen 218. Colores representativos en función del pH



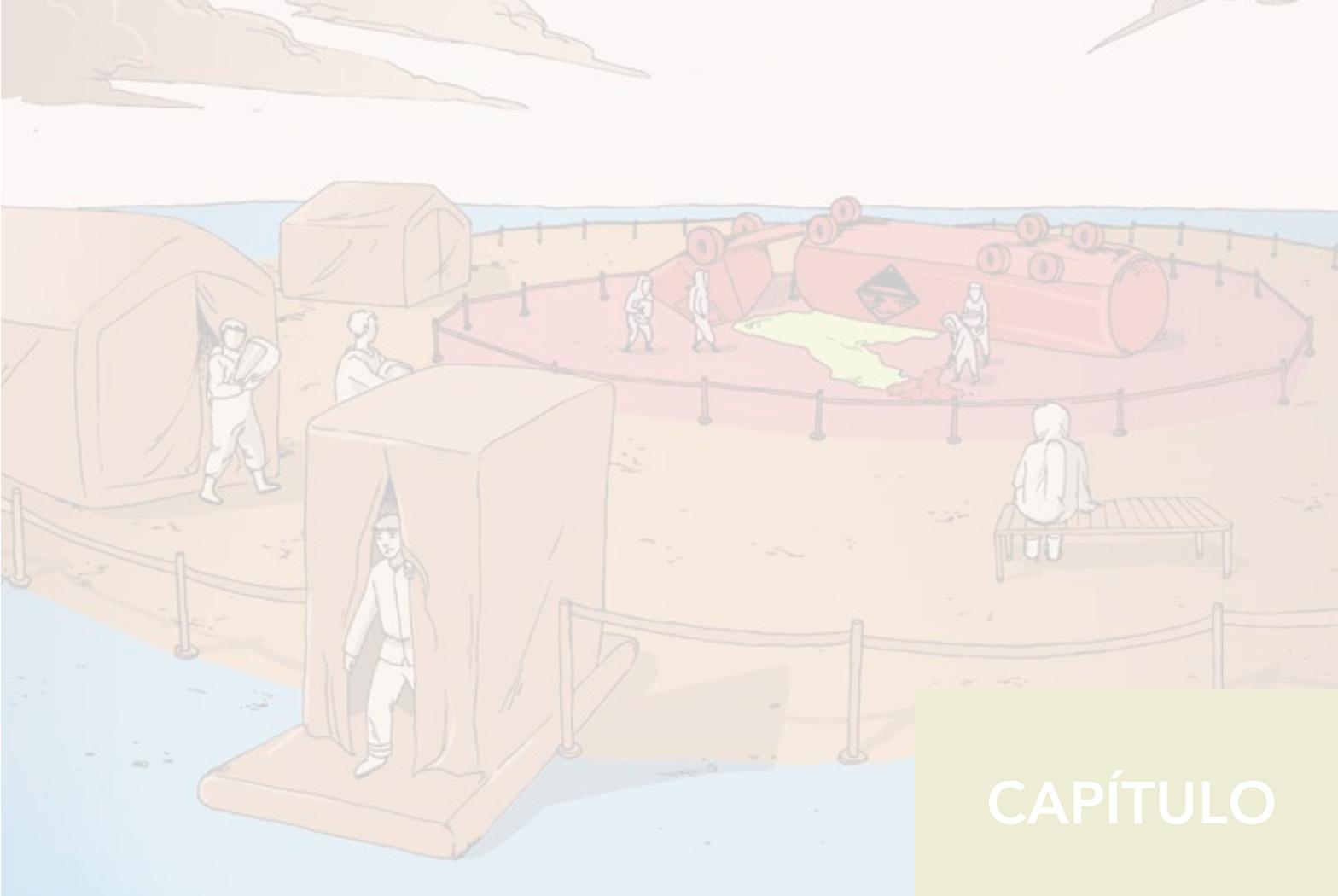
Imagen 219. Medidor de Ph

Tabla 38. Cuadro de formas de identificación según riesgo y fiabilidad de la identificación

IDENTIFICACIÓN	RIESGO	FIABILIDAD INFORMACIÓN
PANEL NARANJA Y PLACAS	1 bandera roja	3 banderas verdes
LUGAR DEL INCIDENTE	1 bandera roja	2 banderas verdes
LOGO CORPORATIVO	1 bandera roja	1 bandera verde
SEÑALES Y COLORES	2 banderas rojas	3 banderas verdes
FORMA DEL RECIPIENTE	1 bandera roja	2 banderas verdes
ETIQUETADO TUBERÍAS Y BOTELLAS	2 banderas rojas	3 banderas verdes
SENTIDOS	3 banderas rojas	1 bandera verde
APARATOS DE DETECCIÓN	2 banderas rojas	3 banderas verdes
FICHAS Y DOCUMENTOS	1 bandera roja	3 banderas verdes

A mayor número de banderas rojas, mayor riesgo, a mayor número de verdes, mejor identificación.

* Ver glosario



CAPÍTULO

2

Técnicas de intervención

1. MEDIOS DE PROTECCIÓN. INDUSTRIAS VS MEDIOS DE TRANSPORTE

Todo incidente con mercancías peligrosas que se pueda producir, bien en establecimientos industriales, bien en la vía o ferrocarril, presenta ventajas e inconvenientes en función de sus consecuencias e implicaciones. Desde un punto de vista comparativo, el cuadro recoge en color verde los elementos a favor, y en rojo los inconvenientes:

Establecimientos industriales	Carretera-ferrocarril
<ul style="list-style-type: none">• Asesoramiento técnico.• Medios de protección activa y pasiva.• Diseño y emplazamiento en "lugar adecuado".• Cantidad sustancias implicadas	<ul style="list-style-type: none">• Personal no cualificado• Medios materiales limitados• Desconocimiento MM.PP.• ¿Lugar accidente seguro?• Cantidades limitadas

1.1. MEDIOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Las actuaciones con mercancías peligrosas requieren la utilización de la ropa de protección química adecuada. A su vez, su correcta utilización pasa por conocer las propiedades y características de la materia. Gracias a las etiquetas, la descripción del riesgo (Frasas R) y medidas preventivas (Frasas S), las fichas de datos de seguridad o las fichas de intervención difundidas por los diferentes organismos se puede conocer el riesgo que suponen las sustancias químicas y sus mezclas, así como las posibles vías de absorción.

Al margen de la amplia reglamentación que se ocupa de la ropa de protección con diferentes niveles de exigencia dependiendo de la complejidad y los riesgos asociados a su utilización, en el caso concreto de los bomberos, son diferentes normativas y reglamentos los que aplican a las cambiantes y complejas situaciones de peligro que enfrentan.



Imagen 220. Traje de protección

La norma UNE EN-340 describe los requisitos generales y recoge las características generales que debe tener toda la ropa de protección, sin tener en consideración el riesgo específico frente al que proteja. Complementariamente a esta normativa también se deben seguir las normas específicas para cada caso y marcar la ropa con el pictograma que la identifique adecuadamente. Para el caso de España y de cara a su certificación¹, el Real Decreto 1407/92 establece

que los EPI pueden encuadrarse en tres categorías (I, II, III) según el riesgo que enfrenten.

1.1.1. PROTECCIÓN QUÍMICA

Concretamente, la ropa de protección de bomberos se clasifica en la categoría III junto con la de protección química y la de protección contra el frío por debajo de -50° C.



Imagen 221. Pictograma protección química



Imagen 222. Etiqueta bombero

En España, la ropa de protección para bomberos tiene que cumplir unas condiciones recogidas en las diferentes normas europeas. Sus equipos y ropa de protección química se definen en las normas técnicas, en función del estado físico del producto químico (ya sea sólido, líquido o gas), la cantidad de producto susceptible de llegar al cuerpo y la probabilidad de que se produzca una contaminación en función de la tarea realizada o por posibles accidentes. Se clasifican en tres niveles de protección:

- **Nivel I:** protección indicada para el equipo completo contra incendios urbanos. Se compone de chaquetón, cubre pantalón, casco, botas, guantes y verdugo. Se porta sobre el traje de servicio y el equipo de respiración autónoma (E.R.A.).
- **Nivel II:** está formado por el equipo de protección contra salpicaduras de productos corrosivos colocado encima del equipo del Nivel I. Se puede colocar sobre el traje de servicio del parque si el producto no es inflamable o no se esperan daños por inflamabilidad o incendios. Esta protección, elaborada con material resistente a los productos químicos, impide que el traje de Nivel I absorba líquidos inflamables provocando graves daños en caso de inflamación.
- **Nivel III:** Se compone de un traje de protección química estanco a gases (EPI categoría III tipo 1) encapsulado o no, con ventilación y presión positiva en el interior. Complementado por un equipo de respiración autónoma, máscara y regulador (al igual que en el Nivel I).



Imagen 223. Traje de Nivel III

• **Protección criogénica:**

accesorios que permiten actuar con seguridad en el entorno criogénico, especialmente guantes que protegen del riesgo de quemaduras por proyección o por contacto con líquidos criogénicos.

Las temperaturas extremas de estos productos propician que la mayoría de los compuestos sólidos se tornen más frágiles o aceleran otras reacciones y aumentan la posibilidad de explosión.



Imagen 224.
Guantes de protección

a) **Normativa actual**

En la siguiente tabla se resumen los tipos que actualmente prescriben las normas europeas y españolas.

Tabla 39. Requisitos generales ropa de protección. Ratificada por AENOR en enero de 2014. (ISO 13688:2013)

TIPO	RESISTENTE A:
1A	VAPORES Y GASES
1B	
1C	
2	
3	Resistencia a la penetración de un chorro de líquido
4	Resistencia de penetración por pulverización de un líquido
5	Contra partículas sólidas en suspensión
6	Resistente a la penetración por pulverización ligera de un líquido

- **Tipo 1 y 2:** trajes que protegen contra gases y vapores. Están fabricados con materiales transpirables y poseen resistencia a la permeación:

- **Tipo 1:** poseen costuras y uniones herméticas en el propio traje, al igual que las conexiones con los demás accesorios integrales, guantes, botas, etc. Están fabricados con un material impermeable a los productos químicos. Los de clase A, poseen el ERA en su interior (encapsulado completo), los de tipo B, lo llevan el ERA externo, y los de clase C son de presión positiva y se alimentan con líneas de aire exterior a través de mangueras o carretes.



Imagen 225. Equipos tipo 1

- **Tipo 2:** no son herméticos pero impiden la penetración de gases y vapores al llevar un suministro de aire que proporciona una presión positiva interna. En muchos casos se precisará utilizar el tipo 1 y no el tipo 2, debido a la presión o a la facilidad de penetración de algunas sustancias.
- **Tipos 3 y 4:** ambos trajes están diseñados para proteger contra líquidos (resistentes a la permeación), pero presentan importantes diferencias entre sí.

- **Tipo 3:** fabricados con materiales no transpirables y protección en las costuras, cremalleras y demás uniones del traje para impedir la entrada de líquidos con presión. Se recomienda el uso combinado con prendas adicionales como, botas, guantes... para conseguir la hermeticidad requerida. El fabricante detallará en sus indicaciones la combinación de EPI adecuada.



Imagen 226.
Equipos tipo 3 y 4

- **Tipo 4** pueden ser transpirables o no. Protegen contra líquidos pulverizados y salpicaduras (no chorros presurizados).
- **Tipo 5:** trajes que protegen contra partículas sólidas en suspensión. Su grado de hermeticidad se señala realizando un ensayo que cifra la resistencia a la entrada de un aerosol de partículas finas. Estos trajes son habitualmente desechables y se recomiendan, por ejemplo, para las actividades que supongan exposición a fibras de amianto.

Los bomberos suelen utilizar los trajes específicos de tipo 1 al 4, con ellos se pueden sustituir los de tipo 5 y 6 sin que haya diferencias de coste o de comodidad al trabajar con uno u otro.

b) Marcado de trajes

En España, el marcado de los trajes se realiza conforma a la norma EN ISO 13688:2013, apartado 7. Los trajes de **protección química**, al igual que el resto de EPI, deben ir marcados según las siguientes especificidades:

- **Marcado general** según el RD 1407/1992, se indica el reglamentario marcado CE seguido del número identificativo del organismo responsable del control de la producción. Es obligatorio para todos los EPI de categoría III.

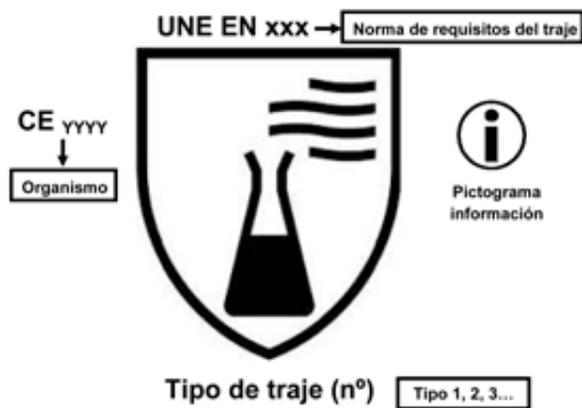


Imagen 227. Marcado de ropa de protección química

- **Marcado específico** según la normativa europea armonizada. Junto al pictograma de protección química, se indica el número de la norma fechada de requisitos aplicable según tipo de traje, el pictograma de información que indica que deben leerse las instrucciones, así como otros datos referentes a tallas, etc.

También se indican mediante los pictogramas normalizados (UNE EN 23758) las instrucciones indicadas por el fabricante sobre lavado o limpieza. Si el traje es **desechable**, deberá indicarse la advertencia: **“NO REUTILIZAR”**. Los trajes desechables aportan la misma protección química que los reutilizables, aunque su uso depende de la especificidad del riesgo y de su gestión.

c) Elección del traje

A la hora de optar por el traje más adecuado para el servicio se ha de considerar que debe reunir una serie de propiedades: protección frente al riesgo que se afronta, el tiempo de uso (durabilidad) y otros criterios como el sistema de descontaminación tras una intervención (algunos trajes necesitan superar ciertos controles técnicos antes de su reincorporación al servicio, lo que supone que no se pueda disponer de ellos durante ese periodo), la comodidad, el coste, la transpirabilidad, la protección radiactiva o biológica, la protección retardante a la llama,... entre otras cuestiones. La resistencia del traje a la penetración y a la permeación pueden ser las propiedades que mejor indiquen su grado de utilidad:

- **Penetración:** el material en estado líquido o partículas

traspasa el traje a través de las cremalleras y costuras o de posibles agujeros o roturas que pueda tener como consecuencia de su uso.

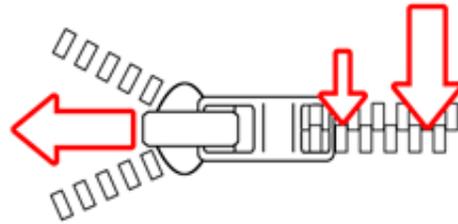
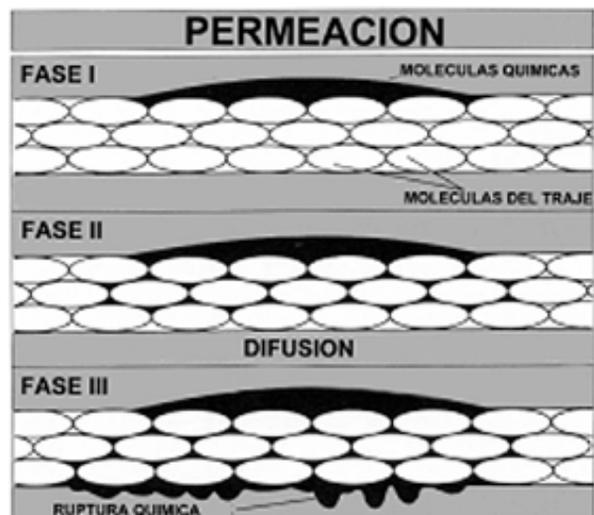


Imagen 228. Penetración

- Para valorar este proceso físico, las normas europeas exigen someter a los trajes al Gutter Test, prueba que indica los valores de penetración y el índice de repelencia del líquido con el que se ha testado. Otra forma de clasificarlos es por el tamaño de las partículas sólidas que han conseguido penetrar.
- **Permeación:** es el proceso químico por el que una sustancia se introduce en el tejido del traje a nivel molecular (no es una entrada física, como en el caso de la penetración). Este proceso consta de una primera fase en la que el traje absorbe la sustancia de prueba, luego se difunde a través del material y, en la tercera fase, se estudia el producto en la zona limpia o que evitamos que pasase.



Fases permeación

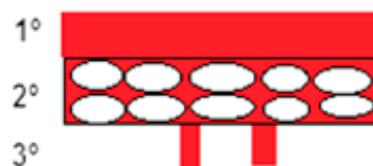


Imagen 229. Fases de permeación

Un tercer parámetro **tiempo de paso** (tiempo transcurrido desde el contacto inicial de la sustancia química con el material hasta que se detecta en el interior del traje) se usa para comprobar la compatibilidad del traje con la correspondiente sustancia química. Para medir este parámetro se tienen en cuenta variables que pueden afectar al ensayo, como el grosor del material que se prueba, la temperatura y la presión

de la sustancia, así como la concentración de la sustancia química. Los datos que se obtienen se expresan en minutos y a cada clase le corresponde un tiempo determinado.

Una vez examinadas las dos pruebas o criterios, todos los trajes (tipo 1 – tipo 6) deben cumplir con los criterios de penetración. El criterio de permeación posee un nivel de exigencia mayor y solo es necesario para los que exigen mayor protección (tipo 4 e inferiores).

d) Nivel de protección conveniente en cada intervención

Al mando de la intervención es a quien compete decidir el nivel de protección con el que se debe acceder a la zona caliente y con qué traje se ha de llevar a cabo la descontaminación. El traje descontaminante puede ser de un nivel inferior al del grupo de intervención, pero esta decisión debe tomarse *in situ* y conforme a los productos implicados.

Cuando la duración de este tipo de intervenciones se prolonga, se puede llegar a comprometer el mantenimiento del grado de protección necesario. En cualquier caso, el equipo mínimo necesario para proceder a la identificación o a cualquier otro trabajo en zona caliente es el Nivel I. En función de las valoraciones del mando, se podrán sustituir los equipos de protección respiratoria por mascarillas filtrantes u otros elementos.

También puede darse el caso de que algunas sustancias químicas estén presentes en industrias, pero no se encuentren recogidas en las fichas de intervención, por lo que se carece de información del nivel de protección que se exige. En disposición de la ficha de seguridad, se debe utilizar un traje

Tabla 40. Ensayo de resistencia a la permeación para traje de nivel II

Resistencia a la permeación. Método de prueba EN 369, EN 374/3		
Químico	Tiempos de paso obtenidos (min) en 1 mg/cm ² *min	Clasificación EN
Ácido Clorhídrico 37%	45	2
Ácido Fluorhídrico 50%	30	2
Ácido Fórmico	16	1
Ácido Fosfórico 85%	>480	6
Ácido Nítrico 70%	15	1
Ácido Sulfúrico (conc.)	180	4
Ácido Tricloroacético	>480	6
Alcohol Alílico	16	1
Anilina (fenilamina)	>480	6
Cianuro de Sodio	>480	6
Cloruro de Mercurio	>480	6
Cromato de Potasio	>480	6
Etilendiamina	185	4
Hidróxido Sódico (sosa cáustica)	>480	6
Mercurio	>480	6
Naftalina	13	1
Método de Prueba de Desempeño para Traje Completo Type 3: Prueba de Chorro (EN463)	Resultado de la Prueba: Superada.	

de entre un Nivel II y un Nivel III atendiendo a los siguientes aspectos:

- VOLATILIDAD, EXPANSIÓN: A mayor volatilidad = Mayor riesgo = Mayor nivel de seguridad requerido
- GRADO DE EXPOSICIÓN: aunque la sustancia no resulte muy peligrosa, si se va a tratar directamente con ella, puede resultar aconsejable utilizar el nivel superior.
- TIEMPO DE EXPOSICIÓN: un traje de nivel II protege contra una determinada sustancia, pero si se prevé que el tiempo de exposición va a ser elevado y se puede superar el tiempo de penetración indicado en las instrucciones, es preferible utilizar el nivel III. Se debe observar en la ficha, como en la tabla 40.
- CONCENTRACIÓN Y CANTIDAD
- OTROS PELIGROS

Para la intervención, se debe tener en cuenta la clase en la que está catalogada una prenda, ya que si se sobrepasan los tiempos marcados, las sustancias podrían afectar al cuerpo.

Tabla 41. Tiempo seguro mínimo de intervención hasta permeación

Producto químico ensayado	Clase (tiempo de paso)
Metanol	2 (240 min)
Ácido sulfúrico	8 (40 min)

La ropa de protección química también puede ser de aplicación en caso de riesgo biológico o radiológico para evitar este tipo de contaminación.

1.1.2. PROTECCIÓN NUCLEAR Y RADIOLÓGICA

Al margen de que los equipos a utilizar en siniestros con riesgo nuclear o radiológico puedan los que se han presentado, existe protección radiológica concreta contra rayos X y gamma.

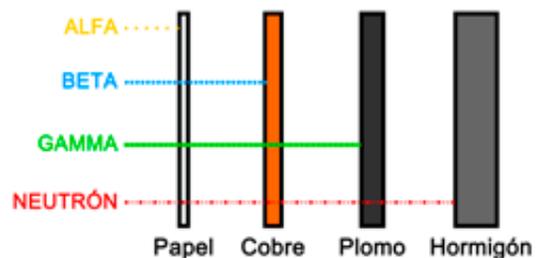


Imagen 230. Diferente poder de penetración de la energía

Con la finalidad de controlar la exposición a las radiaciones, en función de si existe o no contaminación radiactiva* en el ambiente, se toman una serie de medidas:

- **Si no existe posibilidad de contaminación radiactiva** y el único riesgo existente es el de la irradiación* externa al organismo, las medidas a adoptar son:
 - Tiempo: limitar el periodo de exposición a las radiaciones.
 - Distancia: mantenerse distante de la fuente de radiación.
 - Blindaje: interponer protección de blindajes entre la fuente de radiación y las personas.

* Ver glosario

- **Cuando existe contaminación radiactiva** en el ambiente es necesario tomar medidas complementarias para evitar la dispersión de la contaminación, o para impedir que pueda pasar a la piel o al interior del organismo. Estas medidas se implican:
 - Utilizar medidas de confinamiento.
 - Aplicar técnicas de descontaminación.
 - Utilizar vestuario de protección y emplear equipos de protección respiratoria.

La protección radiológica está muy avanzada, pero su puesta en práctica en las intervenciones de bomberos no tiene una fácil aplicación ya que los equipos específicos hacen el trabajo más fatigoso y complicado. Entre los equipos que se emplean, se encuentran lentes plomados, guantes plomados, delantales plomados, cuellos tiroideos o protectores de bismuto.



Imagen 231. Traje de protección radiológica

En la tabla se comparan las equivalencias de diferentes materiales que pueden servir de blindaje. Se puede comprobar

cómo el plomo es el material comparativamente más propicio para la protección.

Tabla 42. Protección radiológica según material

Material blindaje	Equivalencia de protección radiológica (espesor en mm)
Plomo	1
Hormigón baritado de 3,2 g/cm ²	12
Hormigón de 2,3 g/cm ²	93
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ²	136

1.2. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

La intervención en accidentes donde haya implicados productos químicos provocan la necesidad de acometer tareas específicas como taponamientos, retenciones o trasvases que, a su vez, requieren herramientas y equipos específicos. En función de dónde tenga lugar la emergencia, bien se dispondrá de ellos (caso de ser una industria, una instalación fija), o bien será preciso realizar desplazamientos con remolques o vehículos acondicionados para estas tareas.

En una unidad NRBQ se encuentran muchos equipos. A continuación se desglosan los más frecuentes:

HERRAMIENTA	IMAGEN	FUNCIÓN
 <p>Venda sellado fugas</p>	 <p>Imagen 232. Venda sellado fugas</p>	Sirven para taponar tuberías de distintos diámetros.
Lanza sellado de fugas	 <p>Imagen 233. Lanza sellado de fugas</p>	Sellado de grietas y fugas a distancia.
Kit sellado de fugas	 <p>Imagen 234. Kit sellado de fugas</p>	Para sellados de fugas de alta presión en tuberías.
 <p>Pasta selladora</p>	 <p>Imagen 235. Pasta selladora</p>	Sellados de fuga de hasta 0,4 bar.
Piscina recogida líquidos trasvase	 <p>Imagen 236. Piscina recogida de líquidos trasvase</p>	Recoger y almacenar grandes volúmenes de materiales peligrosos.

HERRAMIENTA	IMAGEN	FUNCIÓN
<p>Contenedores de recogida de PRFV</p>	 <p>Imagen 237. Contenedores de recogida PRFV</p>	<p>Almacenamiento seguro de líquidos altamente agresivos.</p>
 <p>Cojín hermetizador de alcantarilla</p>	 <p>Imagen 238. Cojín hermetizador de alcantarilla</p>	<p>Cojín hermetizador de alcantarillas de hasta 2 m altura líquido</p>
<p>Cojín drenaje de fugas</p>	 <p>Imagen 239. Cojín drenaje de fugas</p>	<p>Sellado simple y el drenaje de las sustancias peligrosas.</p>
<p>Kit de emergencias en cisternas</p>	 <p>Ilustración 240. Kit de emergencia en cisternas</p>	<p>Las cisternas según la clase de productos que lleve deberá llevar un equipo con sellado, cubo, gafas, guantes (criogénicos si es el caso) y un obturador de alcantarillas.</p>
<p>Bomba peristáltica</p>	 <p>Imagen 241. Bomba peristáltica</p>	<p>Bombear líquidos explosivos e inflamables para el trasvase.</p>
<p>Herramientas “antichispas”</p>	 <p>Imagen 242. Herramientas “antichispas”</p>	<p>Herramientas de aluminio, bronce, cobre berilio u otros materiales que permiten trabajar con sólidos o líquidos inflamables sin producir la inflamación de atmósferas explosivas.</p>



2. ACCIONES DE MITIGACIÓN

Como se ha dicho, a la hora de mitigar el impacto causado por este tipo de siniestros y prevenir daños aún mayores, se dispondrá –ya desde los momentos iniciales– de muchos más medios de emergencia cuando el accidente tiene lugar en una instalación industrial que cuando ocurre en un tramo vial o ferroviario.

En la elección del método de mitigación más adecuado intervienen diferentes variables entre las que destacan la clase de siniestro (escape, fuga), el tipo de mercancía o sustancia peligrosa, estado de la misma, la meteorología, la ubicación, y los medios humanos y materiales disponibles,...

Los métodos de mitigación pueden ser físicos o químicos. Los hay que se pueden aplicar de forma **segura** y rápida, con poco material, y otros requieren de un alto grado de especialización, tanto en la formación técnica como en el equipamiento y los materiales empleados.

2.1. ACCIONES FÍSICAS

Los métodos físicos de control se sirven de diferentes procesos o procedimientos que permitan limitar el área de un vertido, derrame, fuga u otros mecanismos de alivio. Algunos de estos métodos se pueden aplicar de manera combinada.

2.1.1. ABSORCIÓN

Es el proceso por el que los materiales absorben y retienen líquidos a través de la humectación. La absorción se acompaña de un aumento del volumen por el hinchamiento de la mezcla de sorbato-sorbente. Algunos de los materiales que se usan como absorbentes son arenas, arcillas, serrín, sepiolitas y fibras de tipo poliolefínico. A la hora de confinar los vertidos mediante cualquiera de estos materiales, hay que tener presente que el líquido absorbido puede ser expulsado de nuevo mediante acciones mecánicas o térmicas.

Los absorbentes contaminados adquieren las propiedades de los líquidos peligrosos que han absorbido es decir, se convierten en materiales peligrosos por lo que deben ser tratados como residuos.

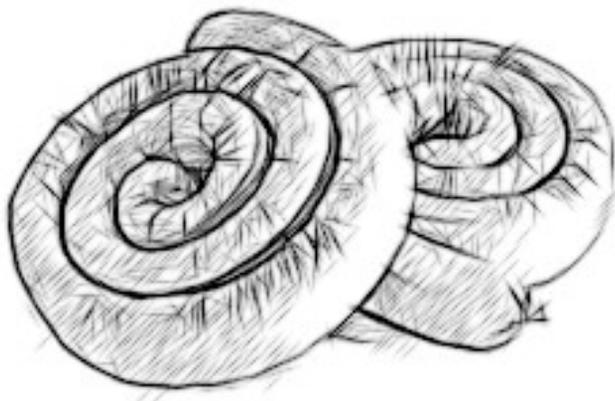


Imagen 243. Absorbente



Imagen 244. Absorbente granulado

Este método está más indicado para pequeños derrames, ya que la capacidad de absorción del absorbente es limitada. Si el escape es importante, se precisará de una cantidad importante de material absorbente y gran apoyo logístico.

2.1.2. CUBRIMIENTO

Constituye una forma temporal de mitigación y se aplica especialmente sobre fugas de materiales biológicos y radiactivos. Conviene realizar esta técnica con rapidez ya que su objetivo es reducir la emisión de vapores por efecto del viento o por evaporación. El plástico de polietileno es el material más adecuado al ser resistente a la mayoría de materias.



Imagen 245. Lona cubriendo recipiente

Se puede aplicar directamente sobre la materia derramada, o cubriendo la superficie del recipiente contenedor.

2.1.3. DILUCIÓN

Proceso mediante el que se aplica agua a materiales peligrosos solubles en agua al efecto de disminuir el riesgo a valores seguros. Antes de aplicar este método es imprescindible cerciorarse de que la sustancia a diluir no es reactiva al agua. Tampoco debe emplearse agua de forma indiscriminada. Hay que tener en cuenta que esta técnica implica un aumento considerable del volumen, lo que genera mayores problemas de confinamiento. Sin embargo, es una opción aplicable en muchas situaciones.

Esta técnica es viable, pero se debe tener en cuenta el grado de solubilidad de la materia en el agua, es decir, si el líquido se disuelve en agua (polar) o no lo hace (apolar). Si la materia peligrosa (inflamable o corrosiva) es soluble, debe considerarse esta técnica pues baja su inflamabilidad y corrosividad, por lo que se hace menos peligrosa.

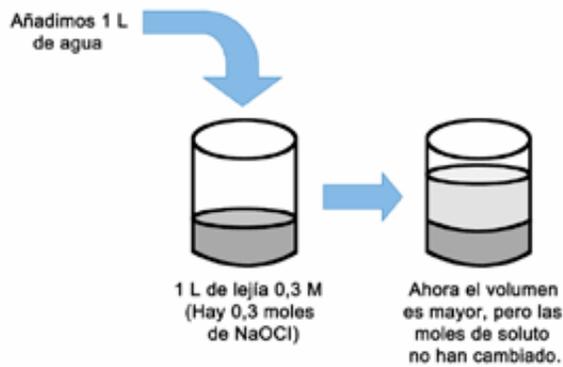


Imagen 246. Esquema dilución

En el ejemplo se aprecia cómo las moles de NaOCl no cambian, ya que no se ha añadido soluto. Lo que sí cambia es el volumen de la solución, que pasa de 1 litro a 2 litros. Es decir, al disolver se tiene menos concentración del peligro.

2.1.4. RETENCIÓN

Esta técnica, también denominada **contención**, consiste en el empleo de barreras físicas o diques para impedir el avance de la sustancia derramada (y pueda llegar a alcantarillas, cauces de ríos, etc.) o canalizar su avance hacia un lugar deseado. Los diques son habitualmente de tierra, cemento o materiales sintéticos especialmente diseñados para controlar derrames. Muchos de esos materiales trabajan por absorción. En el caso de los GLP (Gases Licuados del Petróleo) las retenciones se pueden combinar con el método de dispersión de vapor (siguiente técnica).



Imagen 247. Retención para derrame de líquidos en accidentes ferroviarios.



Imagen 248. Barrera

Entre las diferentes formas de retener o contener un vertido, destacan las siguientes:

- a) **Confinamiento en tierra:** forma de mitigación que se puede calificar como defensiva*, por lo que se debe conocer la dirección y velocidad del flujo, al igual que la cantidad total para asegurar que la capacidad del confinamiento sea superior que el líquido derramado. Si la zona no se encuentra pavimentada, el confinamiento puede realizarse con la tierra que rodea el incidente. Ahora bien, se han de tener muy en cuenta todo aquello que caracterice el terreno y pueda actuar de condicionante (la pendiente, la cercanía a cursos de agua o corrientes de agua subterránea, de redes de saneamiento o alcantarillado, la propia consistencia del terreno...).



Imagen 249. Confinamiento en tierra de derrame de gasoil.

- b) **Excavaciones:** en superficies sin pavimentar y si se dispone de maquinaria adecuada, es posible abrir zanjas que contengan el derrame. Primero hay que elevar un dique que dirija el vertido hacia el hoyo realizado. Si el líquido posee una presión de vapor alta y su toxicidad puede afectar a la seguridad de núcleos de población o personas cercanas, se debe sellar el vertido para limitar su dispersión al aire.
- c) **Confinamiento en agua:** si el derrame llega a un río, cauce de agua o embalse, su confinamiento resulta más dificultoso y, en función de su densidad respecto al agua, existen dos posibilidades:
- Que la sustancia sea **menos densa** (densidad respecto al agua inferior a la suya). Para contener esta sustancia se precisan barreras verticales hacia abajo que impidan la dispersión.

Además de la densidad se debe valorar el coeficiente de solubilidad del producto respecto al agua.



Imagen 250. Barrera materia flota.

* Ver glosario



Imagen 251. Barrera con cortina inferior

2.1.5. DISPERSIÓN DE VAPOR

Método aplicable a fugas de gases. Los vapores de algunas sustancias pueden dispersarse utilizando agua pulverizada. Con otros productos, como GLP, la concentración de gas puede reducirse por debajo del límite inferior de inflamabilidad sirviéndose de la turbulencia creada al aplicar agua pulverizada. Si existen nubes tóxicas puede usarse para mitigar su efecto o para orientar la nube hacia zonas con menos riesgo.



Imagen 252. Taponamiento líquido corrosivo



Imagen 253. Ventilador hidráulico.

2.1.6. SOBRE-EMPAQUETAMIENTO

Se trata de introducir el recipiente dañado en otro recipiente hermético de un tamaño superior al afectado que debe etiquetarse correctamente. Teniendo la precaución de que el recipiente no tenga ninguna contraindicación con el producto, este método puede resultar muy rápido y adecuado en el caso de bidones u otro tipo de embalaje que permita este sobre-empaquetamiento.

El material radiactivo se transporta embalado en recipientes adecuados que pueden ser introducidos en otros de mayor tamaño.



Imagen 254. Recipiente material radiactivo

2.1.7. TAPONAMIENTO

Es posiblemente la técnica más extendida para mitigar incidentes con MM.PP. Consiste en taponar los pequeños orificios, grietas o cortes de las cisternas, contenedores o tuberías para cerrar el escape del flujo al exterior. El material para taponar fugas es muy variado: calzas, cojines neumáticos, cuñas* de madera o teflón, pastas de taponamiento o, en el caso de tuberías, con bridas u otras herramientas como separadores hidráulicos.

Se debe evitar el uso de cuñas metálicas en grietas abiertas en depósitos de metal, porque se podrían producir chispas al introducirlas. También se utilizan parches fabricados con una gran variedad de materiales (acero magnético, adhesivos...), que se suelen fijar con cinchas para asegurarlas. En ocasiones el taponamiento permite el trasvase posterior sin que se pierda el producto.



Imagen 255. Taponamiento de escape en contenedor

* Ver glosario



Imagen 256. Taponamiento de escape en tubería

2.1.8. TRASVASE

Es el proceso de trasladar un líquido, gas o algunas clases de sólidos de un contenedor dañado a otro recipiente en buenas condiciones. El trasvase de un recipiente a otro precisa materiales y técnicas específicos, por lo que habitualmente ha de ser realizado por los responsables de la distribución del producto.

Se puede realizar de forma manual, con bombas de trasvase o por diferencia de presión. Se debe tener especial cuidado cuando se trasvasen materiales inflamables, en cuyo caso hay que emplear siempre material antideflagrante y tomar la precaución de colocar tomas de tierra en todo el sistema.



Imagen 257. Montaje de bomba de trasvase manual



Imagen 258. Trasvase con bomba

2.1.9. SUPRESIÓN DE VAPOR O MANTO

Con esta técnica se intenta controlar la emisión y dispersión de vapores de un derrame mediante la aplicación de espumas. Este uso precisa consideraciones distintas de las requeridas como agentes extintores y su efectividad como agente supresor de vapor depende de varios parámetros:

Relación de expansión (relación entre el volumen final de la espuma y el volumen original de espumante):

- **Baja expansión:** Es una espuma fuerte y de una gran cohesión que soporta muy bien las inclemencias del exterior. Ha demostrado constituir un medio efectivo de control y extinción en la mayoría de los fuegos de líquidos inflamables. Si el producto se ha inflamado es la más adecuada.
- **Media expansión:** puede proveer cobertura rápida y eficiente de derrames de líquidos inflamables o derrames de líquidos tóxicos donde es esencial la supresión rápida de vapores. Las espumas con una expansión entre 30:1 y 55:1 producen un recubrimiento óptimo de espuma para mitigar vapores en productos químicos altamente reactivos a la presencia de agua.



Imagen 259. Manto

- **Alta expansión:** es particularmente adecuada en incendios interiores en espacios confinados por su gran capacidad para inundar espacios y para el desplazamiento volumétrico de vapor, calor y humo por lo que no resulta de aplicación práctica en derrames.

Es recomendable que la espuma posea:

- **Velocidad de fluidez:** su capacidad de cobertura, influye en la velocidad de control del derrame.
- **Resistencia al calor:** el calor que irradian los líquidos inflamados en un vertido es enorme y destruye la espuma con rapidez.
- **Resistencia química:** una espuma efectiva debe minimizar su drenaje en los combustibles, de forma que la espuma no se mezcle ni se destruya.
- **Resistencia a los alcoholes:** es necesario saber si el líquido a tratar es polar o no, debido a que los alcoholes se mezclarán con el agua y como las espumas están formadas como mínimo por un 90% de agua, se destruyen más fácilmente que si resisten a los alcoholes.

Se han de tener en cuenta estas dos consideraciones respecto a su **dosificación y tasa de aplicación**:

- La **dosificación** se expresa en porcentajes e indica la cantidad de espumógeno* con relación a la mezcla espumante. Los espumógenos se diseñan para ser mezclados con agua en los porcentajes especificados por los fabricantes. Las más habituales se calibran desde el 0,1% hasta el 6% y la dosificación habitual es del 3% para líquidos hidrocarburos y del 6% para alcoholes.

* Ver glosario

**Tabla 43.** Tasa mínima de aplicación para áreas de vertido sin diques ni elementos de contención (NFPA)

LÍQUIDO	Tipo de espuma	Tasa Mínima de Aplicación (l/min m ²)	TIEMPO MÍNIMO DE DESCARGA(min)
Hidrocarburos	Proteínica y Fluoroproteínica	6,5	15
Hidrocarburos	AFFF, FFFP, y AFFF o FFFP resistentes al alcohol	4,1	15
Líquidos polares	Espumas resistentes al alcohol	Depende datos fabricante	Depende datos fabricante

- La **densidad o tasa de aplicación** hace referencia a los litros de espuma que se han de aplicar por minuto en cada metro cuadrado de superficie incendiada. Es una característica específica de cada espumante.

No existe una normativa europea que marque la tasa mínima de aplicación en función del combustible, aunque sí existe un valor estándar que establece que para **líquidos hidrocarburos la tasa de aplicación mínima debe ser de 5 litros/min m² y para líquidos polares, 10 l/min m²**. Aunque la NFPA establece los siguientes valores para áreas de vertido sin diques ni elementos de contención. (Ver tabla 43)

Respecto a la **forma de aplicación**, la espuma experimenta el siguiente proceso:

4. Impacta contra las llamas y la superficie del líquido incendiado. Este es el momento más duro, ya que la espuma se degrada muy rápidamente. Para evitar este desgaste conviene dirigir siempre la espuma hacia el mismo punto, así será más fácil enfriar ese punto y evitar la degradación de la espuma.
5. Cuando ya se ha enfriado la superficie o la zona de descarga, la espuma es capaz de formar una capa que irá fluyendo. Al mismo tiempo que reduce la radiación, la capa de espuma se va haciendo más extensa y contribuye a reducir más la radiación y el combustible afectado.
6. Cuando la capa de espuma cubre ya toda la superficie del escape, se debe seguir aplicando espuma como mínimo durante otros quince minutos (según la NFPA), si no, el alto calor todavía puede degradar la espuma y romper la barrera, reavivándose el riesgo de reignición del combustible.

Cualquier aplicación de espuma a un líquido inflamable no incendiado debe ser lo más suave posible. Los métodos adecuados de aplicación con equipos portátiles podrían incluir un patrón de rocío o represar el chorro de espuma contra un respaldo de manera que la espuma fluya suavemente sobre la superficie del líquido. (Ver ejemplo)

2.1.10. VENTEO

Se emplea con líquidos o gases comprimidos menos densos que el aire cuando se detecta peligro de explosión o de rotura mecánica. Consiste en la emisión controlada del material para contener y reducir la presión interior. Otra opción es abrir una válvula del depósito para, de una manera controlada, aligerar o reducir la presión del interior. La reducción de la presión de salida del líquido o gas por el punto de fuga, permite taponar o reducir la fuga.



¿Cuánta espuma conviene aplicar con una Autobomba Rural Pesada (BRP)?

En muchas intervenciones es probable que la llegada y los primeros instantes estén asistidos solo por una dotación con una única bomba de 3500 litros y un número limitado de garrafas de espumógeno.

Dosificación	Litros espumante	Litros espumógeno
al 3%	3500/100 x 3%	35 x 3 = 105 litros
al 6%	3500/100 x 6%	35 x 6 = 210 litros

Hay un charco de 200 m² de gasoil ardiendo que se precisa cubrir con espuma ¿Cuántos litros de espumógeno se necesitan?:

Tasa de aplicación: 5 l/min m² o 6,5 según NFPA

Caudal: 200 l/min

Superficie: 200 m²

Espumante necesario: Tasa aplicación x superficie afectada

Espumante = 5 l/min m² x 200m² = 1000 litros espumante x 0,03% = 30 litros espumógeno/min.

Ó, según tasa de aplicación NFPA:

Espumante = 6,5 l/min m² x 200m² = 1300 litros espumante x 0,03% = 39 litros espumógeno/min.

Si es necesario mantener esa tasa de aplicación durante 10 minutos, se requerirán 300 litros de espumógeno, por este motivo es importante contener el producto y cubrirlo. A menor superficie, menor cantidad de espuma.



Imagen 260. Venteo

2.1.11. RELICUACIÓN

La relicuación es un proceso que se aplica incluso en plantas de gas natural para impedir que el gas aumente de presión mientras está almacenado. Se quema a través de una antorcha o se relicúa. En las intervenciones en las que exista una fuga de gases licuados, este procedimiento consiste en canalizar la fuga a través de canalizaciones de PVC, mangueras u otros hasta un recipiente o piscina preparado al efecto; allí se cubre con una lona para evitar que se evapore y, por las propiedades físicas y de temperatura, regresa al estado líquido.



Debido a que esta técnica precisa un trato muy directo con el producto, se debe valorar el riesgo de inflamabilidad.

A pesar de los riesgos y reacciones que puede ocasionar, este método es muy indicado para el amoniaco (gas no inflamable).

2.2. ACCIONES QUÍMICAS

Los métodos químicos de control son aquellos que contemplan la aplicación de productos químicos para paliar los derrames de materiales peligrosos. Producen una reacción química controlada que ayuda a mitigar los efectos del siniestro.

2.2.1. ADSORCIÓN

La adsorción es el proceso según el cual un adsorbato o sorbato (o líquido peligroso) interactúa con la superficie de un sorbente sólido. Las características más importantes de esta interacción son las siguientes:

1. La superficie del adsorbente o sorbente es rígida y no hay incremento de volumen, a diferencia de los absorbentes.
2. El proceso de adsorción va acompañado por el calor producido en la adsorción, mientras que en la absorción no ocurre así.
3. La adsorción ocurre únicamente en superficies activadas, por ejemplo, carbón activado, alúmina, etc.

2.2.2. DISPERSANTES, AGENTES ACTIVOS SUPERFICIALES Y ADITIVOS BIOLÓGICOS

Se pueden emplear determinados agentes químicos y biológicos para dispersar los materiales perjudiciales presentes en derrames de líquidos. La utilización de estos agentes da como resultado una falta de contención y, normalmente, produce la expansión del líquido sobre un área mucho mayor. Los dispersantes se aplican con más frecuencia en los derrames de líquidos sobre agua. El dispersante convierte un vertido de líquido en muchas gotas finas, diluyendo así el material. El uso de este sistema puede precisar la aprobación previa de la autoridad ambiental debido a la extensión de la zona dañada inicialmente.

2.2.3. GELIFICACIÓN

La gelificación es el proceso de formación de un gel (sistema coloidal que consta de una fase sólida y otra líquida). Este proceso persigue espesar y estabilizar un material líquido peligroso; el gel resultante se convierte en un material peligroso y necesita eliminarse de forma adecuada.

2.2.4. NEUTRALIZACIÓN

La neutralización es el proceso resultante de aplicar ácidos o bases a un derrame para conseguir una sal neutra (las disoluciones ácidas se neutralizan con disoluciones básicas y al revés). Una de las mayores ventajas de la neutralización consiste en que el material peligroso puede dejar de serlo.

Sin embargo, esta reacción siempre libera calor. Para paliar este efecto existen formulaciones especiales que no generan reacciones violentas ni producen calor local durante el proceso de neutralización. En los casos en los que no se disponga de formulaciones neutralizantes concretas, las personas que aplican el agente neutralizante deben tomar medidas de protección especiales, ya que se genera calor y pueden producirse reacciones violentas

Si se aplican sólidos para neutralizar*, con frecuencia da como resultado el confinamiento del material vertido. Pero si se trata de grandes cantidades de producto, puede resultar más adecuada la absorción.



Imagen 261. Esquema del proceso de neutralización

2.2.5. POLIMERIZACIÓN

La polimerización es el proceso por el cual se hace reaccionar un material peligroso en presencia de un catalizador (calor o luz, por sí mismo o por otro material), para obtener un sistema polimérico (formar una macromolécula). Distinguiendo entre los dos principales procesos de polimerización, por **adición** y por **condensación**, se encuentra que la principal diferencia radica en que en la polimerización por adición, no se producen residuos (no hay pérdida de átomos al pasar a formar parte del polímero) mientras que en la polimerización por condensación algunos átomos del monómero no son incluidos en el polímero resultante, produciéndose una pequeña molécula como residuo (usualmente agua o gas de ácido clorhídrico).

2.2.6. SOLIDIFICACIÓN

La solidificación es el proceso por el que un líquido peligroso se trata químicamente de tal forma que se llega a obtener un material sólido. Los adsorbentes son un claro ejemplo del proceso de solidificación. Hay otros materiales que se pueden emplear para convertir líquidos peligrosos en sólidos no peligrosos. Un ejemplo puede ser la aplicación de formulaciones especiales diseñadas para formar una sal neutra en el caso de vertidos de ácidos o álcalis. La ventaja del proceso de solidificación es que un pequeño derrame se puede confinar con relativa rapidez y proceder al tratamiento de forma inmediata.

* Ver glosario

3. DESCONTAMINACIÓN

La definición de descontaminación que mejor concierne al colectivo de bomberos viene proporcionada por la NFPA y manifiesta que se trata de un *proceso químico o físico para reducir o prevenir la propagación de la contaminación de personas y/o equipos*.

En la tabla se pueden apreciar los tipos de contaminación y las peculiaridades de cada uno de ellos. Aunque el tiempo necesario para el proceso de descontaminación se adaptará al contaminante y a las condiciones en las que se haya permanecido en contacto, es importante reducir al máximo el periodo en contacto directo o indirecto con el contaminante. Esto reduce la probabilidad de sufrir la contaminación en el caso de superar el tiempo de exposición indicado por el traje.

Tabla 44. Tipos de descontaminación

Tipo de contaminación	Peligrosidad	Ejemplo	Descontaminación
Directa	+ Severa	Contacto directo con ácido	+ Tiempo
Indirecta	- Concentración	Camilla de rescate de víctima contaminada	- Tiempo

En la descontaminación tiene preferencia la **minuciosidad** en el lavado frente a la rapidez, ya que la prioridad en un incidente con mercancías peligrosas es controlar la fuente contaminante y el perímetro contaminado para evitar mayor afectación a bienes y personas. En caso de que el volumen de personas involucradas sea muy grande, se tendrá que descontaminar de una forma rápida y reduciendo las zonas o estaciones de descontaminación. Es lo que se denomina descontaminación masiva.

En ocasiones no debe demorarse el traslado de víctimas graves por la aplicación de los procedimientos de descontaminación.

Se debe optimizar el balance:
RAPIDEZ - SEGURIDAD

Los objetivos básicos de la descontaminación deben ser:

- Impedir que las personas que se contaminen ejerzan como contaminantes ante otras personas.
- No propagar el contaminante de la zona de mayor riesgo y exposición a la sustancia peligrosa (zona caliente) al lugar donde se ubican los vehículos y los medios necesarios para la intervención y apoyo (zona templada), ni a la zonas más segura -que se extiende a partir de la zona templada- y se suele utilizar para descanso y avituallamiento de los intervinientes (zona fría).
- Asegurar que los intervinientes no se contaminen al retirarse el traje de protección química.
- Reducir (y eliminar si es posible) la contaminación de las víctimas rescatadas para que puedan ser asistidas por los médicos.

- Asegurar que los EPIS y herramientas no se han contaminado y pueden ser usados nuevamente. De no ser posible, retirarlos.

Una vez se tengan claros los objetivos que se persiguen con la descontaminación en una intervención, las prioridades que se deben marcar para cumplir los objetivos son:

PRIORIDAD 1: Las personas rescatadas o evacuadas que puedan estar contaminados.

PRIORIDAD 2: El personal interviniente en la zona caliente.

PRIORIDAD 3: El personal interviniente encargado de la descontaminación.

PRIORIDAD 4: La posible contaminación de los equipos utilizados.

La descontaminación es una acción imprescindible en las emergencias NRBQ, pero la descontaminación más efectiva es una buena prevención de la contaminación a través de:

- El uso de equipos de protección personal adecuados.
- El manejo correcto de equipos y herramientas.
- Buenas prácticas para evitar riesgos (ponerse en cuclillas en lugar de arrodillarse; planificar los movimientos; permanecer el mínimo tiempo imprescindible en los orificios de fuga,...).

3.1. EQUIPOS Y MATERIALES DE DESCONTAMINACIÓN

El proceso y las técnicas de descontaminación varían en función del contaminante, grado de penetración,... así como de la forma de contaminación: contacto con gases tóxicos, rociado de líquidos corrosivos, tiempo de permanencia sobre charcos de productos derramados,...

Aunque se cuente con equipos altamente sofisticados y específicos para la descontaminación, en muchas ocasiones es más decisivo contar con equipos o materiales "de fortuna" que la solución o agente descontaminante aplicado. A continuación se desglosan algunos equipos y materiales con los que se debe contar:

(Ver tabla en página siguiente)

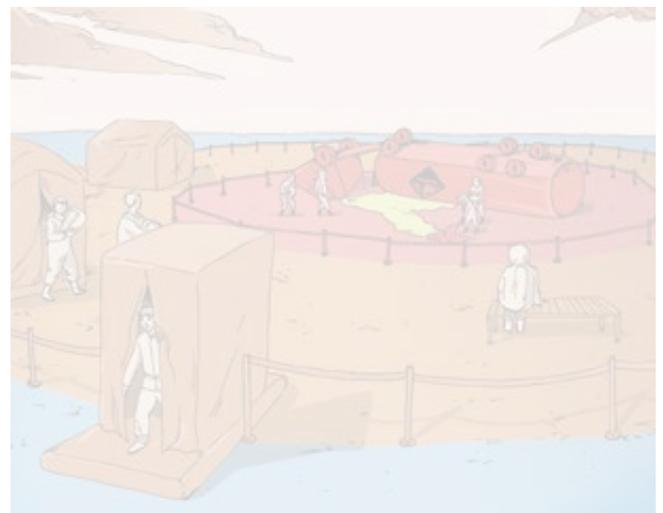


Tabla 45. Equipos y materiales de descontaminación

HERRAMIENTA	FINALIDAD	IMAGEN
Cepillos de mango largo	Cepillado y retirada de contaminante	 Imagen 262. Cepillo
Pulverizador de jardín	Aplicación de los descontaminantes líquidos sobre los trajes o equipos	 Imagen 263. Pulverizador de jardín
Bolsas de basura grandes	Almacenar la ropa y equipos contaminados que no puedan ser puestos en servicio "in situ"	 Imagen 264. Bolsas de basura
Jabón	Limpieza en general	 Imagen 265. Jabón
Gamuzas o paños absorbentes	Absorción de los líquidos que hayan podido quedar en trajes o equipos	 Imagen 266. Gamuzas o paños absorbentes
Bidones	Contención de mercancías peligrosas y material de absorción o descontaminación contaminado	 Imagen 267. Bidones
Ventilador	Descontaminación seca de productos volátiles cuando el tiempo no permite la descontaminación al aire libre	 Imagen 268. Ventilador
Bancos o sillas	Proporcionar asientos a los intervinientes entre algunas estaciones de descontaminación	 Imagen 269. Bancos o sillas

HERRAMIENTA	FINALIDAD	IMAGEN
Cubos	Introducir los guantes y botas y que se han de descontaminar en mejores condiciones	 Imagen 270. Cubos
Guantes y trajes	Protección para el equipo que descontamina	 Imagen 271. Guantes y trajes
Ducha	Permiten la descontaminación húmeda. Pueden ser específicas o con mangueras y lanzas.	 Imagen 272. Ducha
Lona de plástico	Delimitar zonas de descontaminación así como evitar la caída de contaminantes al suelo y facilitar su retirada en caso de que ocurra.	 Imagen 273. Lona de plástico
Piscinas hinchables	Contener el agua utilizada en la descontaminación	 Imagen 274. Piscinas hinchables
Soluciones o aplicaciones	Descontaminación química o biológica de los trajes y equipos	 Imagen 275. Productos descontaminantes
Señalización y balizas	Mantener las zonas correctamente delimitadas y los riesgos perfectamente identificados.	 Imagen 276. Señalización y balizas

3.2. MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN

En función de la sustancia contaminante y del tiempo disponible para la descontaminación, se puede distinguir entre:

3.2.1. MÉTODOS FÍSICOS



En caso de que la retirada del contaminante se realice con métodos físicos, el contaminante permanecerá con las mismas propiedades y, por tanto, con los mismos riesgos.

a) Cepillado

La retirada del producto se realiza cepillando el traje de los intervinientes. No deben obviarse las zonas de difícil acceso como las axilas o entrepierna. Esta técnica se complementa con una línea de agua para facilitar la retirada.



Imagen 277. Retirada de contaminante mediante cepillado

b) Absorción

Para eliminar productos que se adhieren a los trajes o equipos, o como complemento de otros procesos.

c) Lavado

El agua, además de ser un buen disolvente, está disponible en grandes cantidades en los vehículos, por lo que resulta el método más empleado en la descontaminación. Es muy eficaz excepto con materias en las que se puedan producir reacciones.



Imagen 278. Retirada de contaminante mediante lavado

d) Venteo

Permanecer al aire libre o en una ligera corriente de aire que elimine los productos contaminantes es una forma de descontaminar indicada cuando las mercancías peligrosas son:

- Poco solubles en agua, por lo que el cepillado y lavado dejaría el contaminante sin disolverse.
- Muy volátiles, de tal forma que se dispersen en el aire libre muy rápidamente debido a la presión de vapor de estos. Debe tenerse en cuenta la densidad respecto al aire.

e) Aspiración

Persigue el mismo efecto que la absorción (recoger el contaminante y mantenerlo controlado). Se lleva a efecto con contaminantes sólidos para que, además de descontaminar, se facilite el tratamiento posterior.

3.2.2. MÉTODOS QUÍMICOS

La descontaminación mediante procedimientos químicos se realiza con elementos que matan o eliminan los contaminantes biológicos y neutralizan los productos químicos. Su objetivo es reducir su toxicidad o corrosividad.

a) Desinfección

Proceso químico que, al aplicar desinfectantes, reduce los agentes patógenos (bacterias o virus) a un nivel que no afecta a la salud. Entre los desinfectantes, destacan los compuestos fenólicos, el cloro o el ozono.



Imagen 279. Descontaminación mediante desinfección



Imagen 280. Descontaminante biológico

b) Neutralización

Se emplea para reducir la efectividad de la sustancia corrosiva. Esta reacción tiene lugar cuando un ácido reacciona por completo con una base, produciendo sal y agua. Los elementos o sustancias más habituales que se pueden utilizar para realizar la neutralización son el hipoclorito sódico, el hidróxido de sodio (lejía) o el óxido de calcio (cal hidratada).

Deben tenerse en consideración las reacciones adversas que pueden tener lugar. Si resulta inviable, se procederá a aplicar un concienzudo cepillado y lavado.

En la siguiente tabla se desglosan algunas soluciones que facilitarán la descontaminación del personal interviniente. Aunque su uso está generalizado, es conveniente un asesoramiento específico por personal cualificado.

Tabla 46. Soluciones descontaminantes (Escuela Nacional de Protección Civil) *NC= **NOMBRE SOLUCIÓN**

NC*	COMPOSICIÓN	SUSTANCIAS INDICADAS	Método descontaminación
A	Solución cáustica: 5% carbonato de sodio (Na_2CO_3) y 5% fosfato de trisodio (Na_3PO_4)	Contaminantes desconocidos, ácidos inorgánicos, solventes y otros compuestos orgánicos	Neutralización y desinfección
B	Solución oxidante: 10% hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$	Cianuros, Amoníaco, no Ácido Desechos Inorgánicos	
C	Solución caustica suave: 5% fosfato de trisodio (Na_3PO_4)	Solventes y otros compuestos orgánicos	
D	Solución ácida: medio litro de ácido clorhídrico en 45 litros de agua	Bases Inorgánicas, álcalis y desechos cáusticos	
E	AGUA + JABÓN	Todas, excepto reacciones con agua.	Dilución

3.3. PROCEDIMIENTOS DE DESCONTAMINACIÓN

La descontaminación tiene que ser efectiva para poder cumplir los objetivos previstos. Esta efectividad depende, sobre todo, del método de descontaminación, de los equipos con los que se aplica, de la minuciosidad con la que se realicen los métodos o técnicas, así como de que se realice de forma escrupulosa el procedimiento que asegure la descontaminación completa.

La descontaminación necesita un trabajo y una implicación de personal para llevarlo a cabo en las condiciones adecuadas; sin embargo, no siempre se podrá contar con las condiciones idóneas.

3.3.1. DESCONTAMINACIÓN MASIVA

Cuando se vea afectada una gran cantidad de personas (víctimas) que hayan entrado en contacto con nubes tóxicas u otros productos contaminantes, **tiene preferencia la rapidez** en el lavado **frente a la minuciosidad**.

Para que la de descontaminación resulte eficaz y se logre retirar con celeridad la mayor cantidad posible de la sustancia peligrosa, el procedimiento dicta la retirada de la ropa pues se calcula que con ello se elimina el 80% del producto contaminante.

Se comercializan sistemas integrados para la descontaminación masiva eficaz de personas. Como se puede apreciar en las imágenes, consisten en contenedores de descontaminación o duchas con varias líneas simultáneas.



Imagen 281. Contenedores de descontaminación

Cuando no se dispone de los medios descritos, la descontaminación masiva se puede realizar aplicando agua pulverizada desde la parte alta de dos camiones o bombas enfrentadas. Se advierte específicamente que se realice desde la parte superior para facilitar que el agua arrastre las sustancias hacia el suelo.



Imagen 282. Descontaminación masiva

Además se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La descontaminación de personas, de equipos y del medio ambiente es prioritaria, así que se debe valorar la utilización de diques de contención para retener el agua utilizada en el lavado.
- El equipo responsable de la descontaminación debe estar protegido y/o cubierto para no contaminarse.

- La ducha con las líneas de agua se puede complementar con la utilización de detergentes neutros con el propak o los premezcladores.
- En caso necesario, se procederá a un cepillado suave evitando la entrada de sustancias nocivas hacia el interior del cuerpo.
- Se facilitarán toallas o material absorbente que, en el secado, ayuden a eliminar los contaminantes.
- Las personas de las que se sospeche puedan sufrir contaminación severa deberán descontaminarse según los protocolos de la descontaminación general (minuciosidad frente a rapidez).
- El servicio sanitario debe realizar el triage después de que se hayan descontaminado.
- Por último pero no por ello menos importante, si la contaminación está producida por materiales radiactivos, el control debe realizarse a través del Consejo de Seguridad Nuclear.

3.3.2. DESCONTAMINACIÓN GENERAL

Resulta vital **aislar el lugar del accidente desde el inicio de la emergencia**. Así, se procederá a la **zonificación**, diferenciando tres zonas (caliente, fría y templada) que estarán perfectamente señalizadas.

Se establece la necesidad de activar un corredor de descontaminación cuando se prevea la contaminación de intervinientes o víctimas en una emergencia. Dado que el corredor confina las actividades de descontaminación en sucesivas estaciones, se debe ubicar en la **zona templada**. Debe estar disponible para su uso en cuanto el primer grupo de intervención se adentra en la zona caliente y entra en contacto con la sustancia peligrosa.

Para evitar la transferencia de la contaminación, sus límites deben estar perfectamente marcados, con restricción de entrada y salida para asegurar que los afectados la utilicen para salir de la zona caliente (el área de contaminación potencial por contacto con el producto peligroso). Para poder acceder a la zona fría, se debe salir del corredor de descontaminación totalmente descontaminado.

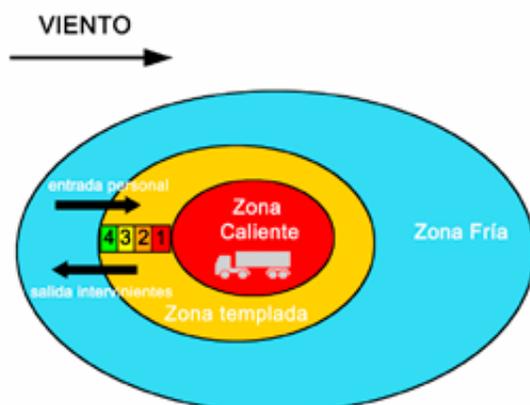


Imagen 283. Zonificación

En las intervenciones se debe guardar un escrupuloso control de los grupos y equipos de intervención que entran en la zona caliente, por ello es necesario que la entrada tenga lugar cerca del corredor de descontaminación, así se puede

reconocer a las personas y ver en qué estado y nivel de protección se adentran en el corredor. Específicamente se debe prestar atención a:

- Presión botella.
- Estado de confort: óptimo, cansado, estresado...
- Idoneidad de la protección: nivel de protección, colocación EPR,...

El mando que planifique la descontaminación **debe contemplar**:

- a) Ubicación
- b) Métodos de descontaminación:
 - Solución
 - Equipo humano
 - Material disponible
- c) Control de las aguas contaminadas.
- d) Asistencia médica
- e) Entrega y reposición de ropa y equipo contaminado.



IMPORTANTE

Se debe analizar el pH del agua que se ha empleado para la descontaminación y que se encuentra contenida en piscinas u otras zonas mediante diques. Si el pH no está dentro de un rango de 5 a 9, se deberá informar al organismo competente para que trate estas aguas adecuadamente.

3.4. ETAPAS O DIMENSIÓN DE LA DESCONTAMINACIÓN

Para prever la dimensión del corredor de descontaminación se debe valorar el contaminante y los medios materiales y humanos disponibles para llevarlo a cabo.

Como mínimo, la descontaminación deberá realizarse en una estación de lavado en la que se coloque una ducha y se proceda al cepillado del personal dentro de una piscina hinchable. Si los medios son insuficientes para esta instalación, se puede montar un cubículo con mangotes (mangueras de gran diámetro de carga de agua en camiones de bomberos) y una lona encima que sirva para contener el agua; para completar esta instalación de descontaminación de fortuna, se coloca una lanza encima de unas escaleras a modo de ducha.



Imagen 284. Estación de descontaminación



Cuanto más estaciones de descontaminación se instalen, más efectivas serán. Lo ideal es que se pueda contar con un **mínimo de cuatro estaciones**:

3.4.1. PRIMERA ESTACIÓN: DUCHA EXTENSA

Antes de entrar en la primera balsa hay que introducir las botas y guantes en diversos cubetos para que se desprenda la mayor parte del contaminante. Una vez hecho esto, ya se puede entrar en la primera “piscina”.

En la primera estación se proporciona una ducha con abundante agua. Se ha de tener en cuenta que la forma de aplicar el agua tiene que ser desde la cabeza hacia abajo, de forma que se arrastre el elemento contaminante de la mayor parte de la superficie del equipo de protección y se evite que el agua contaminada salpique a las personas que están descontaminando. En caso de que este elemento sea corrosivo, la dilución resulta mucho más efectiva en esta etapa.

La persona responsable de la descontaminación debe determinar las pautas de movimiento del “contaminado” para que

sean lo más efectivas posibles. Cuando se considera que la ducha ha cumplido su función en relación a la posible contaminación, la persona que se está descontaminando levanta un pie hacia atrás (tal como se muestra en la imagen), para cepillarse la bota antes de plantarla en la siguiente estación. Con el otro pie se procede del mismo modo.

3.4.2. SEGUNDA ESTACIÓN: DESCONTAMINACIÓN CON SOLUCIONES

En esta parte, el cepillado resulta especialmente importante, junto con la solución descontaminante que se aplique. Si no se dispone de ninguna solución específica, se debe emplear detergente con agua, prestando especial atención a las posibles reacciones adversas que podrían tener lugar. Si la descontaminación es por contacto, por haber estado trabajando con alguna víctima con síndrome de Diógenes o por causas bacteriológicas, se puede utilizar algún desinfectante tipo Zorkil, (presente en los parques para las descontaminaciones por contacto con fluidos o sangre en accidentes de tráfico).



Imagen 285. Descontaminación 1



Imagen 286. Descontaminación 2



Imagen 287. Descontaminación 3



Imagen 288. Descontaminación 4



Imagen 289. Descontaminación 5



Imagen 290. Descontaminación 6



Imagen 291. Descontaminante

Cuando sea necesario respetar un tiempo para que el descontaminante contra las bacterias y otros tipos de contaminantes haga efecto, puede resultar conveniente el establecimiento de una zona intermedia que permita permanecer a la espera.

La persona a descontaminar debe estar orientada hacia la tercera estación y colocarse con los brazos en cruz para permitir que la aplicación la solución descontaminante sea correcta (aplicar con pulverizador en todas las superficies). Después, dos personas, una por cada lado, la cepillarán con minuciosidad y prestando atención a las zonas de difícil acceso para eliminar o neutralizar lo máximo posible. Cuando se le ordene girará 90° hacia un lado para que le sigan cepillando y se procederá así hasta completar una vuelta completa dentro de la estación.

Para dar por finalizada esta etapa se procederá al cambio de estación como en el paso anterior (limpiando las suelas del calzado).



La limpieza de las plantas de las botas resulta imprescindible, pues suele ser la parte que más directamente está en contacto con el producto derramado; además, si no se aplica este procedimiento en cada cambio de estación, las botas siguen pasando el agua contaminada de una fase a otra.

3.4.3. TERCERA ESTACIÓN: ACLARADO

Siempre se debe llevar a cabo un buen aclarado para eliminar la solución limpiadora y eventuales restos de contaminante. Es preciso asegurarse de que no queda rastro de producto perjudicial sobre el traje, para ello se utiliza un dosímetro u otro equipo de detección que lea la contaminación radiactiva, pH u otros (en función de la intervención realizada).



Imagen 292. Ducha descontaminación de fortuna 1



Imagen 293. Ducha descontaminación de fortuna 2

3.4.4. CUARTA ESTACIÓN - RETIRADA DE TRAJES Y MONITOREO

Solo una vez recorridas las tres primeras estaciones se pasa a la cuarta. Un aspecto muy importante del procedimiento es la retirada del traje; su adecuada colocación y retirada evita que, en caso de que persistan restos de productos nocivos, pueda entrar en contacto con algún compañero y contaminarle.

Para realizar un **control de la efectividad de la descontaminación** es preciso realizar un monitoreo de las personas implicadas antes de dirigirse a la zona fría. Aunque puede ser amplio e incluso implicar parámetros médicos; como mínimo, debe medir la presencia de corrosividad y de material radiactivo (si es el caso), antes de abandonar el corredor de descontaminación.

Si los servicios médicos se encuentran presentes, establecerán el tratamiento médico de los afectados de cara a evitar la transferencia de la contaminación al conjunto de la cadena de rescate y comprobar que se encuentran en condiciones adecuadas para poder salir a zona fría y apoyar en otras tareas a los grupos de intervención.

Tras la intervención, para la **descontaminación de equipos y herramientas**, en primer lugar, se almacenan en bolsas herméticas para su traslado y posterior revisión, tratamiento o retirada del servicio. Se pueden dar los siguientes casos:

- Se limpian *in situ* o en el parque y, una vez verificada su descontaminación, se incorporan de nuevo al servicio.
- Si son equipos desechables (trajes antisalpicaduras, guantes de látex, mascarillas...) se tratan adecuadamente y se eliminan.
- Los equipos de nivel III (u otros) deben ser revisados por personal especializado. En este punto tiene especial relevancia la información y el control del personal que ha empleado cada equipo, pues si se comprueba que el producto ha podido permear, el interviniente debe ser informado y tratado de forma adecuada en el hospital o centro médico para su completa desintoxicación.

Se debe subrayar la conveniencia de reponer los equipos lo más pronto posible con vistas a disponer de ellos en una nueva intervención que los requiera.



Imagen 294. Retirada de trajes y monitoreo