

# Almacenamiento de productos químicos. Criterios de incompatibilidad



JOSÉ LUIS GARCÍA LÓPEZ

Licenciado en Ciencias Químicas,

Técnico de Prevención de FREMAP, Mutua de Accidentes de Trabajo (Barcelona)

## SUMARIO

*Es de sobra conocido que algunos productos químicos, además de comportar riesgos por sí mismos, son capaces de dar lugar a reacciones peligrosas en contacto con otros. En un almacén de productos químicos de un laboratorio o de una fábrica pueden presentarse situaciones graves en caso de contacto accidental con productos por causas diversas como derrames, fugas o roturas de envases.*

*No es habitual que en un almacén de productos químicos se sigan criterios claros de almacenamiento según incompatibilidades. Los criterios imperantes suelen ser los de consumo y accesabilidad a los productos. También podemos encontrarnos que en algunos almacenes, sobre todo en laboratorios, donde suele haber gran variedad de productos, se ordenan alfabéticamente.*

*El presente trabajo pretende dar a conocer una serie de criterios y recomendaciones de segregación de grupos de productos peligrosos en función de sus riesgos y posibles incompatibilidades.*

## INTRODUCCIÓN

Establecer unos criterios correctos de separación física de los grupos de productos peligrosos no es fácil, básicamente porque en muchas ocasiones no se dispone de información suficiente sobre sus riesgos, y menor aún, sobre su reactividad e incompatibilidades.

Esto suele producir una falta de acuerdo sobre cuántas clases de grupos de productos químicos deben separarse para evitar situaciones de riesgo.

Las diferentes reglamentaciones sobre clasificación de sustancias y preparados peligrosos, almacenamiento de productos químicos y transporte de mercancías peligrosas pueden servirnos como referencia para determinar grupos de riesgo e implantar medidas preventivas y de protección adecuadas. De la lectura de cada una de ellas podemos extraer algunas ideas útiles.

**Palabras clave:** Incompatibilidades químicas, almacenamiento químico, riesgos químicos, reactividad química.



*Los criterios de incompatibilidad deben ser aplicados tanto a materias primas como a productos caducados, en mal estado o residuos especiales.*

Los Reglamentos de Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias (Real Decreto 363/95), y de Preparados (Real Decreto 1.078/93) establecen 14 grupos o clases de riesgos: explosivos, comburentes, extremadamente inflamables, fácilmente inflamables, inflamables, corrosivos, irritantes, muy tóxicos, tóxicos, nocivos, sensibilizantes, carcinogénicos, mutagénicos y tóxicos para la reproducción. Esta clasificación nos da ciertas pistas sobre separación física de grupos incompatibles. Así, los productos comburentes, como, por ejemplo, los cloratos o nitratos, estarán alejados de los inflamables y explosivos. Pero poco más podemos avanzar. Los corrosivos no constituyen un grupo homogéneo de incompatibilidad, sino todo lo contrario. En este grupo quedan incluidos tanto ácidos como bases, oxidantes o incluso reductores, pudiendo reaccionar muchos de ellos entre sí. Tampoco los restantes grupos nos sirven como ayuda. Un tóxico carcinogénico, como es el benceno, también es inflamable. Otro tóxico, como es el ácido crómico, es un ácido fuerte y oxidante. No nos es muy útil como criterio de almacenamiento.

El Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (RAPQ) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) establecen los criterios para almacenar ciertos productos químicos de especial peligrosidad. Este Reglamento regula las condiciones de almacenamiento de líquidos inflamables (ITC-MIE-APQ-001), óxido de etileno (ITC-MIE-APQ-002), cloro (ITC-MIE-APQ-003), amoníaco anhi-

dro (ITC-MIE-APQ-004), gases en botellas y botellones (ITC-APQ-005) y líquidos corrosivos (ITC-MIE-APQ-006). En estas ITC se dispone, concretamente en los capítulos que tratan sobre cubetas de retención, que no podrán almacenarse junto a los productos referidos otros que puedan dar lugar a reacciones incompatibles, aunque, obviamente, no mencionan cuáles son.

Alguna breve referencia específica puede encontrarse, como, por ejemplo, la ITC sobre líquidos corrosivos, donde, en su capítulo II, sobre distancias entre instalaciones, dispone que «el área de almacenamiento estará separada de aquellas instalaciones que presenten riesgo de incendio o explosión por una distancia igual, o mayor, que las fijadas en la ITC-MIE-APQ-001 para edificios administrativos y sociales, laboratorios, talleres, almacenes y otros edificios independientes», o, refiriéndose a recipientes móviles, en la Sección 3.<sup>a</sup> apartado 2.3: «No podrán almacenarse en la misma pila o estantería productos diferentes que presenten posible peligrosidad por su reactividad mutua».

Es obligado decir que si nuestro almacenamiento queda afectado por el RAPQ y sus ITC, tanto en el tipo de productos como en la cantidad de los mismos, su aplicación deberá realizarse en los términos que establece.

En los Reglamentos de Transporte de Mercancías Peligrosas podemos encontrar un mayor número de referencias a riesgos por contactos de grupos de productos químicos incompatibles. De hecho, la clasificación de mercancías peligrosas por los dife-

rentes medios de transporte (carretera, ferrocarril, marítimo y aéreo), las cuales presentan muchas similitudes entre sí, están algo más en consonancia con la que propondremos posteriormente para su almacenamiento. Las clases de mercancías peligrosas son las siguientes:

- Clase 1. Explosivos.
- Clase 2. Gases.
- Clase 3. Líquidos inflamables.
- Clase 4. Sólidos inflamables.
- Clase 5. Oxidantes y peróxidos orgánicos.
- Clase 6. Tóxicos e infecciosos.
- Clase 7. Radioactivos.
- Clase 8. Corrosivos.

Los explosivos, a su vez, se clasifican en seis divisiones y doce grupos de compatibilidad.

Como puede apreciarse, los riesgos a la salud, que en la clasificación anterior constituían ocho clases diferentes, aquí se engloban en uno solo (clase 6). Por el contrario, los inflamables se diferencian en líquidos y sólidos; los gases aparecen como grupo de riesgo; los peróxidos orgánicos, por su especial peligrosidad en el transporte se definen como una subclase de la clase 5 (denominada clase 5.2), al igual que los oxidantes (clase 5.1). Los riesgos que generan los productos químicos radiactivos no son considerados como riesgos puramente químicos, por lo que haremos mención de ellos. De la misma manera, tampoco se hará mención de las materias infecciosas, las cuales son agentes biológicos.

Lo que realmente interesa de estos reglamentos, en especial los que tienen relación directa con el transporte marítimo de mercancías peligrosas, como son el Reglamento de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas en los Puertos (Real Decreto 145/1989) y el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (Código IMDG), es que establecen el almacenamiento en puertos y la distribución en barcos, de las mercancías peligrosas, atendiendo a sus riesgos intrínsecos y a sus posibles incompatibilidades. El Código IMDG describe los riesgos de muchas mercancías peligrosas, siendo una fuente interesante de información.

En puertos, el almacenamiento de mercancías peligrosas de diferentes clases y subclases debe realizarse siguiendo las prescripciones de separación física, recogidas en unos cuadros de segregación contenidos en el Reglamento. Por ejemplo, si debe almacenarse un sólido que en contacto con el agua desprende gases infla-

mables, como es el sodio metálico (clase 4.3), y un oxidante en forma líquida, por ejemplo, el ácido perclórico, la distancia mínima entre bultos ha de ser de 12 m, y si son transportados en contenedores, la distancia de separación entre éstos será similar a la longitud de un contenedor.

Aunque en un almacén de productos químicos de una industria no se depositen las cantidades que se suelen estibar en los puertos y, naturalmente, no exista el mismo espacio para almacenarlos, estos criterios sí pueden servir como orientación. No obstante, también existen limitaciones en los mismos. Para numerosas combinaciones de clases y subclases no se establece una separación determinada, ya que para esto deben conocerse los riesgos e incompatibilidades de las mercancías específicas a almacenar.

Por todo ello, propondremos una estrategia que pueda ser más útil en nuestro empeño de conseguir un almacén más seguro.

## ESTRATEGIAS DE ALMACENAMIENTO

Consideraremos diez grupos que pueden llegar a generar riesgos de importancia en su almacenamiento. Éstos son: inflamables, oxidantes, reductores, ácidos y bases fuertes concentrados, productos reactivos con el agua, tóxicos, peroxidables, pirofóricos y gases comprimidos, licuados o disueltos, contenidos en botellas y botellones.

Los cinco primeros grupos pueden dar lugar, como riesgos principales, a reacciones fuertemente exotérmicas, liberándose cantidades importantes de calor en forma violenta, incluso explosiva, si entran en contacto con productos incompatibles.

Los productos reactivos con el agua, además de producir reacciones violentas o de liberar productos altamente tóxicos, dificultan las tareas de extinción en caso de incendio. Los tóxicos requieren zonas de almacenaje ventiladas, en especial los de alta volatilidad. Los peroxidables son productos que pueden formar peróxidos inestables, debiéndose almacenar en ambientes frescos y oscuros. Los pirofóricos entran en combustión en contacto con el aire y, en ocasiones, con el agua; son necesarias medidas especiales de confinamiento. Por último, los gases plantean, además de los riesgos inherentes al producto, riesgos por la elevada energía cinética que poseen al estar comprimidos en un recipiente.

La forma más correcta de almacenar sería separando estos grupos y aplicándoles las medidas de seguridad adecuadas a cada uno de ellos.

Desafortunadamente, la estrategia de almacenamiento se nos puede complicar debido al hecho de que es fácil encontrar productos químicos que se pueden clasificar en dos o más grupos simultáneamente. Así, por ejemplo, el fluoruro de hidrógeno es un gas tóxico que en contacto con la humedad se hace corrosivo. Los ácidos nítrico y perclórico son ácidos muy fuertes, aparte de ser también fuertemente oxidantes. El cloruro de acetilo es inflamable, tóxico y reacciona violentamente con el agua.

Se hace necesario establecer un criterio adicional.

En un almacén de productos químicos, el accidente que puede reportar consecuencias más graves y que, incluso, se da con mayor frecuencia es el incendio. Un incendio puede producir, además de pérdidas materiales considerables, desgracias personales y alteración del medio ambiente. Por consiguiente, la inflamabilidad de los productos químicos será el criterio prioritario de segregación. De hecho, esta prioridad queda reflejada en la normativa sobre almacenamiento de productos químicos inflamables, que es, sin duda alguna, la más extensa.

A su vez, el agua es el agente extintor más adecuado y efectivo contra

la mayoría de incendios por su eficacia, abundancia, economía y fácil localización. Para productos químicos también se puede utilizar, aunque con limitaciones. Éstas vienen impuestas por:

- La presencia de productos químicos que en contacto con el agua liberan productos inflamables, tóxicos o corrosivos.
- La presencia de productos químicos inflamables insolubles y de menor densidad que el agua fría.

En el primer caso, el uso del agua es extremadamente peligroso, debiéndose resguardar estos productos de lugares donde haya zonas húmedas y disponer de agentes extintores especiales adecuados.

En el segundo caso, la limitación viene dada por el hecho de que el agua, mal aplicada en un incendio, puede extenderlo. Agua, preferentemente pulverizada, aplicada por profesionales o personal entrenado, o el uso de otros agentes extintores alternativos, como las espumas o el polvo, contribuirán a un mejor control del fuego.

Concluyendo: la segregación debería realizarse atendiendo, en primer término, a la inflamabilidad, y en segundo, a su incompatibilidad con el agua. Así, las separaciones entre grupos de productos podría establecerse de la siguiente manera:



Los gases deben estar sujetos y separados por grupos de riesgo.



*Bombonas de butano próximas a un depósito de oxígeno líquido.*

Grupo 1: Inflamables compatibles con el agua.

Grupo 2: Inflamables incompatibles con el agua.

Grupo 3: No inflamables compatibles con el agua.

Grupo 4: No inflamables incompatibles con el agua.

Grupo 5: Productos inestables a temperaturas superiores a las ambientales.

Grupo 6: Productos inestables o muy volátiles a temperatura ambiente que necesitan un ambiente refrigerado.

Grupo 7: Pirofóricos.

Grupo 8: Gases comprimidos, licuados o disueltos contenidos en botellas o botellones.

Evidentemente, las características estructurales del almacén influirán decisivamente en esta ordenación de los productos. No obstante, es recomendable ajustarse lo máximo posible a esta estrategia. Incluso estos ocho grupos de separación física pueden requerir divisiones adicionales que hagan más seguro el almacenamiento. Veamos ahora las medidas preventivas básicas que deben considerarse para cada grupo.

## MEDIDAS PREVENTIVAS

Antes de comenzar a describir las medidas preventivas a aplicar a cada

grupo es conveniente resaltar que el estado físico de un producto químico tiene importancia tanto en el almacenamiento como en la respuesta a posibles emergencias.

Los sólidos no suelen plantear tantos problemas como los líquidos (exceptuando los sólidos inestables o altamente reactivos). Los sólidos no fluyen, no suelen emitir cantidades importantes de vapores a la atmósfera, no producen fugas y, si se derraman, su recogida no plantea tantos problemas como los líquidos.

Por el contrario, los sólidos pueden producir atmósferas pulverulentas, y si el sólido es tóxico (por ejemplo, los compuestos de plomo) afectarán a la salud del manipulador si no se han adoptado las necesarias medidas de seguridad. También si el sólido es combustible (por ejemplo, azufre), una atmósfera pulverulenta podría desarrollar una violenta explosión si existe una fuente de ignición en las proximidades.

Los gases poseen una gran energía cinética, mayor que los líquidos y, por supuesto que los sólidos. Los gases fluyen, tendiendo a ocupar cualquier espacio. Por esto, deben ser envasados en recipientes con unas características especiales, como es la estanqueidad y una alta resistencia para soportar las presiones a las que está sometido. Estos recipientes se construyen bajo estrictas normas

(Reglamento de Aparatos a Presión), lo cual hace que su transporte y almacenamiento no suponga tanto riesgo como cabría esperar. No obstante, un gas descontrolado, fuera de su recipiente, puede tornarse más peligroso que un líquido y un sólido. Ocupará rápidamente una dependencia, generando los riesgos propios de su naturaleza, los cuales presentarán mayor dificultad de control que en líquidos y sólidos.

Por último, están los líquidos, los cuales son la causa de la mayoría de los accidentes con productos químicos producidos por manipulación, almacenamiento y transporte. Los líquidos fluyen, adaptándose a la forma del recipiente en el que se encuentran contenidos. En muchas ocasiones, los recipientes donde se almacenan no son tan resistentes ni herméticos, ni están sometidos a controles posteriores de buen estado, como los recipientes para gases. Muchos líquidos emiten vapores a la atmósfera, tanto más cuanto mayor es la temperatura, siendo fácilmente inhalados por el manipulador y pudiendo provocar atmósferas peligrosas si los vapores son, por ejemplo, inflamables. Grietas, recipientes mal cerrados, golpes, trasvases o manipulaciones incorrectas son causa de derrames, fugas y contactos accidentales. La actuación en estos casos puede resultar complicada, puesto que el líquido no permanecerá inmóvil, sino que se desplazará por desniveles hasta filtrarse o alcanzar los acuíferos. De ahí que en el diseño del almacén deban considerarse estos factores.

También debe prestarse atención a la recogida de aguas residuales provenientes de un posible incendio. Drenajes, cubetos y depósitos adicionales pueden ser necesarios.

Establecidos los grupos de segregación y mencionada la problemática que puede plantear el estado físico del producto almacenado, pasaremos a proponer medidas preventivas y de protección:

### Grupo 1: Inflamables compatibles con el agua

Sólidos, como el azufre, y líquidos, como la acetona, metanol, etanol o ácido acético, son algunos ejemplos de este grupo. En el caso de líquidos, en función de la clase a la que pertenecen (A, B, C o D) y las cantidades almacenadas de estos productos, deberemos aplicar la ITC-MIE-APQ-001 de almacenamiento de líquidos inflamables. En todo caso, aunque no se llegue a las cantidades mínimas, si

deberemos cumplir las normas de seguridad establecidas en la citada ITC.

El volumen de estos productos almacenados determinará si es necesario disponer de un almacén exclusivo para ellos, o simplemente bastará con un armario de seguridad o, incluso, una separación física con otros grupos mediante un tabique o material incombustible. Siempre que sea posible, se recomienda la instalación de rociadores (o *sprinklers*) para el control o la extinción automática de incendios, sin riesgos para el personal. También es recomendable la instalación de cubetas, o simples bandejas si son pequeñas cantidades, para la retención de posibles derrames o fugas.

Si un producto de este grupo posee características de *toxicidad acentuadas*, como, por ejemplo, la acrilamida, epiclorhidrina, disulfuro de carbono o acroleína, debería constituirse como subgrupo, separándose del resto, colocándose en otra zona, o dependencia, o armario con buena ventilación. Si estos productos deben ser transvasados en el interior del almacén se recomienda la instalación de un adecuado sistema de extracción localizada que evite la acumulación de vapores.

Igualmente, si en este grupo existieran productos *peroxidables*, como el tetrahidrofurano o el dioxano, deberíamos separarlos del resto, almacenándolos en lugares frescos, preferentemente oscuros, y llevando un control del tiempo que permanece en *stock*, sobre todo si el envase ya ha sido abierto.

## Grupo 2: Inflamables incompatibles con el agua

Los mismos criterios y normativa serán aplicables en este grupo, excepto, lógicamente, en la presencia de agua.

Como mencionaremos anteriormente, la incompatibilidad con el agua se puede dar de dos maneras:

a) La primera, en base a una reactividad peligrosa. Metales alcalinos y alcalinotérreos, como el sodio, litio, magnesio (sobre todo, finamente dividido) o calcio, reaccionan vigorosamente con el agua, liberando hidrógeno, gas inflamable, capaz de inflamarse por el calor liberado en la reacción. Metales como el cinc, aluminio o boro, en estado pulverulento, también liberan hidrógeno. Hidruros como el de calcio, sodio, aluminio-litio y berilio son otros compuestos que liberan hidrógeno en contacto con el agua.



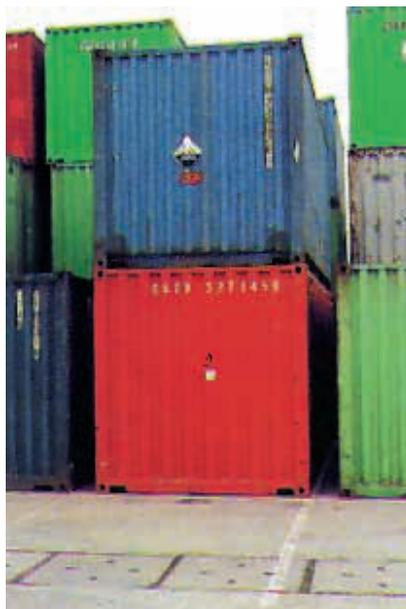
Carburos como el de berilio, calcio o aluminio producen gases inflamables, tales como metano o acetileno, los cuales se inflaman con el calor de reacción liberado. Amiduros, imiduros, nitruros y fosfuros son otros ejemplos de compuestos que pueden generar gases inflamables, incluso con resultado de explosión.

El hidrosulfito, o ditionito, de sodio es una sustancia sólida inflamable de amplio uso industrial que, en presencia de humedad, puede calentarse hasta el punto de ser capaz de incendiar materias combustibles próximas a él. Su descomposición por calentamiento puede desprender oxígeno,

que apoya la autocombustión. El bisulfito de sodio, formado en contacto con el agua, es también posible que se inflame cuando se seca.

b) La segunda, en base a la inmiscibilidad y menor densidad que el agua, hecho que puede dificultar las tareas de extinción. En este caso, el criterio de almacenamiento será muy parecido al del grupo 1, pudiéndose incluso almacenarse junto a ellos si las cantidades son pequeñas, como, por ejemplo, el almacén de un laboratorio. Si, por el contrario, las cantidades almacenadas son elevadas, deberá tomarse la precaución de encontrar un sistema de extinción adecuado, empleándose, generalmente, sistemas de espuma, polvo o incluso agua pulverizada. Ejemplo de estos productos son: tolueno, hexano, ciclohexano, acetato de etilo, éter de petróleo, etc.

Productos con una *toxicidad acentuada*, como el cloruro de acetilo o benceno, deberían almacenarse según hemos indicado anteriormente. Lo mismo ocurre con *peroxidables* como el éter etílico o estireno.



*Contenedor de un producto corrosivo sobre otro que contiene un inflamable. Una reacción incompatible es posible en esta situación.*

## Grupo 3: No inflamables compatibles con el agua

Éste es un grupo heterogéneo de productos, donde se incluyen ácidos, bases, tóxicos, oxidantes o reductores que tienen en común su compatibilidad con el agua. Como se podrá comprobar, en este grupo también se puede presentar situaciones de incompatibilidad, lo que nos obliga a realizar varios subgrupos, atendiendo a estos riesgos.

Los tóxicos deberán almacenarse en lugares ventilados. Si alguno de

ellos tiene una toxicidad muy manifiesta o es carcinogénico, como, por ejemplo, el cianuro sódico o potásico, cloruro de bario, trióxido de arsénico, óxido de cadmio o la bencidina, es recomendable almacenarlo bajo llave y con control por parte de un responsable.

Los ácidos, las bases, los oxidantes y reductores deberán almacenarse por separado. Algunos ácidos inorgánicos tienen un poder oxidante muy marcado, como, por ejemplo, el ácido perclórico o el ácido nítrico. En estos casos deberemos almacenarlos como oxidantes y alejarlos de productos y materiales combustibles. Como hemos indicado anteriormente, los sólidos no suelen plantear tantos problemas como los líquidos, puesto que no fluyen espontáneamente, por lo que es más difícil un contacto accidental con otro producto sólido. No es así cuando coexisten sólidos y líquidos o líquidos juntos. En estos casos, las roturas o derrames pueden favorecer las mezclas. Por ello, conviene separar sólidos de líquidos.

Algunos ejemplos de productos del grupo 3 son los siguientes:

- Sólidos ácidos: ácido adípico, benzoico, cítrico, cianoacético, oxálico y cloroacético.
- Líquidos ácidos: ácido fosfórico y ácido clorhídrico.
- Sólidos básicos: hidróxido de bario.
- Líquidos básicos: amoníaco en solución, hidróxido de sodio en solución, etanolamina (es un líquido combustible,  $T_{\text{inf.}}$  93 °C, que, según cantidades almacenadas, debe aplicársele la ITC-MIE-APQ-001).
- Sólidos reductores: sulfato de hidracina e hidrocloreto de hidroxilamina.
- Líquidos reductores: solución de formaldehído.
- Sólidos oxidantes: nitrato de amonio, perclorato de amonio, persulfato de amonio, dióxido de manganeso, clorato de potasio, nitrato de plata y permanganato de potasio.
- Líquidos oxidantes: hipoclorito de sodio, ácido perclórico y ácido nítrico (no fumante).
- Sólidos tóxicos: 1-cloro-2,4-dinitrobenzoceno, óxido de cadmio, bencidina, cianuro de potasio y cloruro de mercurio.
- Líquidos tóxicos: dimetilsulfato (combustible,  $T_{\text{inf.}}$  83 °C), cloropicrina, cloroformo y tetracloruro de carbono.
- Otros sólidos (riesgos moderados): carbonato de calcio, caprolactama, sulfato de amonio, tiocianato de amonio, sulfato de cobre y cloruro de cinc.
- Otros líquidos (riesgos modera-



*El agua es el agente extintor más abundante, accesible y económico.*

dos): acetofenona (combustible,  $T_{\text{inf.}}$  82 °C) y 1,1,1-tricloroetano.

#### **Grupo 4: No inflamables incompatibles con el agua**

Este grupo, al igual que el anterior, es heterogéneo, con el agravante que al contacto con el agua producen reacciones peligrosas.

Peróxidos inorgánicos, como el de sodio, potasio, estroncio o bario, producen reacciones muy violentas con el agua.

También algunos óxidos inorgánicos, como el óxido de calcio, cesio o trióxido de cloro, el cual reacciona de forma explosiva con formación de cloro y oxígeno.

Los hidróxidos inorgánicos en estado sólido, como el hidróxido de potasio o sodio, liberan mucho calor en contacto con el agua, pudiendo dar lugar a proyecciones líquidas corrosivas.

Los haluros (fluoruros, cloruros, bromuros o ioduros) generan reacciones violentas, liberando sustancias ácidas corrosivas, generalmente los hidrácidos correspondientes. Por ejemplo, el fluoruro de formilo (HCOF) libera, además de fluoruro de hidrógeno (muy corrosivo y tóxico), monóxido de carbono, gas muy tóxico.

El ácido sulfúrico concentrado es una sustancia ampliamente utilizada que reacciona con el agua, liberando gran cantidad de calor y pudiendo provocar proyecciones corrosivas.

Los subgrupos se constituirán como en el grupo 3, separando ácidos, bases, oxidantes, reductores y tóxicos.

#### **Grupo 5: Productos inestables a temperaturas superiores a las ambientales**

Este grupo lo componen productos químicos que se tornan inestables a temperaturas moderadamente superiores a la temperatura ambiente. Por ejemplo, el peróxido de hidrógeno es una sustancia oxidante fuerte, soluble en agua, que puede descomponerse violentamente al estar expuesta a calor excesivo. Los peróxidos orgánicos son también muy sensibles a la temperatura, como, por ejemplo, el peróxido de benzoilo, que es un oxidante fuerte que puede descomponerse a temperaturas superiores a 80 °C.

El ácido pícrico, en forma sólida, es explosivo a temperaturas del orden de 300 °C.

El almacenamiento de estas sustancias deberá asegurar el alejamiento de fuentes de calor. Huelga decir que en este grupo pueden existir subgrupos de incompatibilidad y que, si en el lugar del almacenamiento de los grupos anteriores no existen fuentes de calor peligrosas, los productos de este grupo 5 podrían asimilarse al resto, en función de sus riesgos y compatibilidad con el agua.

#### **Grupo 6: Productos inestables o muy volátiles a temperatura ambiente que necesitan un ambiente refrigerado**

El grupo 6 requiere para su almacenamiento un frigorífico o una habitación fría, que posean dos características esenciales: interior libre de posibles focos de ignición y disposición de sistemas alternativos de suministro energético para el caso de fallo de la fuente principal energética, con el consiguiente riesgo de calentamiento. Atención, sobre todo, a los frigoríficos domésticos. Una parte importante de laboratorios utilizan estos frigoríficos para almacenar dichos productos e incluso inflamables estables. Éstos comportan un grave riesgo de explosión, debido a que el frigorífico es un recinto cerrado que contiene elementos eléctricos en su interior. Una acumulación de vapores inflamables, seguida de una chispa producida por algún elemento eléctrico, se convierte en un artefacto explosivo que puede destruir un laboratorio, como de hecho ya ha ocurrido. No almacenar nunca productos infla-

mables estables en frigoríficos de este tipo. Y si es preciso almacenar productos inflamables inestables, deberá adquirirse un frigorífico con garantías de no tener elementos internos que puedan producir fuentes de ignición. También cabe la posibilidad de adaptar un frigorífico doméstico, eliminando todo elemento eléctrico en su interior.

Ejemplos de este grupo son el acetaldéhidó (inflamable) y el yoduro de metilo.

### Grupo 7: Pirofóricos

Los productos pirofóricos arden espontáneamente en contacto con el aire y, normalmente, en contacto con el agua.

Cada producto pirofórico debe almacenarse en recipientes especiales, requiriendo, en muchas ocasiones, de atmósferas inertes y secas.

Un ejemplo de sustancia pirofórica es el fósforo blanco, sólido que se inflama espontáneamente con aire. En cambio, no reacciona con el agua, por lo que puede transportarse en un contenedor con agua o también en un recipiente que contenga una atmósfera inerte.

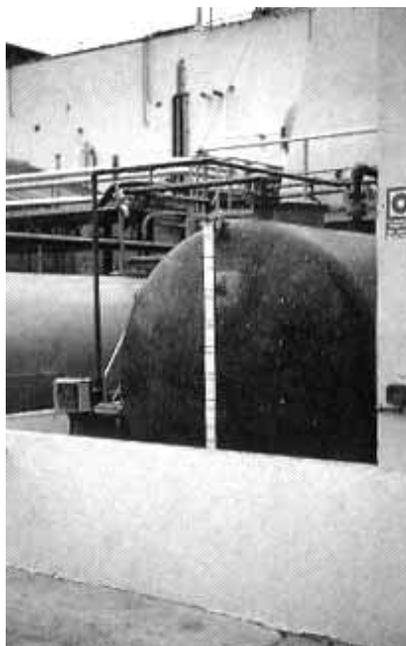
Otros ejemplos pirofóricos son las siguientes sustancias organometálicas: dietilcinc, soluciones de trietilaluminio o soluciones de butillitio, los cuales reaccionan con aire y con agua.

### Grupo 8: Gases comprimidos, licuados o disueltos contenidos en botellas o botellones

El almacenamiento de gases contenidos en botellas y botellones viene regulado por la ITC-MIE-APQ-005. En términos generales, podemos resumir esta ITC diciendo que las botellas y botellones de gases deben estar almacenados en lugares bien ventilados, ubicados preferentemente en el exterior, libres de toda fuente de ignición, colocados en posición vertical, debidamente protegidos para evitar su caída, separando físicamente (por una distancia determinada o por un muro) los gases inflamables del resto (oxidantes, inertes, tóxicos y corrosivos), y las botellas llenas de las que estén vacías.

### ALMACENAMIENTO DE PEQUEÑAS CANTIDADES

La estrategia de almacenamiento expuesta anteriormente es válida pa-



Las cubetas son un elemento importante para contener derrames y evitar contactos accidentales.

ra todo tipo de almacenamiento, aunque está orientada, fundamentalmente, a almacenamiento de un número variado de productos químicos en cantidades importantes. También son criterios extrapolables al almacenamiento de residuos especiales (tóxicos y peligrosos), previa caracterización de sus riesgos.

No obstante, existen almacenes de productos químicos que poseen cantidades variadas de ellos, pero siendo éstas modestas o pequeñas. Es el caso típico de los laboratorios. En esta situación, y aunque recomendamos que se intente cumplir la estrategia de almacenamiento anterior en el mayor grado posible, podemos simplificarla de la siguiente manera:

- Los inflamables, compatibles o incompatibles con el agua (en términos de inmiscibilidad), separados del resto y almacenados en un armario de seguridad o en una zona ventilada y libre de focos de ignición).
  - Ácidos fuertes.
  - Bases fuertes.
  - Oxidantes fuertes.
  - Reductores fuertes.
- Tóxicos que no posean ninguno de los riesgos anteriores. En tal caso, se almacenarán con el grupo de riesgo correspondiente. Los muy tóxicos o carcinogénicos, bajo control.
  - Gases, aparte, preferiblemente en el exterior.
  - Productos químicos de especial peligrosidad (incompatibles con el agua, inestables, pirofóricos, etc.), al-

macenamos en las condiciones preventivas necesarias.

- Resto de productos sin riesgos específicos.

Ni que decir tiene, a estas alturas, que si dentro de cada grupo de productos hubiera algunos incompatibles, deberían separarse.

### CONCLUSIONES

Para disponer de un almacén de productos químicos seguro y elaborar las normas preventivas y de protección adecuadas se ha de establecer previamente una estrategia de almacenamiento que evite posibles incompatibilidades entre productos. Para ello es necesario obtener la mayor información posible sobre los riesgos de los productos y su reactividad con otros. Hojas de seguridad de sustancias y preparados suministradas por los proveedores, *handbooks* sobre reactividad química o incluso libros de texto de química orgánica e inorgánica pueden ayudarnos a conseguirla.

A partir de aquí se distribuirán los productos químicos en los diferentes grupos de riesgo y aplicarán las medidas preventivas propias de cada grupo. Si el almacén no está construido todavía, esta segregación ayudará a un diseño más correcto. Por el contrario, si ya disponemos del local y de los productos, podremos mejorar la seguridad redistribuyéndolos según sus riesgos. Si, además, existe reglamentación aplicable, deberá contemplarse con todo rigor.

### BIBLIOGRAFÍA

- Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards*. Fifth Edition. Butterworth-Heinemann LTD.
- GESSNER, G. HAWLEY: *Diccionario de química y de productos químicos*. Ed. Omega.
- G. WEIS: *Hazardous chemicals Data Book*. Noyes Data Corporation.
- Código IMDG. Organización Marítima Internacional.
- DAVID A. PIPITONE: *Safe storage of laboratory chemicals*. A. Wiley Interscience Publication.
- M. BESTRATÉN y T. PIQUÉ: *NTP-273. Reacciones químicas peligrosas con el agua*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- M. BESTRATÉN: *NTP-302. Reactividad e inestabilidad química: análisis termodinámico preliminar*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- J. L. GARCÍA: «Parámetros útiles para la caracterización del riesgo químico», *MAPFRE SEGURIDAD*, núm. 57, Primer trimestre 1995.