



NTP 337: Control de fugas en almacenamientos de gases licuados tóxicos (I)

Contrôle de Fuites dans l'Stockage de Gaz Liquéfiés Toxiques Leakage Control on Liquefied Toxic Gasses Storage

Redactor:

Bernardo Méndez Bernal Ingeniero de Minas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Dada la extensión necesaria para tratar este tema, se ha dividido entre esta Nota Técnica, donde se analizan los aspectos constructivos, y la siguiente reservada a los temas de funcionamiento.

Objetivo

Conocidos son los diferentes tipos de peligrosidad de las sustancias químicas (toxicidad, corrosividad, inflamabilidad ...), pudiendo en una misma sustancia concurrir varios de ellos.

En particular, los gases licuados tóxicos encierran, además de la peligrosidad propia de su toxicidad, otros riesgos derivados de su almacenamiento a presión, pudiendo generarse liberaciones masivas al medio ambiente o efectos derivados de las sobrepresiones, aspectos éstos que pueden revestir singular gravedad.

Existe reglamentación sobre aspectos relativos a las condiciones de seguridad en el almacenamiento de productos químicos, unos de carácter general como el RD 668/80 de 8 de Febrero por el que se aprueba el **Reglamento sobre Almacenamiento de Productos Químicos** y otros de carácter específico como la **Instrucción Técnica Complementaria MIE-APQ-005** (Orden de 21 de Julio de 1992) en relación con dicho reglamento, referente al almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión, así como los relativos a productos concretos tales como el Cloro, Amoniac y Oxido de Etileno.

No existe, sin embargo, normativa específica que regule el almacenamiento de sustancias tóxicas en general y de gases licuados tóxicos en particular. En base a ello y dada la especial peligrosidad de estos últimos, se ha considerado oportuno plantear en este documento una serie de medidas preventivas básicas a considerar en el diseño de estas áreas de almacenamiento, a fin de

evitar y controlar el riesgo de fugas. Evidentemente, muchos de los criterios aquí apuntados han sido extraídos por extrapolación de la normativa vigente, así como de otras fuentes documentales exigibles en países de nuestro entorno.

No se contempla, sin embargo, en este documento, aquellas situaciones especiales de riesgo derivadas de la reactividad o inestabilidad química del gas licuado en cuestión.

El objeto de la presente NTP lo constituye la exposición sintetizada de diferentes aspectos preventivos inherentes al control de fugas en las áreas de almacenamiento de gases licuados de sustancias tóxicas.

Será asimismo objeto de consideración, los esquemas funcionales en dichas áreas, tanto en situaciones de normal actividad como en situaciones de disfunción operativa, considerando los posibles riesgos desde una doble perspectiva técnico-preventiva:

- La toxicidad intrínseca de los gases.
- La posible inflamabilidad añadida de algunos gases al mezclarse con el aire.

Criterios de toxicidad

Según la **ITC-MIE-AP7 "Instrucción Técnica Complementaria** sobre botellas y botellones para gases comprimidos, licuados y disueltos a presión", se entiende por gas licuado, aquel gas o mezcla de gases cuya temperatura crítica es mayor o igual a -10°C . En la misma reglamentación, se define el gas tóxico como aquel cuyo límite de máxima concentración tolerable durante ocho horas día y cuarenta semanales (TLV) es inferior a 50 p.p.m. (partes por millón)

Cabe considerar otras reglamentaciones que aportan otros criterios de toxicidad.

Así, la Orden del 09.12.92 sobre "Reglamentación sobre Declaración de Substancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Substancias Peligrosas", establece como sustancia tóxica aquella que posee una dosis letal CI-50 por inhalación - rata-4 hora, entre 0,5 y 2 mg/l y muy tóxica cuando es menor de 0,5 mg/l.

El RD 886/888 sobre Prevención de Accidentes Mayores en determinadas actividades, establece como **substancia muy tóxica** la que tiene una concentración letal media, por inhalación (cuatro horas) en ratas, inferior o igual a 0.1 mg/l aire, así como aquella que, a causa de sus propiedades físicas y químicas, pueda implicar riesgos de accidentes similares con concentraciones entre 0.1 y 0.5 mg/l aire. El referido RD 886/1988 considera como **substancia tóxica** aquella cuyo CI-50 está comprendido entre 0,5 y 2 mg/l aire.

Independientemente de los criterios de clasificación expuestos, se hace necesario disponer de otros criterios de peligrosidad para intoxicaciones

agudas tales como los IPVS (Indices inmediatamente peligrosos para la vida y la salud), los cuales se definen como las concentraciones máximas expresadas en p.p.m. ó en mg/m^3 , a las cuales, en caso de fallo o inexistencia de equipo respiratorio, se podría escapar en un plazo de 30 minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud. Tales IPVS aparecen recogidos como valores umbrales que afectan a los ámbitos físicos de las zonas de alerta e intervención en la Directriz Básica para la elaboración y homologación de los Planes Especiales del Sector Químico (los valores IPVS se encuentran recogidos en la **NTP 292- Concentración "inmediatamente peligrosa para la vida o la salud" (IPVS)**).

Actualmente, se dispone de información precisa sobre los efectos agudos que en el ser humano provocan la exposición a algunas sustancias muy tóxicas tales como el cloro, sulfhídrico, amoníaco, etc. en función de la concentración ambiental de éstas y del tiempo de exposición. Se recomienda, para el estudio de los efectos de una exposición a tales sustancias, consultar la **NTP 291- Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores-método Probit**.

Comportamiento de los contaminantes

Para evaluar el riesgo de fugas de gases licuados tóxicos, es necesario conocer las características físicas del producto químico, las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento y las condiciones ambientales exteriores existentes en el momento de la fuga.

La densidad de la sustancia es un dato de singular interés para prever el comportamiento en las etapas iniciales del escape. Los gases que, **en condiciones normales**, son más densos que el aire, tenderán a desplazarse hacia las zonas inferiores y si éstas están confinadas total o parcialmente, podrán generar graves riesgos al personal que allí se encuentre. Bien es cierto, que al cabo de un tiempo, en un espacio abierto, el gas se diluirá en el aire y quedará sujeto totalmente al movimiento que éste tenga.

En otro orden de cosas, hay que destacar la diferente consideración que tiene un escape si éste tiene lugar en fase gaseosa o en fase líquida. Esta última, obviamente, representa una mayor gravedad por el mayor volumen de gas que libera. En tal sentido, resulta de capital importancia intentar que un escape en fase líquida se convierta, de resultar posible, en escape gaseoso.

Las condiciones de presión y temperatura, la fase en que se desarrolla el escape así como el tamaño del orificio son factores determinantes para evaluar el flujo másico de la emisión.

Finalmente, las condiciones climatológicas (velocidad del aire, temperatura, humedad, etc.), serán factores ambientales asimismo decisivos en el comportamiento que va a tener el contaminante en el exterior, para poder estimar el correspondiente modelo de dispersión.

Independientemente del riesgo de toxicidad, no debe obviarse la posible formación de atmósfera inflamable, si de un gas inflamable, además, se trata

Características de las áreas de almacenamiento

El principio de agrupación por comunidades de riesgo, constituye la premisa básica que, en general, debe presidir las áreas de almacenamiento.

Las cantidades y diferentes clases de gases (inflamables, oxidantes, tóxicos corrosivos e inertes) y, consecuentemente, las distintas categorías de los almacenes, así como la tipología de los recipientes (botellas y botellones, tanques y depósitos), son factores determinantes sobre las características y condiciones en que debe realizarse el almacenamiento (su carácter cerrado o abierto, la posibilidad o no de que las áreas de almacenamiento alberguen en su interior otras actividades, etc.)

La mencionada **ITC-MIE-APQ-005**, clasifica los **almacenes** en cinco categorías (tabla 1), en función de las capacidades de almacenamiento y tipo de peligrosidad de los diferentes gases a almacenar. Según la categoría, será permisible (categoría 1 y 2) ó no (categorías 3, 4 y 5) la simultaneidad del almacenamiento con otras actividades distintas, así como la aplicación de todo un régimen de distancias a vía pública, edificios habitados o terceros, actividades clasificadas de riesgo de incendio y explosión e incluso servicios internos del propio almacén. Cuando el régimen de distancias no es posible contemplarlo, deberá contarse con un muro de separación física de características definidas (dos metros de altura y resistencia al fuego RF según categoría). Ver fig. 1.

Tabla 1: Categoría de los almacenes (botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión)

CATEGORÍA DEL ALMACÉN	GASES	Kg (*)	Nm³ (*)	SIMULTANEIDAD ACTIVIDAD	DISTANCIAS O MURO DE SEPARACIÓN
1	Inflamables Oxidantes/Inertes Amoniaco	- - hasta 150	hasta 50 hasta 200 -	sí	6 m o muro de separación
2	Inflamables Oxidantes/Inertes Amoniaco Otros tóxicos Corrosivos	- - De 150 hasta 400 hasta 65 hasta 65	más de 50 hasta 175 más de 200 hasta 700 - - -	sí sí sí sí sí	6 m o muro de separación
3	Inflamables Oxidantes/Inertes Amoniaco Otros tóxicos Corrosivos	- - más de 400 hasta 1.000 más de 65 hasta 130 más de 65 hasta 130	más de 175 hasta 600 más de 700 hasta 2.400 - - -	no no no no no	6 m o muro de separación
4	Inflamables Oxidantes/Inertes Amoniaco Otros tóxicos Corrosivos	- - más de 1.000 hasta 2.500 más de 130 hasta 650 más de 130 hasta 650	más de 600 hasta 2.000 más de 2.400 hasta 8.000 - - -	no no no no no	6 m o muro de separación
5	Inflamables Oxidantes/Inertes Amoniaco Otros tóxicos Corrosivos	- - mayor de 2.500 mayor de 650 mayor de 650	mayor de 2.000 mayor de 8.000 - - -	no no no no no	6 m o muro de separación

(*) Ver **apéndice I** para equivalencias entre Nm³ y Kg. de los gases más usuales

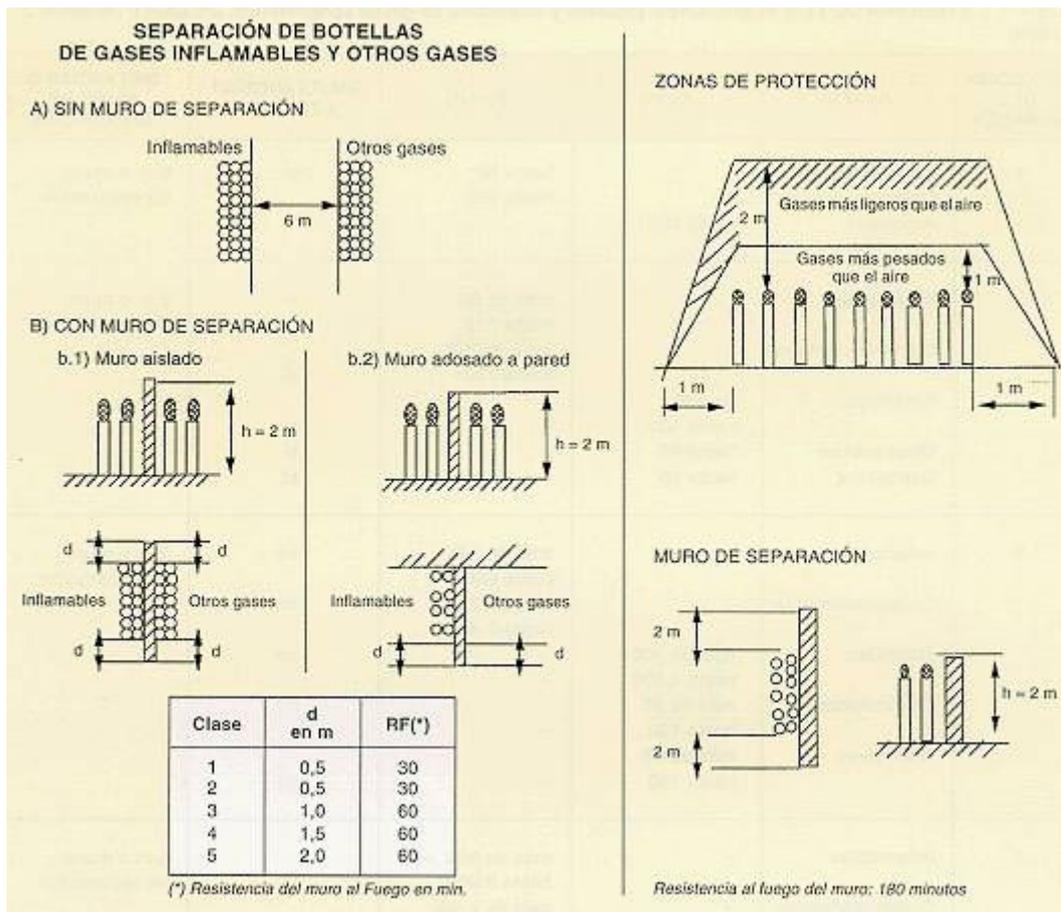


Fig. 1: Almacenamiento de gases licuados en recipientes móviles

El carácter abierto o cerrado de las áreas de almacenamiento, en lo que a almacenamiento de botellas y botellones se refiere, se contempla en todas las categorías.

Según la referida reglamentación, se entiende por **ÁREA CERRADA** la limitada por paredes como mínimo de RF180 (UNE23093) con una altura mínima de 2,5 metros, cubierta por techo no combustible (clase MO, según norma UNE 23727) y dotada de dos puertas de acceso de RF-30 mínimo (UNE23093), dispuestas en posición opuesta, de cierre automático y separadas de salas limítrofes mediante aislamiento ignífugo.

Por su parte, **ÁREA ABIERTA** es la cubierta con simple techado para protección de la intemperie o dotada como máximo de un muro en un solo lado.

A su vez, los almacenamientos en recipientes fijos prescriben, en cuanto a especificidad de materiales, un aislamiento no afectado por el fuego o chorro de agua y provistos de una conductividad térmica máxima de $83.75 \text{ KJ /h /m}^2 /\text{K}$ ($20 \text{ Kcal. /h /m}^2 /\text{°C}$) a 900°C .

Los suelos tendrán una pendiente mínima del 1 % hacia fosa de drenaje, debiéndose impedir el vertido directo.

Esta dualidad, almacén abierto o cerrado, íntimamente relacionada con la ventilación disponible, está en función, además, de las limitaciones físicas de los locales y de las propias características del gas o gases a almacenar. En tal sentido, resulta preciso poner de manifiesto que si bien las áreas cerradas devienen, en principio, mayores riesgos y requieren un mayor seguimiento y atención de los sistemas de seguridad, no es menos cierto que presentan la posibilidad de un mayor control y confinamiento de aquellas descargas o dispersiones eventuales e incontroladas que puedan producirse y que de tener lugar en áreas abiertas, resultarían de un mayor complejidad y con posibilidades más reducidas de neutralización.

Zonas de seguridad y protección

En los almacenamientos de interior, una vez se haya rebasado la zona de almacenamiento, resultaría oportuno planificar la existencia de una **zona de seguridad** que evitase, caso de producirse una fuga, que ésta, al trascender sus límites, se dispersase incontroladamente, procediéndose, por ello, a su desvío, canalización y aspiración con el menor riesgo posible. También cabría la posibilidad de que los gases procedentes de la eventual fuga quedaran retenidos por el efecto de una envolvente de seguridad (recipientes o tuberías de doble pared)

En esta línea, los recipientes al aire libre e incluso los enterrados (excepción hecha del cloro), deberían contar asimismo con una **zona de protección** permanente en la cual se localicen exclusivamente construcciones y dispositivos propios de la instalación. Podría controlarse desde ella cualquier fuga o emisión, mediante el concurso de monitores motorizados instalados en dicha zona y controlados por mando a distancia. A esta zona no debería acceder entrada alguna de canal o zanja que pueda conducir a recinto u obra de fábrica subterránea, tratándose de gases no más ligeros que el aire o gases en estado líquido. Dentro de esta zona de protección solo podrá estar el personal propio de la instalación y mientras dure el trabajo al efecto asignado.

Los recipientes a presión para gases tóxicos, no deberían instalarse en locales donde de manera continua se encuentren personas.

Características fundamentales de las áreas de almacenamiento cerradas

La normativa vigente prescribe para sustancias tales como el Cloro, Oxido de Etileno y Amoniaco, los esquemas de almacenamiento siguientes:

Cloro líquido en envase < 1.250 Kg	...edificio cerrado
Cloro líquido en envase > 1.250 Kg	...aire libre
Óxido de Etileno	...edificio sin paredes laterales
Amoniaco	...aire libre

Esta diversidad de esquemas, afectando a sustancias tóxicas de tan diferente rango (recuérdese que el TLV-TWA del cloro y amoniaco son $1,25 \text{ mg/m}^3$ y 17 mg/m^3 , respectivamente, según American Conference of Governmental Industrial Hygienists 1993-94) viene a poner de manifiesto la ausencia de prescripción diferencial desde una perspectiva cualitativa, si bien, en la medida en que las capacidades unitarias de los recipientes que cada operatividad precisa van siendo mayores, los criterios de diseño y proyecto de instalaciones se decantan decididamente por las áreas abiertas.

Una tendencia paralela se observa en la tipología de los recipientes en relación con los volúmenes a almacenar. Así, en el caso del cloro, hasta 1.250 kg se utilizan recipientes móviles; para cantidades entre 1.000 y 60.000 kg recipientes fijos, móviles o semimóviles (incluidos los elementos de transporte) y recipientes fijos para cantidades mayores de 60.000 kg.

A la vista de ello, cabe establecer el criterio de que un local abierto siempre es más seguro que un local cerrado, a no ser que en las proximidades o zona de influencia de un escape puedan verse afectadas personas. Cuando ello sucede, no cabe duda de que, con recipientes de almacenamiento de pequeña capacidad, dispuestos en locales con sistemas de confinamiento de fugas, resultarán éstas más fácilmente controlables y consecuentemente aquéllos más recomendables, en determinadas situaciones.

Las áreas cerradas dispondrán en todo caso de una renovación de aire suficiente, de forma que, en principio, pueda garantizarse la imposibilidad de mezclas de gas-aire en cantidades nocivas y peligrosas para la salud.

Condiciones de ventilación en áreas cerradas

Las áreas cerradas de almacenamiento de gases licuados tóxicos deberían disponer de un sistema de renovación forzada de aire que permitiera, por un lado, evitar, en condiciones normales, alcanzar concentraciones ambientales peligrosas y al mismo tiempo, en el caso de una fuga accidental, lograr con dicho sistema u otro complementario, captarla y proceder a su absorción y control.

En el caso de fugas accidentales, habría que diseñar el caudal de aspiración complementario en función del flujo másico de aquéllas y de las entradas de aire del local, con la finalidad de que la concentración de contaminante tóxico al exterior no pueda generar efectos agudos.

La entrada en funcionamiento del sistema complementario de ventilación forzada asociado a un sistema de absorción-neutralización, podría producirse, al alcanzarse determinados niveles de concentración en el interior de los locales, a través de un sistema de detección continua de gases.

La **ITC-MIE-APQ-003** del Cloro, establece que, en locales cerrados, debe conseguirse, cuando menos, una renovación de aire a un ritmo de **diez veces por hora**. En este supuesto, se exige, además, que los equipos de ventilación dispongan de la capacidad suficiente para neutralizar los desgases de cloro

producidos en las maniobras de trasiego, así como las eventuales fugas que puedan surgir en las instalaciones, admitiendo un contenido en cloro del 10%. La cantidad de agente neutralizante (hidróxido sódico, sulfito sódico, entre otros), debe ser suficiente para tratar el volumen de cloro contenido en el recipiente móvil de mayor capacidad.

Por otra parte, la **ITC-MIE-APQ-005**, establece que en áreas cerradas, las superficies de aberturas y huecos con comunicación directa al exterior, no deberá ser inferior a 1/18 de la superficie total de suelo del área de almacenamiento.

A mayor abundamiento, y a título de referencia, la National Fire Protection Association (NFPA) de EE.UU, recomienda para los gases licuados del petróleo (inflamables) una ventilación mecánica por dilución a razón de 0,3 m³/min./m² de superficie de suelo. Las salidas descargarán a distancia no inferior a 1,5 metros de cualquier abertura de la estancia en cuestión o de cualquier otra. Las aberturas estarán a una distancia del suelo superior a 152 mm. En los casos de ventilación natural, cada pared dispondrá de, al menos, una abertura y otra adicional por cada 6,1 m de longitud o fracción. Cada abertura dispondrá de una superficie mínima de 12.900 mm², siendo el mínimo total de aberturas de 645 mm² por cada 0. 1 mm² de superficie de suelo.

Distancias

Asumiendo cuanto la normativa contempla en materia de distancias (**MIE-APQ-001** y **MIE-APQ-005**), reproducimos en la Tabla 2, a título de referencia, el esquema de valores mínimos exigido entre tanques o depósitos de amoniaco anhidro y los diferentes lugares e instalaciones que se indican.

Tabla 2: Distancias mínimas a tanques o depósitos de amoniaco anhidro

Vía de comunicación pública de circulación rápida	20 m
Vía de comunicación pública de tráfico denso y con posibilidad de retenciones	75 m
Lugar de concentración del personal de la propia instalación (edificio administrativo, comedor, vestuario)	50 m
Lugar de concentración del personal de establecimiento industrial ajeno a la propia instalación	100 m
Agrupamiento de viviendas	200 m
Local de alta concurrencia pública	500 m
Tanque o depósito de producto inflamable de las clases A o B, según MIE-APQ-001, de capacidad superior a 100 metros cúbicos	Diámetro del tanque o depósito de producto inflamable, con un mínimo de 25 m.
Tanque de producto combustible de la clase C, según MIE-APQ-001, de capacidad superior a 100 metros cúbicos	Radio del tanque de producto combustible, con un mínimo de 10 m.

Condiciones de seguridad de los sistemas de almacenamiento

La reglamentación vigente contempla los diversos tipos de recipientes a utilizar, distinguiéndose los almacenamientos en recipientes fijos de aquellos otros móviles que, condicionados a las prescripciones del Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (TPC), no rebasen los tres

mil litros. Tanto unos como otros, responden a diseños acorde con el Código de Recipientes a Presión y con materiales que, cumpliendo las exigencias mecánicas de equipos, le confieren una vida útil razonable.

Los criterios de concepción, trazado y ejecución de este almacenamiento (lanzamiento de tubería, implantación de grupos de bombeo, confección de puentes de válvulas, embridados, conexiones, etc.), deben estar sujetos a estrictas condiciones de seguridad desde la fase de diseño.

Seguridad de diseño

Los criterios de seguridad que deben caracterizar a los equipos e instalaciones, encuentran su punto de partida en el momento de concepción del proyecto y diseño, criterios que deben persistir encontrando una continuidad en las correcciones y adaptaciones "a posteriori". En tal sentido, y a título meramente indicativo, se reseñan algunos aspectos clave a considerar:

- La tubería de acero estirado al carbono y homologada, será prioritaria a la tubería roscada.
- Las tuberías almacenadas durante largos periodos de tiempo al aire libre, deberían ser analizadas, a fin de detectar el grado de deterioro de su superficie, tanto interior como exteriormente.
- Las bridas y conexiones, constituyen puntos débiles del trazado, circunstancia por la que su intercalación debe ser mínima. A este respecto resulta recomendable la presencia de dispositivos estancos (antievaporación) de recogida contra rezumes y goteos. Las juntas de expansión, siempre justificadas, deberían ser en lo posible espirometálicas con relleno inerte.
- Dado que las bridas constituyen puntos débiles del sistema y consecuentemente susceptibles de posibles fugas, el criterio de minimización al que se ha hecho referencia, debe extremarse en recintos interiores en los que se localicen puestos de trabajo, optándose, en su lugar, por las uniones soldadas. Incluso en espacios abiertos, debe preverse el comportamiento de las posibles fugas en bridas, por cuanto, de tratarse de gases densos en ámbitos confinados, sus repercusiones en materia de seguridad y salud laboral pueden revestir especial trascendencia.
- Los "pares galvánicos» generados por los diferentes potenciales de los materiales presentes en las aleaciones, originan corrosión, por lo que es del mayor interés evitar la presencia de éstas, incluso en las piezas de los accesorios que soportan presión, redundando tal previsión en una mejor conservación del material.
- Los tramos de tubería enterrada, se procurará que constituyan excepción, salvo situaciones debidamente justificadas, y en todo caso con protección adecuada (tuberías de doble pared). A este respecto y en lo que al cloro se refiere, cabe precisar que la normativa no permite la existencia de depósitos enterrados.
- Aquellas tuberías que puedan quedar aisladas y cargadas, deberán ir provistas de vasos de dilatación o válvulas de descarga tipo resorte que absorban la dilatación por efecto de la temperatura.

- Tanto las válvulas de descarga como las de seguridad y alivio de presión de los depósitos, se ubicarán de tal forma que la liberación de gases por sobre presión no genere riesgos cerca del personal existente en el entorno. A tal efecto, las instalaciones y montajes deben concebirse de forma que los gases liberados en estos puntos, puedan canalizarse a lugar seguro para su eliminación o tratamiento (neutralización)
- Las válvulas de cierre de botellas y botellones son elementos de mayor peligro y vulnerabilidad, por lo que en el transporte y utilización de estos elementos debe prestársele una especial atención a sus protecciones, las caperuzas, que habrán de estar siempre colocadas cuando los recipientes no estén en uso.
- Dada la especial peligrosidad de todo contenedor de gas licuado tóxico que pudiera verse expuesto al fuego, es necesario prever tal hipotética situación, localizando alejados aquellos recipientes de gases tóxicos de áreas expuestas a riesgo de incendio.
- Mientras no exista reglamentación específica que regule los almacenamientos de sustancias tóxicas que a su vez sean inflamables, se considera conveniente que los recipientes estén ignifugados con un aislamiento no afectado por el fuego o chorro de agua y provisto de una conductividad térmica máxima de $83,75 \text{ KJ /h /m}^2 \text{ /K}$ ($20 \text{ Kcal. /h /m}^2 \text{ /}^\circ\text{C}$) a $900 \text{ }^\circ\text{C}$, además de estar protegidos con sistemas fijos de rociadores de agua, de acuerdo con lo establecido en la **ITC-MIE-APQ-001** sobre almacenamiento de líquidos inflamables. Especial atención requiere evitar la posible penetración de agua entre el ignifugado y el depósito por las incontroladas corrosiones que ello puede generar.

Mantenimiento de la instalación

Este tipo de instalaciones, debe estar sujeto a un riguroso programa de mantenimiento preventivo y predictivo. Todos los elementos clave de la instalación deben ser revisados periódicamente de acuerdo con lo establecido en el programa. Consecuentemente, un libro de registro recogerá todas las actuaciones realizadas e incidencias detectadas.

Contra la corrosión en general, se recurrirá a los tratamientos de pinturas especiales.

La protección catódica, redundará asimismo en una protección de ciertos elementos, evitándose corrosiones puntuales de tan nefastas consecuencias. En tal sentido, resulta oportuno precisar la especial vigilancia que debe prestarse a aquellas protecciones ajenas que puedan inducir, por caer dentro de su campo de acción, corrientes parasitarias y consecuentemente corrosiones en las instalaciones propias.

Seguridad en la operatividad de la instalación

Resulta de vital importancia asegurar que el grado de llenado de los depósitos no supere el límite de seguridad, a fin de que en los mismos no se alcance la presión máxima de trabajo establecida.

En el caso de gases tóxicos no debe superarse el 95% del volumen del recipiente en fase líquida. En el caso particular del cloro, se adopta un valor, en fase líquida, de 1.250 Kg./m³ y en el del óxido de etileno de 780 Kg/m³.

Ello requiere de los adecuados sistemas de control de nivel. Debería existir un indicador permanente que permita controlar el nivel de líquido contenido y además un dispositivo de nivel máximo, independiente y de distinto tipo, asociado a una alarma acústica.

Los depósitos deberían disponer, como mínimo, de dos válvulas de seguridad, de forma que puedan desmontarse individualmente sin que los niveles de protección disminuyan.

La presión de tarado de las válvulas de seguridad, se ajustarán a las normas del código de diseño o construcción.

Los tanques deberán disponer, como mínimo, de dos válvulas de seguridad de vacío, pudiéndose utilizar el tipo de válvula doble de presión y vacío.

Asimismo, en el ámbito de la manipulación y en el caso de recipientes a presión cuyos gases son extraídos exclusivamente en fase gaseosa, las conexiones de la fase líquida se recomienda que estén ciegas, aún estando montados los accesorios. Cuando el almacenamiento de gases se realiza a temperatura ambiente, si éstos se extraen en fase líquida, el accesorio de cierre manual más próximo a esta fase, será complementado con elementos de cierre rápido accionados a distancia, al objeto de prever los fallos de energía de accionamiento.

Cualquier parada en el vaciado por aire comprimido de un depósito conteniendo sustancia líquida a presión debe ser seguida inmediatamente de un desgasificado del mismo, a fin de igualar la presión en su interior a la presión de saturación de aquella, evitando así el retorno de flujo.

En las sucesivas conexiones al extremo embridado de una tubería que resulten pertinentes por imperativo de la operatividad, se tendrá la precaución de utilizar siempre juntas de estanqueidad de primera instalación.

Otro aspecto que merece ser destacado, si bien desde una perspectiva cualitativa, es el incremento corrosivo que caracteriza a algunos gases en presencia de agua/ humedad, razón por la cual se recomienda el control de la ausencia de ésta, cuando su presencia sea contraproducente.

Cubetos

Los cubetos de retención se definen como recipientes abiertos que contienen en su interior elementos de almacenamiento y cuya misión es retener los productos contenidos en los mismos, en caso de rotura de éstos o de funcionamiento incorrecto del sistema de trasiego o su manejo (**ITC-MIE-APQ-001**).

Todo depósito fijo conteniendo un gas licuado tóxico debería disponer de un cubeto de retención.

La pared y fondo de los cubetos deben cumplir la misión que le es propia, cual es la de ser estancos, al menos hasta en tanto se procede a la evacuación de la substancia susceptible de retener. A tal fin, resulta esencial la seguridad que debe conferir su estructura a la resistencia hidrostática ante un derrame a cubeto lleno. Esto implica el concepto de capacidad útil de cubeto, el cual será como mínimo igual a la capacidad del recipiente mayor de los que albergue, considerando que éste no existe y sí todos los demás (en el Cloro > 2/3 de la capacidad del depósito mayor).

El cubeto admitirá accesos (dos como mínimo), separados por una distancia pisable no superior a 25 m.

En aquellos casos en los que en la zona de almacenamiento de gases licuados tóxicos existan gases que simultáneamente sean inflamables, cada uno de éstos deberá disponer de cubeto propio, a fin de evitar las eventuales interacciones entre posibles vertidos diferentes.

El control de derrames que puedan originarse en los cubetos, demanda la disponibilidad de las siguientes medidas complementarias:

- Posible trasvasado de un derrame contenido en el cubeto a un recipiente de seguridad de reserva (de ahí la necesidad de su disponibilidad cautelar) ó a una toma controlada mediante instalación fija ya prevista a tal efecto.
- Cobertura, mediante espuma, de la superficie del cubeto y así aminorar y retardar la evaporación de substancia tóxica.

Pruebas periódicas y control de calidad

Con independencia de cuanto se deriva del Reglamento de Aparatos a Presión y de su sujeción a las correspondientes pruebas, todo almacenamiento de gases licuados tóxicos, debería estar sometido a inspecciones periódicas y control de calidad por parte del organismo competente. Tales pruebas comprenderían el control de idoneidad de los materiales, control durante la construcción de acuerdo a normas técnicas, control antes de la puesta en servicio (pruebas de estanqueidad y sobrepresión) e inspecciones periódicas del estado de las instalaciones cada cinco años como mínimo.

APÉNDICE I	
Tabla de equivalencias entre Nm ³ y Kg	
Oxígeno:	1 Nm ³ = 1,42 Kg
Nitrógeno:	1Nm ³ = 1,25 Kg
Argón:	1m ³ = 1,78 Kg
Acetileno:	1 Nm ³ = 1,17 Kg
Aire:	1 Nm ³ = 1,29 Kg
Hidrógeno:	= 1Nm ³ = 0,09 Kg
Anhidrido carbónico:	1Nm ³ = 1,97 Kg
Protóxido de nitrógeno:	1Nm ³ = 1,98 Kg
Amoniaco:	1Nm ³ = 0,77 Kg
Anhidrido sulfuroso:	1Nm ³ = 2,92 Kg
Etileno:	1Nm ³ = 1,26 Kg
Helio:	1Nm ³ = 0,18 Kg
Metano:	1Nm ³ = 0,76 Kg
Monóxido de carbono:	1Nm ³ = 1,25 Kg
R-12:	1Nm ³ = 5,51 Kg
R-22:	1Nm ³ = 3,95 Kg
Oxido de etileno:	1Nm ³ = 1,83 Kg(*)
Bases medida: a 0°C y 760 mm. Hg	

Bibliografía

- (1) RICHARD W. PRUGH AND ROBERT W. JOHNSON **Guidelines for Vapor Release Mitigation** Center for Chemical Process Safety (AIChE, E)
- (2) P.A. CARSON AND C.J. MUMFORD **The safe Handling of Chemicals in Industry**
- (3) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA) **Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases**
- (4) **ITC-MIE-APQ-001 Almacenamiento de Líquidos Inflamables y Combustibles** (O. de 18.7.91)
- (5) **ITC-MIE-APQ-002 Almacenamiento de Oxido de Etileno** (O. de 12.3.82.)
- (6) **ITC-MIE-APQ-003 Almacenamiento de Cloro** (O. de 1.3.84)
- (7) **ITC-MIE-APQ-004 Almacenamiento de Amoniaco Anhidro** (O. de 29.6.87)
- (8) **ITC-MIE-APQ-005 Almacenamiento de botellas y botellones de Gases Comprimidos, Licuados y Disueltos a Presión** (O. de 21.7.92)

(9) **ITC-MIE-AP7 Botellas y Botellones de Gases Comprimidos, Licuados y Disueltos a Presión** (O. de 1.9.82)

(10) **Productos químicos. Almacenamiento** (**RD 668/1980** de 8 de Febrero)

(11) **Prevención de accidentes mayores en determinadas actividades** RD 886 /1988 de 15 de Julio

Adenda

Revisión normativa

- La normativa sobre almacenamiento de productos químicos ha sido totalmente sustituida por el **Real Decreto 379/2001**, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7.