

## NTP 294: Explosiones BLEVE (II): medidas preventivas



Mesures preventives des explosions BLEVE  
BLEVE. Prevention mesures

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

### Redactores:

Manuel Bestratén Belloví  
Ingeniero Industrial

Emilio Turmo Sierra  
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*Esta Nota Técnica de Prevención sintetiza las medidas básicas de prevención frente a este fenómeno físico de tan graves consecuencias, complementando a la anterior Nota Técnica, de recomendada lectura para comprender la generación de BLEVE's y sus consecuencias, asumiendo así la importancia y efectividad de las acciones a tomar.*

### Introducción

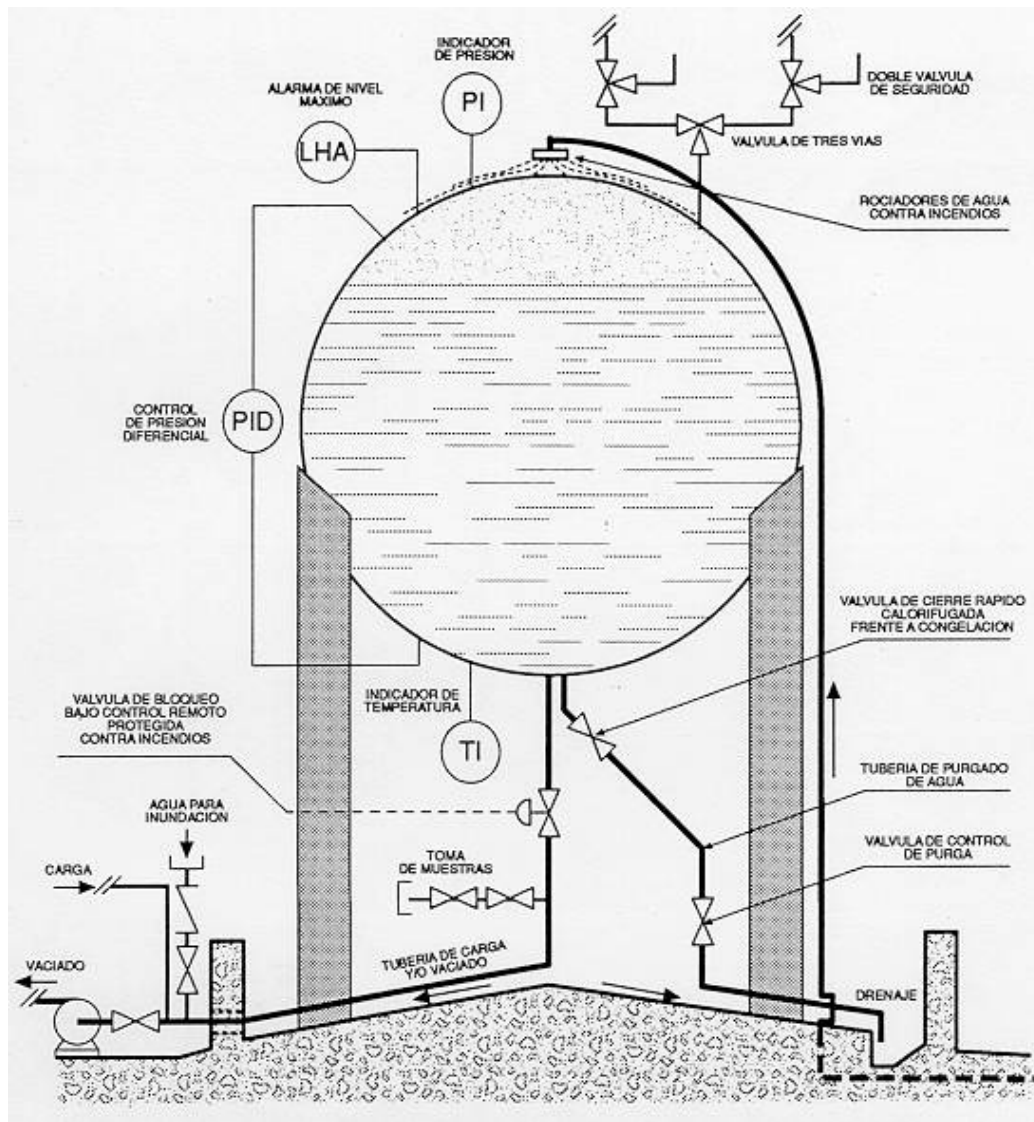
Como ya se expuso en la NTP 293, la explosión BLEVE genera graves consecuencias, fundamentalmente por radiación térmica. Una vez el fenómeno se ha producido, es difícil evitar la propagación de incendios y posibles explosiones a recipientes próximos, como los que normalmente se encuentran en las áreas de almacenamiento de líquidos y gases inflamables. Como se vio en la anterior Nota Técnica de Prevención, la radiación térmica que genera la bola de fuego formada, el incendio del líquido derramado y el posible impacto de trozos de recipiente proyectados en la explosión, provocan que los recipientes metálicos próximos y englobados por dicha bola, si no disponen de protección, no sean capaces de resistir el calor recibido y el impacto, provocando su rotura y el consecuente efecto dominó de propagación. Por ello, es fundamental evitar que se pueda generar inicialmente una BLEVE, por lo que las medidas de prevención irán encaminadas a evitar las condiciones determinantes que permiten la BLEVE; tales medidas se pueden englobar en los siguientes objetivos:

- Limitación de presiones excesivas.
- Limitación de temperatura excesivas.
- Prevención de roturas en las paredes de los depósitos.
- Sistemas retardantes de la nucleación espontánea.

Las medidas preventivas que a continuación se exponen, afectarán a uno o varios de los objetivos anteriores.

Tales medidas de prevención deberán ser contempladas en la fase de diseño de la instalación dada la dificultad que puede ocasionar el realizar modificaciones una vez los depósitos están en uso.

En la figura 1 se muestra un esquema de instalación de un depósito de gas licuado con indicación de las principales medidas preventivas a emplear.



**Fig. 1: Esquema de instalación de depósito de almacenamiento de gas licuado con sus elementos básicos de seguridad**

## Medidas para la limitación de presiones excesivas

### Diseño adecuado de válvulas de seguridad y discos de ruptura

Las válvulas de seguridad para alivio de presiones, así como los discos de ruptura, son dos elementos clave frente a sobrepresiones. Ellos permiten que no se alcance la presión de diseño de los propios recipientes.

Tales elementos de seguridad, por un incorrecto diseño o por un deficiente mantenimiento, pueden convertirse en ineficaces.

Es fundamental que en todo momento dichos elementos estén en perfectas condiciones.

En cambio, aunque sí están diseñados para controlar ligeros aumentos de presión, sus funciones no sólo son poco eficaces frente a explosiones BLEVE, sino que además pueden contribuir a favorecerlas.

Como se expuso en el Nota Técnica de Prevención nº 293, una caída brusca de presión dentro de un rango determinado de presiones, si se alcanza la temperatura límite de sobrecalentamiento, puede generar la BLEVE. De funcionar correctamente, la válvula de seguridad debería cerrar al disminuir la presión (excepto en caso de incendio en que el incremento de presión será continuo), pero, por propia inercia en la respuesta, el tiempo invertido hasta su cierre puede ser lo suficientemente largo como para provocar una caída de presión brusca y muy peligrosa.

Las válvulas de seguridad bien diseñadas deberán al menos retrasar el tiempo de aparición de la BLEVE, al ir descargando al exterior y de no existir un incendio considerable hacerla más dificultosa por liberación de fluido interior.

En base a los conocimientos expuestos sobre la formación de BLEVE's, de ser posible, las válvulas de alivio de presiones deberían estar dimensionadas para que abrieran antes de alcanzarse la presión correspondiente a la temperatura límite de sobrecalentamiento y ello con una inercia de respuesta mínima.

Respecto a los discos de ruptura, cabría indicar la misma lógica de razonamiento, que serían recomendables varios discos de ruptura, que con distintas presiones de ruptura y capacidades de desalajo diferentes, eviten la generación de caídas de presión excesivamente bruscas.

## Capacidad de vaciado rápido del recipiente afectado por el riesgo

Es necesario prever la evacuación rápida del contenido del recipiente en el caso de una posible rotura, fisura, cualquier fuga incontrolada o por estar expuesto a una importante radiación térmica.

Ello requiere disponer de depósitos vacíos en zona segura, interconectados a la red de tuberías de vaciado. Estas tuberías deberían estar protegidas contra incendios y disponer de válvula de bloqueo con control remoto.

Cabe mencionar, a fin de evitar accidentes muy graves sucedidos por escapes incontrolados en la tubería de purgado de agua del fondo de los recipientes, por congelamiento de la válvula de cierre, las siguientes medidas preventivas:

- a. Selección o instalación de las adecuadas válvulas de purga. La existente inmediatamente a la salida del recipiente será calorifugada y del tipo de cierre rápido.  
En lugares de temperatura inferiores a 0°C debería existir una válvula adicional conectada a ese tramo de tubería para su vaciado, evitando la retención de agua. La segunda válvula de control de purga estará distanciada de la primera.
- b. Tubería de purgado de pequeño diámetro (máximo 3/4") conducida al sistema de desagüe.

## Control riguroso del grado de llenado de los recipientes

Es una medida de seguridad fundamental, no sobrepasar nunca el llenado máximo permitido por normativa, el cual está en función de las características del fluido y de sus condiciones de almacenamiento.

Ningún recipiente es capaz de resistir la sobrepresión que se genera sobre sus paredes interiores a causa de la dilatación del propio líquido al aumentar la temperatura. Por este motivo el depósito debe estar dotado de los adecuados sistemas de regulación y control del nivel de llenado.

## Medidas para la limitación de temperaturas excesivas

Dado que el calor radiante producido en los incendios es la principal fuente de generación de estas explosiones, es fundamental un riguroso control sobre las medidas de prevención contra los incendios.

A continuación se indican las medidas básicas:

### Cubetos de retención

Si bien el cubeto de retención tiene la misión fundamental de retener un derrame accidental del o de los depósitos existentes en su interior, para evitar la propagación de incendios por la sustancia derramada, cabe destacar la necesidad de que dichos cubetos cuenten con un sistema de desagüe que permita su rápido vaciado y traslado del fluido derramado a un contenedor seguro. Evidentemente la superficie del cubeto ofrecerá una pendiente necesaria para facilitar el desagüe.

Se han producido accidentes precisamente por combustiones de la sustancia retenida en el cubeto que han provocado la BLEVE de los recipientes situados en él.

Es además necesario que en la zona del cubeto no existan bombas y equipos que pueden ser causas de escapes o de incendios en ese área, que debe ser considerada como peligrosa.

Toda tubería que atraviese los muros perimetrales del cubeto deberá estar recubierta con juntas de estanqueidad.

### Refrigeración de los recipientes con agua

Esta medida es imprescindible para evitar el impacto térmico sobre la superficie de todo recipiente expuesto a fuego directo o a los efectos de radiación térmica de una BLEVE o incendio generado en un área próxima.

El agua contra incendios deberá rociar todo el depósito pero en especial su parte superior en contacto con la fase vapor en donde pueden alcanzarse fácilmente temperaturas críticas.

Tal rociado de agua deberá formar parte de la instalación fija de agua contra incendios. Su aplicación podrá ser mediante cualquiera de los sistemas habituales:

- Instalación de rociados automáticos (sprinklers) a través de una red envolvente que pulverice el agua sobre toda la superficie del depósito.
- Instalación de rociado automático desde la parte superior. Si bien el primer sistema permite una mejor distribución del agua, es fácilmente vulnerable ante un incendio; en cambio el segundo al disponer de una sola tubería es más fácil de proteger.

Si bien la normativa legal establece un caudal de 3,8 l/min. m<sup>2</sup>, según los cálculos efectuados para absorber por el agua el ingente calor radiante producido en un incendio próximo, harían recomendable caudales mayores de 10 l/min.m<sup>2</sup> e incluso superiores.

La red de agua contra incendios debe estar protegida contra este riesgo, mediante canalizaciones protegidas (semienterradas o

ignifugadas en los tramos aéreos de acceso a los depósitos).

Complementariamente deberán existir monitores de agua o espuma contra incendios. Preferiblemente dichos monitores deberán poder ser conducidos a distancia ante la imposibilidad de acceso a los mismos en determinadas condiciones.

## Aislamiento térmico de recipientes

Mediante la aplicación de los diferentes sistemas de aislamiento se podrá limitar la propagación de altas temperaturas por incendios.

El enterramiento es obviamente el sistema más seguro de aislamiento.

Los sistemas de revestimiento son muy diversos, tales como: lanas de vidrio, hormigones especiales, pinturas intumescentes, etc.

En realidad, en la actualidad los revestimientos se aplican para objetivos diferentes, propios del proceso y no como medida de prevención de las BLEVE's, lo que sería deseable.

Tengamos en cuenta que un recipiente expuesto a un incendio puede resistir a una BLEVE entre unos 10 minutos para fuego directo y cercanos a una hora para fuegos no tan próximos.

## Prevención de roturas en las paredes de los depósitos

Es evidente que los depósitos que contienen gases licuados a presión deben estar sometidos a un riguroso control periódico de espesores y grado de corrosión tanto interior como exterior. Las medidas de control deben extremarse en las soldaduras por la posible existencia de defectos y por ser éstos los puntos más vulnerables.

Es necesario prever los posibles impactos mecánicos sobre las superficies de los recipientes ya que una perforación de los mismos ocasionaría una bajada brusca de presión que, junto con unas condiciones térmicas adversas, podría originar la BLEVE. Los recipientes cilíndricos horizontales deben situarse de tal forma que su eje longitudinal no apunte, ni a otros depósitos, ni a zonas con riesgos de incidencia. Los revestimientos de tipo resistente indicados para el aislamiento térmico, también sirven de protección contra impacto, lo mismo que los aislamientos tipo lanas de vidrio, que producen un efecto amortiguador.

Para vagones o camiones-cisterna, además de lo anterior se recomienda reforzar la estructura portante para minimizar los efectos de choques o vuelcos, al tiempo que se exijan velocidades menores de circulación y evitar en lo posible el tránsito por zonas habitadas.

## Sistemas retardantes de la nucleación espontánea

Son sistemas modernos, que aún están en fase de experimentación. Uno de ellos consiste en un enrejillado metálico formado por láminas expandidas de una aleación de aluminio en forma de coldillas hexagonales, aplicado en el interior de los recipientes. Se consiguen tres efectos:

- a. En caso de incendio, el calor recibido en la superficie del recipiente se distribuye por toda la masa del líquido y del gas retrasando la aparición de fisuras en el depósito y retardando la nucleación.
- b. Al lograrse una mejor distribución del calor recibido la presión no aumentará tan rápidamente como cuando se calienta mayormente la fase gas y por tanto se retrasará el fallo del recipiente.
- c. Si en el recipiente hubiese entrado aire formándose concentraciones dentro del campo de inflamabilidad, la malla de las celdillas actuaría a modo de apagalamas por dispersión del calor generado.

Otro sistema es la adición al fluido a proteger de pequeñas partículas de materiales gelificados o líquidos que se comporten como geles (partículas de hielo, alcoholes helados, etc.,  $< 1 \mu\text{m}$ ) dispersados homogéneamente en toda la masa del líquido. Parece que se generan unos nódulos de nucleación que retardan la nucleación espontánea generadora de las explosiones BLEVE.

## Bibliografía

A la Bibliografía referenciada en la NTP-293 Explosiones Bleve. Evaluación de la Radiación Térmica, hay que añadir la siguiente:

(1) MAÑAS LAHOZ, J.L.

### **Las explosiones "BLEVE". Riesgos y medidas preventivas**

Madrid, Protección Civil, Seminario sobre explosiones BLEVE. Apuntes didácticos

(2) NAZARIO, F.N.

### **Preventing or surviving explosions**

Chemical Engineering, 1988, Agosto 15, pags. 102-109.