

Gestión de la seguridad en plantas de GNL

*P. Fernández Zamora, M. V. Iglesias Muñoz,
A. Ramos Rodríguez y J. Santos Remesal.*
Dpto. de Seguridad Industrial
Inerco, S.A.

1. Introducción

El GNL es un fluido incoloro en estado líquido, compuesto predominantemente de metano y que puede contener cantidades pequeñas de etano, propano, nitrógeno y otros componentes que se encuentran normalmente en el gas natural. Los riesgos potenciales ligados a la manipulación del GNL son debidos esencialmente a tres propiedades principales:

- El GNL es sumamente frío. A la presión atmosférica, dependiendo de su composición, el punto de ebullición se sitúa alrededor de los $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. A esta temperatura, el vapor es más denso que el aire ambiente.

- Cantidades muy pequeñas del líquido se convierten en volúmenes grandes de gas. Un volumen de GNL produce aproximadamente 600 volúmenes de gas.

- El gas natural, como los demás hidrocarburos gaseosos, es inflamable. En condiciones ambientales, la mezcla de aire y gas natural es inflamable cuando el contenido de gas natural está comprendido aproximadamente entre el 5% y el 15% en volumen.

El gas natural no puede licuarse mediante compresión a temperatura ambiente, sino que debe bajarse a un mínimo de $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ antes de que pueda licuarse. Por ello, en la industria del GNL deben utilizarse materiales que sean resistentes a la rotura frágil cuando se someten a temperaturas muy bajas. La baja temperatura del GNL puede provocar efectos nocivos en las partes expuestas del cuerpo en una perso-

na. La exposición a los gases puede producir asfixia y se deben tomar precauciones y protección contra el fuego adecuada cuando se manipula GNL, ya que la potencia radiada por una llama procedente de una capa de GNL inflamada puede ser muy alta.

Entre las instalaciones para gas natural licuado, cabe destacar los terminales receptores de GNL, por la proliferación de nuevas instalaciones y la ampliación de las existentes, debido al aumento del consumo de gas natural en España.

Los terminales receptores de GNL son instalaciones diseñadas para recibir el gas natural licuado procedente de los transportadores, con el fin de descargar y almacenar este GNL y convertirlo a la fase gaseosa para envío a la red de gas o a los consumidores de gas. Por tanto, las funciones principales que cumple dicho terminal son:

- Descarga (pantalán marítimo de descarga).
- Almacenaje (tanques de almacenamiento, criogénicos).
- Recuperación y presurización de GNL (sistema de recuperación de vapores).
- Vaporización (vaporizadores).
- Regulación del caudal de salida de gas (sistema de odorización, estación de regulación y medida, etc.).
- Expedición (cargadero de cisternas, etc.).

Las instalaciones de GNL deben diseñarse de forma que se reduzca al mínimo el riesgo, tanto en el interior como en el exterior de las mismas, para lo cual debe realizarse un análisis de riesgos y tener en cuenta to-

Las instalaciones de gas natural licuado (GNL) deben diseñarse de forma que se reduzca al mínimo el riesgo, tanto en el interior como en su exterior, para lo que debe realizarse un análisis de riesgos para su minimización con la adopción de las medidas de seguridad idóneas. Este análisis debe contemplar la identificación de las situaciones de riesgo de origen interno y externo, así como la estimación de sus probabilidades y consecuencias. Con la aplicación de un sistema de gestión de la seguridad adecuado, se podrá garantizar que se está empleando la mejor tecnología disponible para evitar o mitigar las consecuencias asociadas a las situaciones de riesgo correspondientes.



das las medidas de seguridad necesarias para minimizarlo.

El análisis del riesgo se debe realizar tanto para las instalaciones existentes, como para las modificaciones importantes de las mismas, y debe contemplar la identificación de las situaciones de riesgo de origen interno y externo, así como la estimación de las consecuencias y/o probabilidades de los escenarios identificados. De esta forma, la aplicación de un sistema de gestión de la seguridad adecuado garantizará en todo momento que se está empleando la mejor tecnología disponible para evitar o mitigar las consecuencias asociadas a las situaciones de riesgo identificadas y evaluadas.

Existe abundante normativa técnica de referencia para las instalaciones terrestres de GNL, así como legislación en materia de seguridad y protección contra incendios aplicable a las mismas.

2. Legislación y normativa técnica de referencia

Para un diseño seguro de plantas de GNL, es necesario conocer cuáles son las obligaciones legales en materia de seguridad y protección contra incendios en los aspectos relacionados con:

- Las situaciones que puedan causar riesgo en las instalaciones, lo cual obliga a la realización de análisis de riesgo aplicando metodologías de identificación, métodos de cálculo de efectos y consecuencias, así como valores umbrales, con objeto de planificar o determinar la implantación de equi-

pos e instalaciones y la adecuada gestión de la seguridad.

- La protección frente a la radiación térmica de los distintos equipos e instalaciones presentes en una planta de GNL.

Asimismo, para aquellos aspectos que no quedan cubiertos por la legislación aplicable, deben establecerse criterios técnicos recogidos en normativa técnica de referencia de países u organismos de reconocido prestigio, con objeto de aumentar los niveles de seguridad y de protección en las plantas de GNL.

La principal legislación aplicable en materia de seguridad y de protección contra incendios en plantas de GNL puede englobarse bajo los siguientes conceptos y normativa correspondiente:

Prevención de Riesgos Laborales

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.

- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

Protección Civil y Accidentes Graves

- Ley 2/1985 de 21 de enero, sobre Protección Civil.

- R.D. 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.

- R.D. 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.

Protección contra Incendios y Reglamentos Industriales

- Real Decreto 1942/1993 de 5.11 (BOE 14.2, rect. 7.5.94). Reglamento de instalación de protección contra incendios y corrección de errores de 7/5/94 y Orden de 16 de abril de 1998 sobre normas de procedimientos y desarrollo del R.D. 1942/1993.

- Reglamentos industriales: RAQ, RAP, IPE, REBT.

- R.D. 3275/1982 de 12 de noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

- Orden del Ministerio de Industria de 18 de noviembre de 1974, por la que se aprueban el Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias, y sus posteriores modificaciones.

Seguridad Portuaria

- R.D. 145/1989, de 20 de enero, por el que se aprueba el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas en Puertos.

Por otra parte, se hace necesario acudir a normativa técnica de referencia para cubrir aspectos adicionales no desarrollados en la legislación. La normativa existente de aplicación en plantas de GNL hace especial hincapié en la realización de análisis de riesgos y la protección contra incendios. Entre dicha normativa destacan las siguientes:

- UNE-EN 1473. "Instalaciones y equipos para gas natural. Diseño de las instalaciones terrestres".

- UNE-EN 1474. "Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño y ensayo de los brazos de carga/descarga".

- UNE-EN 1160. "Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Características generales del gas natural licuado".

- UNE-EN 1532 "Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Interfaz entre buque y tierra".

- NFPA-59 A. Norma para la producción, almacenamiento y manipulación de GNL.

3. Bases para el diseño de instalaciones

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, las instalaciones de GNL deben diseñarse de forma que se reduzca al mínimo el riesgo para la vida y la propiedad, tanto en el exterior como en el interior de los límites de batería. En parti-

cular, tal y como se recoge en la Norma UNE-EN 1473, para un adecuado diseño de las mismas debe realizarse un análisis de riesgos y se deben tener en cuenta las medidas de seguridad adecuadas para este tipo de plantas.

En el análisis de riesgos, se han de tener en consideración los siguientes aspectos:

- Identificación de situaciones de riesgo de origen exterior que puedan llegar a afectar al interior de la planta, incluyendo condiciones meteorológicas adversas, incendios, impactos de proyectiles, etc.

- Identificación de situaciones de riesgo de origen interno que puedan dar lugar a un escenario de accidente, tanto debido a las características de peligrosidad asociadas al GNL o al gas natural, como de aquellas otras sustancias peligrosas presentes en la instalación, o de determinadas operaciones, tanto en fase de construcción como de explotación de la planta.

- Clasificación de emplazamientos peligrosos.

- Estimación de las probabilidades de ocurrencia de las situaciones de riesgo identificadas, de forma que se pueda conocer el riesgo global de las instalaciones, una vez evaluadas las consecuencias de las mismas.

- Estimación de las consecuencias. De acuerdo con las características de peligrosidad del GNL, del gas natural y del resto de sustancias peligrosas capaces de dar lugar a alguna de las situaciones de riesgo identificadas, se han de evaluar las consecuencias debidas a dichas situaciones de riesgo. En el caso particular del GNL, se deben tener en cuenta aspectos tales como la vaporización instantánea del mismo, la evaporación debida a la transmisión de calor y la dispersión atmosférica de la nube generada; con el objeto de determinar:

- Niveles de radiación térmica debida a la ignición de vapores del charco de GNL.

- Alcance del límite inferior de inflamabilidad (LII).

- Onda de sobrepresión en caso de ignición del gas si se dan las condiciones.

En la Norma UNE-EN 1473 se especifican valores umbrales de distintos fenómenos, que deben ser evaluados y verificados en la fase de diseño de las instalaciones. Dichos valores umbrales son:

- Valores de radiación incidente máximos debido al incendio de piscinas de GNL. En la Tabla I se recogen dichos valores.

- Valores máximos recomendados de radiación de calor incidente procedente de la antorcha.

- Límite de inflamabilidad del gas natural.

La determinación del alcance de dichos valores umbrales se debe llevar a cabo mediante la utilización de modelos adecuados y validados.

En cuanto a las medidas de seguridad de este tipo de plantas, dado que los escapes de GNL y de hidrocarburos líquidos dan lugar a nubes de vapor inflamable que son más densas que el aire, la planta se debe diseñar de forma que pueda eliminar o minimizar la cantidad y frecuencia de las emisiones, tanto accidentales como planificadas de estos fluidos. Especialmente se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Elegir presiones y temperaturas de diseño para tuberías y equipos que cubran todas las condiciones de operación normales y anormales previstas.

- Situar, siempre que sea posible, la planta y equipos que contengan líquidos inflamables en el exterior.

- Diseñar la distribución de la planta de forma que se eviten congestiones.

- El sistema de tuberías debe tener suficiente flexibilidad para que resulte adecuado para todas las condiciones de trabajo.

- Minimizar el número de bridas en los tendidos de tuberías.

- La orientación de las bridas y de los extremos libres de válvulas de alivio debe ser tal que reduzca al mínimo las situaciones de riesgo.

- Las presiones de diseño deben dejar un margen suficientemente amplio por encima de las presiones de trabajo, con objeto de que se minimice la frecuencia de disparo de las válvulas de descarga.

- Para GNL y GLP, utilizar bombas con retenes de alto nivel de integridad o bombas y motores sumergidos.

- Diseñar las estructuras de soporte de tuberías y equipos que contengan líquidos inflamables de forma que soporte el estado límite extremo.

- Se deben emplear técnicas de gestión de riesgo industrial desde la fase de diseño hasta la puesta en marcha, así como durante el mantenimiento y las modificaciones.

Un aspecto importante relacionado con lo anterior es la disposición de la planta de GNL. Para el emplazamiento de una planta de

Tabla I. Radiación térmica admisible excluyendo la radiación solar, dentro de los límites

Equipo situado dentro de los límites	Radiación térmica máxima (kW/m ²)
Superficie exterior del hormigón de los tanques de almacenaje adyacentes: sin proteger ^{1,3} o detrás de una protección térmica ²	32
Superficie metálica exterior de los tanques de almacenaje adyacentes no protegidos ³ o situados detrás de una protección térmica ²	15
Las superficies exteriores de los recipientes de almacenaje a presión adyacente y las instalaciones de procesado	15
Sala de control, talleres de mantenimiento, laboratorios, almacenes, etc.	8
Edificios administrativos	5

¹ Para tanques de hormigón pretensado, se podrán determinar los flujos de radiación máximos por medio de los requisitos recogidos en la Norma.

² Estas instalaciones están protegidas por medio de rociado de agua, ignifugado, pantallas de radiación o sistemas similares.

³ La única protección existente es la distancia.

Cuadro 1. Sistemas de protección activa contra incendios

Sistema de agua contra incendios, los cuales deben disponer como mínimo de dos bombas de agua contra incendios, con fuentes de energía independientes de manera que se pueda suministrar toda la capacidad necesaria, aun en caso de indisponibilidad de una de las bombas. Asimismo, deben ser capaces de suministrar, a la presión de trabajo del sistema, un caudal de agua no inferior al necesario para el incidente singular máximo previsto, más un margen de 100 l/s para las mangueras manuales, durante un periodo no inferior a dos horas, diseñándose en secciones independientes, de manera que en el caso de anularse una de las secciones, no se interrumpa el paso de agua a las demás secciones.

Sistemas de diluvio con el objetivo de refrigerar los tanques de almacenamiento y los equipos expuestos a la radiación térmica. Estos sistemas deben estar diseñados de tal forma que distribuyan el caudal de agua uniformemente sobre las superficies expuestas, evitando así que se alcancen temperaturas locales inadmisiblemente elevadas en las mismas.

Cortinas de agua cuya finalidad es reducir rápidamente la concentración de gas de una nube de vapor de GNL, con el fin de alcanzar el límite inferior de inflamabilidad del gas en el aire. Éstas deben situarse lo más cerca posible de zonas de posibles vertidos y concentración de GNL.

Sistemas de generación de espuma diseñados para reducir el calor de radiación y la velocidad de evaporación debido a los incendios resultantes de fugas e ignición de GNL.

Sistemas de polvo seco a base de bicarbonato sódico o potásico dado que se trata del agente extintor más recomendado para los incendios de GNL.

sustitución de aislamiento térmico deben ser controlados de forma muy rigurosa bajo permisos de trabajo, actividades de mantenimiento, para restablecer las condiciones de seguridad del equipo.

Adicional a todo lo anterior, dado que este tipo de instalaciones están afectadas por el R.D. 1254/1999 de accidentes graves, el resultado del Informe de Seguridad derivado del cumplimiento de dicha legislación, resulta ser una herramienta muy útil a la hora de mejorar el diseño y la seguridad de la planta.

4. Aspectos adicionales para el diseño

El diseño de las instalaciones de GNL, que comprende, entre otros factores, la elección de los materiales adecuados, ubicación y protección de equipos, sistemas contra incendios y el resto de medidas de seguridad que garanticen una adecuada gestión de la seguridad en la planta, debe realizarse, como se ha señalado, de acuerdo a un análisis de riesgo, según los criterios recomendados en las anteriores normas descritas.

Ahora bien, los terminales de recepción de GNL se ven afectados por el R.D 1254/1999, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. Puesto que dichas instalaciones manejan sustancias clasificadas como peligrosas por dicha legislación, el citado Real Decreto les obliga a:

- Adoptar las medidas previstas por la ley y cuantas sean necesarias para prevenir accidentes graves y limitar sus consecuencias para las personas, los bienes y el medio ambiente.
- Colaborar con los órganos competentes y demostrar que se han tomado las medidas necesarias previstas.

Para ello, deben adoptar políticas de prevención de accidentes graves, establecer sistemas de gestión de seguridad, desarrollar planes de autoprotección, elaborar informes de seguridad, etc.

En el Informe de Seguridad se debe incluir la información básica para la elaboración de Planes de Emergencia Exterior, información

estas características se deben considerar los resultados del análisis de riesgos detallado anteriormente. Al estudiarse la disposición, hay que tener en cuenta la dirección de viento predominante y, siempre que sea posible, los edificios y fuentes de ignición no deben quedar a favor de éste ante escapes accidentales y/o programados de sustancias inflamables, situándose lo más lejos posible de las zonas de peligro, suponiendo viento en cualquier dirección.

Las distancias de separación entre instalaciones y /o equipos debe tener en cuenta especialmente:

- Niveles de radiación (derivado del análisis de riesgo y determinación de valores umbrales).
- Contornos de límite inferior de inflamabilidad (derivado del análisis de riesgo y determinación de valores umbrales).
- Ruido.
- Efectos de explosiones (derivado del análisis de riesgo y determinación de valores umbrales).

Sin embargo, las distancias en una planta de GNL pueden reducirse con el diseño adecuado de la protección contra incendios. Las instalaciones de protección contra incendios pueden englobarse en dos categorías distintas:

- Protección activa contra incendios, con la finalidad de dominar, controlar y extinguir posibles incendios, instalando sistemas fijos, tales como sistemas de agua contra incendios, de diluvio, de espuma, etc. (Cuadro 1).
- Protección pasiva contra incendios, disponiendo materiales no inflamables y de baja conductividad térmica, por ejemplo el hormigón, que sean capaces de mantener su integridad durante un tiempo determinado ante un posible fuego en las instalaciones.

Adicionalmente, las líneas de procesos y los depósitos que tienen aislamiento térmico para baja temperatura tienen un grado inherente de protección pasiva frente al fuego, debiéndose prestar especial atención a lugares donde el aislamiento térmico depende de la vida de la planta. La eliminación y la



sobre la política de prevención de accidentes graves y el sistema de gestión de seguridad y un análisis del riesgo, cuyos objetivos son identificar los accidentes graves que puedan ocurrir en el establecimiento, así como el cálculo de las consecuencias y daños producidos por aquellos. Así, dicho análisis del riesgo comprende:

- La identificación de peligros de accidentes graves.
- Cálculo de consecuencias (zonas de riesgo según valores umbrales).
- Cálculo de vulnerabilidad.
- Relación de accidentes graves identificados y
- Medidas de prevención, control y mitigación adoptadas.

Para la identificación de los peligros de accidentes graves de la instalación, se tienen en cuenta las fuentes de peligro presentes, es decir, las condiciones que amenazan el funcionamiento seguro de la planta en todas las fases de operación de la misma (funcionamiento normal, parada, puesta en marcha,

transporte en el exterior, etc.), identificando peligros de accidentes graves vinculados a:

- Operaciones (errores humanos, fallos técnicos y de funcionamiento de los equipos, etc.).
- Sucesos externos (transporte, peligros naturales, etc.).
- Vigilancia (intervenciones no autorizadas).
- Otras causas relacionadas con el diseño, construcción y gestión de la seguridad, como errores de diseño, procedimientos operacionales, etc.

Las instalaciones de GNL deben tener en cuenta, para el diseño y gestión de la seguridad de sus instalaciones, además de las recomendaciones de las normas específicas de GNL, los resultados de este análisis de riesgo. Así, aunque las situaciones accidentales derivadas del estudio se correspondan con episodios que en ocasiones presentan una probabilidad de ocurrencia baja, deben adoptarse las medidas de seguridad necesarias para mitigar las consecuencias de

dichas hipótesis en caso de que se produzcan.

El diseño de las instalaciones de protección contra incendios de un terminal de recepción de GNL, por ejemplo, deberá tener en cuenta no sólo las recomendaciones de las normas para la protección de las instalaciones y equipos, sino las hipótesis accidentales identificadas en los análisis del riesgo realizados. De esta forma, el sistema contra incendios podrá garantizar un suministro suficiente para la refrigeración de los equipos que puedan verse afectados por un incendio.

Por tanto, para la adecuada gestión de la seguridad en las plantas de GNL, tanto desde el punto de vista del diseño como de operación de las mismas, se debe tener en cuenta la numerosa normativa y legislación existente al respecto, con objeto de que ésta responda adecuada y eficazmente a la máxima de minimizar, tanto como sea razonablemente posible, el riesgo para las personas, propiedades y medio ambiente.

IQ

LIBRO



Teoría y práctica de la purificación del agua

Edición: 2000
 España: 55 €
 Resto de Europa: 75 €
 Resto del Mundo: 101 \$
 Páginas: 793
 Referencia: 1300

Pedidos:

Teléfono: 914 402 923
Fax: 914 402 931
Internet: www.alcion.es
Correo: EDITORIAL ALCION
 Medea, 4
 28037 MADRID

PUEDA CONSULTAR EL INDICE EN INTERNET: www.alcion.es

España: 4% IVA incluido