

GN

GAS NATURAL

PLANIFICACIÓN DE LAS EMERGENCIAS EN PLANTAS DE GNL

Las instalaciones de GNL son instalaciones concebidas, diseñadas y gestionadas para ser seguras, así como para reducir lo máximo posible la exposición del personal de las brigadas de emergencia. Para ello es importante realizar la gestión de la seguridad de las instalaciones de forma pormenorizada y realizar una planificación de emergencias exhaustiva, complementada con una formación adecuada del personal. Tal y como demuestran las estadísticas, la industria mundial de GNL ha conseguido un record de seguridad basado fundamentalmente en el análisis de los principales factores de peligro y en el desarrollo de una normativa técnica, unos códigos de diseño, así como la implantación de una política adecuada de gestión de la seguridad. El presente artículo analiza las actuaciones que deben emprenderse en este campo.



**C. Sánchez Romero,
C. León Maestre
y M^a J. Otero Pareja**
Departamento de
Seguridad Industrial
Inarco, S.A.

LA INDUSTRIA DEL GNL ha mejorado continuamente analizando minuciosamente los procesos, las características de la sustancia, así como el reducido número de accidentes importantes ocurridos a lo largo de la historia, mejorando la seguridad de las instalaciones, los medios de transporte y los almacenamientos de GNL, y consiguiendo que actualmente su utilización sea segura.

Todo ello se constata, a modo de ejemplo, en la evolución del diseño de los tanques de almacenamiento: inicialmente se realizaba en contención simple, pasando por los de doble contención y construyendo actualmente los de contención completa o incluso enterrados; la colocación de las bombas primarias en el techo de los tanques, evitando que éstos tengan penetraciones en el fondo, lo que supondrían un riesgo de rotura o fuga de mayores cantidades de GNL; y la mejora en los sistemas de seguridad de los brazos de carga con los sistemas ESD de parada automática.

No obstante, el riesgo cero no existe y las operaciones llevadas a cabo con el gas natural en las instalaciones de recepción, almacenamiento y de regasificación, llevan asociadas un cierto riesgo, ya que el GNL, en determinadas circunstancias presenta la posibilidad de inflamarse, de manera que cualquier fuga o escape que se produzca puede desencadenar un incendio o la generación de una nube de naturaleza inflamable.

La existencia de dichos riesgos conlleva que en las instalaciones de recepción, almacenamiento y de regasificación de GNL, se adopten unos estrictos criterios tanto en el diseño de las instalaciones y equipos, como en la adopción de medidas de seguridad; dotación de medios humanos y materiales de intervención, así como la formación y el mantenimiento que se requiere con objeto de reducir al máximo la probabilidad de ocurrencia de un incidente y a minimizar las consecuencias asociadas a un posible accidente.

Por tanto, las instalaciones de GNL se diseñan y gestionan 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 una serie de actuaciones como son las siguientes:

- Gestión de la seguridad.
- Dotación de medidas de seguridad.



- Formación en emergencias del personal interviniente.
- Actuación segura en emergencias con GNL.

Existe abundante legislación y normativa técnica de referencia en la que se especifican las características de diseño de las instalaciones de GNL, así como en materia de seguridad y protección contra incendios en las mismas. No obstante, los aspectos anteriormente especificados merecen una especial atención, debido, fundamentalmente, a que son aspectos en los que se encuentran involucradas personas, que, en caso de accidente, pueden llegar a enfrentarse a situaciones de emergencia.

Para ello, es necesario que dichas personas participen en todas las actividades anteriormente mencionadas, siendo conscientes de la importancia de realizar una intervención segura desde el punto de vista del daño a las personas.

1. Gestión de la seguridad

Como actuación fundamental de cara a una gestión en emergencias segura y eficaz, las instalaciones de GNL desarrollan un plan de emergencias que define de forma directa y operativa la organización interna de los medios, su movilización y la actuación particular para los escenarios de riesgos previamente identificados en el análisis del riesgo, indicando, por una parte, los medios fijos que actúan y, por otra parte, los medios humanos y materiales móviles que son necesario movilizar para

el control eficaz de las posibles situaciones de riesgo.

Dicha planificación de emergencias desarrollada en instalaciones de GNL contempla una serie de actuaciones que son fundamentales para conseguir unos niveles de seguridad adecuados, adicionalmente al nivel de seguridad de partida adquirido en el diseño y construcción de las instalaciones. Estas actuaciones son las siguientes:

- Identificación y evaluación del riesgo.
- Diagnóstico de la capacidad de respuesta.
- Organización ante la emergencia.
- Establecimiento de procedimientos específicos de actuación ante cada tipo de emergencia.
- Formación del personal interviniente.
- Auditoría integral de seguridad.

1.1. Identificación y evaluación del riesgo

El análisis del riesgo contempla 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.

La identificación y evaluación del riesgo asociado a una planta de GNL tiene por objeto anticiparse a lo que puede ocurrir en una emergencia, basándose en el conocimiento de los potenciales sucesos y sus posibles evoluciones. De esta manera se podrían estimar los medios necesarios

para su control y la minimización de los daños, pudiendo establecer las medidas de protección adecuadas al riesgo, como puede ser el establecimiento de un sistema de refrigeración de determinados equipos que por su ubicación reciban una radiación térmica superior a lo que inicialmente pueden soportar.

No obstante, los principales riesgos que el personal interviniente en una emergencia se puede encontrar son los siguientes:

- Congelación debido a la baja temperatura a la que se almacena el GNL.
- Dispersión y, por tanto, formación de una nube inflamable de GNL.
- Ignición y dellagración de la nube inflamable e incendio del charco de GNL.

Los resultados de esta fase son, fundamentalmente, la localización de los posibles puntos de fuga y formación de charcos de GNL y la determinación de los niveles de radiación que se dan en los alrededores del charco.

1.2. Diagnóstico de la capacidad de respuesta

Una vez analizados los resultados anteriores, las instalaciones de GNL analizan la capacidad de respuesta, donde se evalúa la disponibilidad y la capacidad de los siguientes medios de autoprotección:

- Factor humano, en cuanto al conocimiento del riesgo y el adies-

tramiento para la dirección de la emergencia; la coordinación tanto interna como externa en caso de necesitar ayuda exterior; la intervención a la hora de establecer el equipamiento necesario para asegurar la integridad de las personas; el establecimiento de las distancias de seguridad en la actuación directa sobre la emergencia; el diseño de la estrategia de intervención en función de los equipos afectados, la dirección del viento y la dotación humana presente en el momento de la emergencia; y el análisis de las necesidades de asistencia médica durante una emergencia.

- Medios materiales, para la dirección y coordinación de la emergencia; la intervención y la protección personal ante los diferentes riesgos; el aviso y comunicaciones tanto internas como externas; la recuperación y restauración de los daños sobre el medio ambiente.

1.3 Organización ante la emergencia

Las instalaciones de GNL establecen en su planificación de emergencias una estructura organizativa que garantiza la prestación de los siguientes servicios y misiones generales, a cubrir en cualquier situación de emergencia:

- Dirección y coordinación de actuaciones y recursos movilizados durante la emergencia.
- Intervención directa en el lugar del accidente para el control de la emergencia.
- Control del proceso.
- Asistencia sanitaria y evacuación de afectados.
- Gestión ambiental.
- Apoyo logístico, de forma que se garantice la operatividad de los servicios esenciales durante la emergencia y la consecución de materiales y equipos.
- Relaciones con agentes externos (autoridad, medios de comunicación, etc.).
- Tráfico de vehículos y personas.

1.4 Procedimientos específicos de actuación ante cada tipo de emergencia

Una vez analizadas las posibles situaciones de emergencia y establecidos los medios necesarios, las instalaciones de GNL desarrollan, para cada situación de riesgo que se puede originar, procedimientos específicos

de actuación, en los que se definen las instrucciones precisas, dirigidas a las personas implicadas en la emergencia, con el fin de formar e informar sobre las pautas de actuación concretas para el control seguro de cada tipo de accidente. Se trata, por tanto, de la mejor táctica para conseguir una actuación segura por parte del personal que interviene. Así, los procedimientos específicos de intervención disponen, entre otra, de la siguiente información:

- Riesgos asociados a cada emergencia.
- Equipamiento de protección personal y medios de intervención.
- Instrucciones precisas para la comunicación, control del riesgo y minimización de las consecuencias sobre las personas y el medio ambiente.
- Principales efectos derivados del riesgo y recomendaciones para la aplicación de los primeros auxilios.
- Criterios de notificación al exterior y solicitud de ayuda.

1.5 Implantación y mantenimiento de la planificación de emergencias

En relación al factor humano, y teniendo en cuenta que va a actuar en situaciones de gran estrés, esfuerzo y rapidez de acción, resulta fundamental la garantía de un adecuado conocimiento del riesgo, de los procedimientos específicos de actuación y de la capacidad de respuesta segura. Para ello, las instalaciones de GNL diseñan e implantan un completo plan de formación y adiestramiento periódico, donde juegan un papel relevante los simulacros de emergencia, que permiten poner a prueba los medios de autoprotección.

1.6 Auditoría integral de seguridad

Las auditorías integrales de seguridad se basan, en primer lugar, en la realización de un análisis de la legislación vigente aplicable a las instalaciones, así como de normativa de referencia de reconocido prestigio internacional para aspectos no cubiertos por dicha legislación, en lo referente a las condiciones de seguridad recomendables para los equipos e instalaciones de las plantas de GNL.

En segundo lugar, los resultados de este análisis de la legislación son trasladados a listas de chequeo y posteriormente verificados in situ.

En particular, la auditoría integral de seguridad cubre los siguientes aspectos:

- Análisis de la seguridad del diseño, construcción y funcionamiento de las instalaciones.
- Verificación del cumplimiento de las instalaciones con los requisitos establecidos en la reglamentación y normativa de aplicación.
- Verificación de la adopción de las medidas de seguridad establecidas en los análisis de riesgos realizados sobre las instalaciones.
- Verificación de que la planta dispone de los documentos que acreditan la tramitación del proyecto ante la Administración.
- Estudio y análisis de las dotaciones del material e instalaciones contra incendios, así como de la estructura organizativa en situaciones de crisis.

Como resultado de la auditoría se establecen las recomendaciones y medidas complementarias a adoptar en las instalaciones como garantía de seguridad para el correcto funcionamiento de las mismas.

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.

EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE GNL DEBE REALIZARSE DE ACUERDO A UN ANÁLISIS DE RIESGO

2. Dotación de medidas de seguridad

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.

Entre otras, las medidas de seguridad a considerar y que habitualmente están adoptadas en este tipo de plantas son:

- Distancia de separación entre equipos e instalaciones.
- Parada de la descarga de buques ante desconexión del brazo.
- Disposición de canaletas de recogida y conducción de derrames junto a las líneas de trasiego, pantalán y tanques.
- Detectores de frío, ultravioleta, humos.
- Válvulas de corte automático dispuestas por tramos de tuberías.
- Instalaciones fijas contra incendios.

Entre estas últimas y establecidas por la normativa de referencia aplicable, las plantas de GNL disponen de instalaciones fijas contra incendios tales como:

- Sistema de agua contra incendios, los cuales disponen como mínimo de dos bombas de agua contra incendios, con fuentes de energía independientes de manera que se pueda suministrar toda la capacidad necesaria, aún en caso de indisponibilidad de una de las bombas.

Asimismo, son 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 mangue-



ras manuales, durante un periodo no inferior a 2 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 están diseñados de tal forma que distribuyen 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. Estas se sitúan 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.

3. Formación en emergencias del personal interviniente

Teniendo en cuenta las características propias del GNL, así como los riesgos asociados a las operaciones en las que hay presencia de GNL, realizadas en este tipo de instalaciones y las posibles evoluciones de los sucesos, la nula efectividad de utilizar agua de forma directa sobre los

derrames, la actuación de los sistemas fijos de detección y extinción son fundamentales para una rápida detección de la fuga o incendio y la subsiguiente activación de los sistemas fijos, la mayoría de los cuales tienen como objetivo la protección de equipos cercanos frente a la radiación térmica y, por tanto, no tienen como objetivo la extinción directa del mismo.

La extinción del incendio se realiza mediante la combinación de la aplicación de espuma de alta expansión y la aplicación de polvo químico seco, actuaciones que se llevan a cabo mediante la supervisión y actuación directa de las brigadas de emergencia disponibles en las instalaciones.

Es por ello que el personal integrante de las brigadas de emergencia recibe una formación específica, tanto teórica como práctica, impartida en centros especializados. Uno de estos centros es el desarrollado por BP junto con la Texas A&M University Emergency Training Services Institute (ESTI), en la cual se han construido una serie de balsas de distintos tamaños, así como ejercicios específicos para la simulación de fugas de GNL desde conducciones.

El objeto es disponer de diferentes ejercicios de simulación en los que entrenar la actuación ante las situaciones de emergencia que son más probables en la operación normal de las instalaciones de GNL, es decir, los incendios en balsas y el incendio de charcos de GNL por fugas desde tuberías en zonas en las que los derrames no sean conducidos a través de las canaletas hasta las balsas.

De esta forma, la formación del personal de brigadas se realiza para

LOS VALORES DE RADIACIÓN PROCEDENTES DE UN INCENDIO DE GNL SON HASTA DOS VECES SUPERIORES A LOS DE OTROS HIDROCARBUROS

diferentes escenarios de incendios de GNL, incluso se realizan prácticas nocturnas, hecho que puede condicionar de manera importante la actuación.

Por tanto, el personal perteneciente a brigadas de emergencia de instalaciones de GNL recibe una formación específica para la intervención en emergencias con GNL que, a su vez, es completada con la realización de forma periódica de simulacros de emergencias en las propias instalaciones con objeto de conseguir un conocimiento y una familiarización exhaustiva con los medios y las instalaciones en las que trabajan.

4. Actuación segura en emergencias con GNL

Cuando ocurre una fuga accidental de GNL, este se evapora al entrar en contacto con el ambiente y al ser más ligero que el aire asciende rápidamente y se dispersa en la dirección del viento dominante. Mientras que el GNL se evapora, la humedad ambiente condensa y se forma una intensa niebla.

Adicionalmente, si la mezcla del gas en el aire se encuentra en concentración entre el 5 y el 15 por ciento y encuentra un punto de ignición, la nube inflamable se incendiará, creando un frente de llama que se desplaza desde el punto de ignición hasta el charco de GNL formado durante la fuga, provocándose un intenso fuego de características similares a las de un incendio de hidrocarburos como la gasolina. Sin embargo, existen algunas diferencias en la actuación y en los medios a utilizar, debido fundamentalmente a los valores de radiación procedentes de un incendio de GNL que son hasta dos veces superiores a los de otros hidrocarburos.

Esto último provoca que el acercamiento del personal integrante de



las brigadas de emergencia se complica y sea posible a distancias aun alejadas del propio incendio. Asimismo, en el tiempo que transcurre desde la fuga hasta la posible ignición de la nube inflamable, las instalaciones de GNL disponen de sistemas de detección (de temperatura, de gases y de llama) que actúan rápidamente de forma que cubren las distintas características de la sustancia fugada y tienen como finalidad la activación de los sistemas de refrigeración de equipos de la zona. Adicionalmente, dependiendo de la zona en la que tenga lugar el accidente, pueden activarse cortinas de agua que impidan el paso de la nube inflamable hacia determinadas zonas. El agua nunca es aplicada directamente al GNL líquido, puesto que aumentaría la evaporación de GNL y, por tanto, el aporte de gas a la nube inflamable.

Asimismo, tal y como establece la normativa técnica aplicable, las instalaciones de GNL disponen de sistemas de canaleras de recogida de derrames de GNL, el cual es conducido hasta unas balsas de gran profundidad y superficie reducida, diseñadas para contener un derrame característico y reducir tanto la evaporación, como la superficie del posible incendio, amén de localizar dicho incendio en un lugar previamente analizado y lo suficientemente alejado de instalaciones y equipos importantes.

En dichas balsas se aplica espuma de alta expansión sobre el derrame, con objeto de dificultar la evaporación y reducir la posibilidad de que se incendie o, en caso de incendio, ayudar a controlar la velocidad de

combustión. En caso de incendio, adicionalmente, debe aplicarse polvo químico para conseguir la extinción.

Esta fase es fundamental, ya que la aplicación de espuma ayuda a controlar la evaporación o el incendio del charco de GNL, permitiendo reducir, en caso de incendio, los niveles de radiación térmica emitidos desde el mismo, momento a partir del cual puede realizarse el acercamiento por parte del personal de las brigadas de emergencia interviniente para la aplicación de polvo químico seco para la extinción de las llamas. Las brigadas de emergencia deben permanecer alertas hasta la evaporación total del GNL para evitar la re-ignición o, en el caso que ocurra, volver a extinguir las llamas.

Por tanto, la mayoría de los derrames de GNL pueden ser prácticamente confinados y controlados sin la necesidad de una actuación ofensiva por parte de las brigadas de emergencia, reduciendo así la po-

Los factores que influyen a la efectividad del sistema de espuma, entre otros, son:

- Tamaño del charco de GNL.
- Caudal de aplicación de la espuma.
- Características de la espuma.
- Proporción de espuma.
- Generador de espuma.
- Estabilidad de la burbuja formada.
- Profundidad de la capa de espuma.
- Capacidad de rescisión del sistema.
- Condiciones ambientales.

sibilidad de causar daños sobre los mismos. Esto permite realizar una intervención previamente planificada en cuanto al despliegue y posicionamiento de los medios, así como la utilización de una estrategia poco arriesgada.

No obstante, en caso de que el derrame tenga lugar en una zona dónde no existe la posibilidad de la recogida mediante canaletas hasta una balsa de recogida, lo cual reduciría la superficie de evaporación, la forma de actuar se ve condicionada, entre otros aspectos, por las dimensiones adquiridas por el charco y por las condiciones ambientales. En esta situación es importante disponer de equipos portátiles para la aplicación de espuma de alta expansión, siendo ésta aplicada durante el tiempo necesario para que el GNL se evapore o se consuma en el incendio controlado del mismo.

5. Conclusiones

Las instalaciones de GNL son instalaciones concebidas, diseñadas y ges-

tionadas para ser seguras, disponiendo de sistemas de detección e intervención redundantes, con objeto de evitar la propagación de un incendio de GNL a otros equipos de la instalación, así como reducir lo máximo posible la exposición del personal de las brigadas de emergencia.

Para ello es importante realizar la gestión de la seguridad de las instalaciones de forma exhaustiva y contando con la participación de personal cualificado y con experiencia en plantas de GNL, incluyendo dentro de las actividades de la misma los aspectos siguientes:

- Identificación y evaluación del riesgo.
- Diagnóstico de la capacidad de respuesta.
- Organización ante la emergencia.
- Establecimiento de procedimientos específicos de actuación ante cada tipo de emergencia.
- Formación del personal interviniente.

- Auditoría integral de seguridad.

Por otra parte, una planificación de emergencias exhaustiva complementada con una formación adecuada del personal, tanto teórica como práctica, así como la realización de simulacros de forma periódica sobre hipótesis sobre las que previamente se ha desarrollado un procedimiento específico de actuación, son acciones fundamentales, encaminadas a una actuación controlada y segura.

Dado que una fuga de GNL se da por finalizada cuando se evapora todo el charco formado, la actuación en emergencias requiere de una supervisión y un control exhaustivos, así como una actuación, en caso de cantidad fugada importante, extensa y exigente en cuanto a la atención requerida y a los conocimientos necesarios por parte del personal interviniente.