

OMI 1.35 .Simulador de la manipulación de la carga y el lastre de los buques tanque para el transporte de gas licuado GLP

Introducción a los buques tanque GLP

¿Qué es el GLP?

El **Gas Licuado de Petróleo (GLP)** es una mezcla de hidrocarburos livianos, principalmente **propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10})**, que pueden almacenarse y transportarse en estado líquido cuando se someten a presión y/o bajas temperaturas.

Una característica fundamental para las operaciones a bordo es que, al liberarse la presión, el GLP líquido puede **vaporizar rápidamente**, generando un volumen de vapor mucho mayor que el del líquido original.

Por esta razón, los buques tanque GLP están diseñados con sistemas específicos para:

- Contener la carga.
- Controlar presión y temperatura.
- Transferir líquido y vapor.
- Evitar fugas.
- Controlar atmósferas peligrosas.
- Mantener condiciones seguras durante carga y descarga.

Propano, butano y mezclas

Propano

El propano es uno de los principales componentes del GLP.

Características operacionales:

- Fórmula química: **C_3H_8** .
- Muy volátil.
- Tiene un punto de ebullición muy bajo, aproximadamente **-42 °C** a presión atmosférica.
- Produce vapores inflamables.

- Se utiliza ampliamente como combustible y como carga marítima.

Butano

El butano también es un componente importante del GLP.

Características:

- Fórmula química: **C₄H₁₀**.
- Menor volatilidad que el propano.
- Punto de ebullición aproximado: **-0,5 °C** para el n-butano.
- Sus vapores también son inflamables.

Mezclas

El GLP comercial puede contener diferentes proporciones de propano y butano. La composición influye directamente en:

Composición → presión de vapor → temperatura → comportamiento durante la carga y descarga.

Por eso, en una operación de carga de GLP es fundamental conocer **qué producto se está transportando y sus características específicas**.

Propiedades físicas y químicas relevantes

Para un operador de buque tanque GLP, las propiedades más importantes son:

Propiedad	Importancia operacional
Punto de ebullición	Determina la facilidad de vaporización
Presión de vapor	Influye en la presión de los tanques
Densidad	Permite determinar cantidades y comportamiento del producto
Inflamabilidad	Determina el riesgo de incendio/explosión
Temperatura	Afecta presión y estado físico

Propiedad	Importancia operacional
Expansión por vaporización	Fundamental ante fugas
Temperatura de congelación	Riesgo para personas y equipos
Toxicidad/asfixia	Riesgo por exposición a concentraciones elevadas

Un concepto fundamental

El GLP **no se comporta como un líquido convencional**.

Si se produce una fuga de GLP líquido, parte del producto puede vaporizarse rápidamente. Esto puede generar:

Fuga → vaporización rápida → formación de nube de vapor → posible atmósfera inflamable → riesgo de incendio/explosión.

Inflamabilidad y límites de explosividad

El GLP es altamente inflamable.

Para que exista combustión deben coincidir tres elementos:

Combustible + oxígeno + fuente de ignición

Esto se representa mediante el conocido **triángulo del fuego**.

El concepto de **Límite Inferior de Inflamabilidad (LFL)** indica la concentración mínima aproximada de vapor combustible en aire capaz de formar una mezcla inflamable.

El **Límite Superior de Inflamabilidad (UFL)** indica la concentración máxima aproximada.

Para mezclas de GLP los valores dependen de la composición. Como referencia:

- **Propano:** aproximadamente **2,1 % a 9,5 % en volumen en aire**.
- **n-butano:** aproximadamente **1,8 % a 8,4 % en volumen en aire**.

Estos valores deben considerarse **referenciales**, ya que para una operación real se deben utilizar los datos específicos del producto y las instrucciones de seguridad correspondientes.

Importancia para el simulador

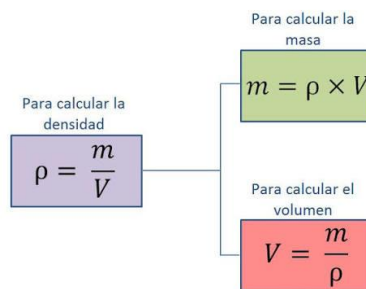
El alumno debe comprender que una atmósfera puede pasar rápidamente de una condición aparentemente segura a una condición peligrosa ante: Identificar correctamente los circuitos comprometidos en la operación de carga/descarga

- Fugas.
- Ventilación inadecuada.
- Apertura incorrecta de válvulas.
- Fallas de conexiones.
- Operaciones de transferencia.
- Liberación de vapor.

Densidad del líquido y del vapor

La densidad es fundamental para comprender el comportamiento del GLP.

En GLP es importante porque permite relacionar **cantidad de producto, volumen del tanque y peso de la carga**. Además, la densidad del líquido y del vapor es diferente y varía con la temperatura y la presión. Y se relacionan con la siguiente formula.



Ejemplo práctico

Supongamos que un tanque recibe **100 m³ de GLP líquido** y, para simplificar, consideramos una densidad de **0,50 t/m³**:

Masa = densidad × volumen

Masa = $0,50 \times 100 = 50$ toneladas

Por lo tanto, esos **100 m³ de GLP** representarían aproximadamente **50 toneladas**

En general, el **GLP líquido es menos denso que el agua**, por lo que normalmente flota sobre ella.

Sin embargo, **los vapores de propano y butano son más pesados que el aire**.

Esto tiene una consecuencia operacional muy importante:

Ante una fuga, el vapor puede desplazarse y acumularse en zonas bajas, sentinas, drenajes, espacios confinados o sectores con ventilación deficiente.

Por eso, durante una emergencia por fuga de GLP no basta con observar únicamente el punto donde se produjo la fuga.

Presión y temperatura

En un tanque de GLP existe una relación muy estrecha entre **temperatura y presión de vapor**.

En términos generales:

Aumento de temperatura → aumento de presión de vapor.

Disminución de temperatura → disminución de presión de vapor.

Esto es especialmente importante durante:

- Carga.
- Descarga.
- Enfriamiento de tanques.
- Calentamiento de la carga.
- Permanencia del buque en puerto.
- Navegación.
- Operaciones de re licuefacción.

Ejemplo práctico

Si un tanque contiene GLP líquido y aumenta la temperatura de la carga:

Temperatura ↑ → vaporización ↑ → presión del tanque ↑

Por ello, los sistemas de control de presión, válvulas de alivio y manejo de vapores son elementos críticos del buque.

Riesgo de toxicidad

El GLP no se considera principalmente un producto altamente tóxico en el mismo sentido que determinados gases venenosos, pero **la exposición a concentraciones elevadas puede provocar efectos peligrosos.**

El principal riesgo para las personas suele estar asociado a:

- Desplazamiento del oxígeno.
- Inhalación de altas concentraciones.
- Atmósferas deficientes en oxígeno.
- Exposición en espacios confinados.

Por este motivo, **nunca se debe ingresar a un espacio potencialmente contaminado por GLP sin aplicar los procedimientos de entrada a espacios peligrosos y las mediciones atmosféricas correspondientes.**

Riesgo de asfixia

Este es uno de los conceptos más importantes que debe dominar el alumno.

Los vapores de GLP pueden desplazar el aire respirable.

Por ejemplo:

Fuga de GLP → acumulación de vapor → desplazamiento del oxígeno → atmósfera deficiente en O₂ → riesgo de pérdida de conciencia/asfixia.

El riesgo aumenta especialmente en:

- Sentinas.
- Espacios confinados.

- Drenajes.
- Cubiertas con poca ventilación.
- Compartimientos cerrados.
- Sectores bajos del buque.

Por ello son esenciales los **detectores de gases, medidores de oxígeno, ventilación y procedimientos de seguridad.**

Riesgo de congelación

El contacto con **GLP líquido o con superficies extremadamente frías** puede provocar lesiones por frío.

Esto ocurre porque, cuando el GLP líquido pasa rápidamente a vapor, absorbe una importante cantidad de calor de su entorno.

Por esta razón, una fuga de GLP líquido puede producir:

- Enfriamiento intenso de superficies.
- Lesiones por frío en la piel.
- Daños en tejidos.
- Fragilización de determinados materiales.

Regla operacional fundamental

Nunca debe tocarse directamente una fuga, tubería o componente que pueda estar a temperaturas criogénicas o muy bajas.

Los procedimientos del buque deben establecer los equipos de protección y las acciones específicas frente a estas situaciones.

Concepto clave para el alumno OMI 1.35

Al terminar esta materia, el alumno debería poder explicar la siguiente cadena:

GLP líquido → vaporización → formación de vapor → comportamiento según densidad → posibilidad de acumulación → riesgo de inflamabilidad/explosión → riesgo para las personas y el buque.

Y comprender que:

Las propiedades físicas y químicas del GLP determinan directamente la forma en que debe ser cargado, descargado, almacenado, controlado y manipulado a bordo de un buque tanque.

Preguntas de comprobación

1. ¿Qué componentes principales forman el GLP?
2. ¿Cuál es la principal diferencia operacional entre propano y butano?
3. ¿Qué ocurre con la presión del tanque cuando aumenta la temperatura de la carga?
4. ¿Por qué los vapores de GLP pueden acumularse en zonas bajas?
5. ¿Qué significan LFL y UFL?
6. ¿Por qué una fuga de GLP líquido puede producir lesiones por frío?
7. ¿Por qué una fuga de GLP puede generar riesgo de asfixia?
8. ¿Qué condiciones son necesarias para que se produzca una combustión?
9. ¿Por qué la composición del GLP es importante para las operaciones de carga?
10. **En un simulador, si aumenta progresivamente la temperatura de un tanque cargado con GLP, ¿qué parámetros debería vigilar el operador y qué acciones preventivas debería considerar?**

Características de un buque gasero

Tipos de buques para GLP

Los buques gaseros GLP se pueden clasificar principalmente según **la forma en que mantienen el producto en estado líquido.**

A. Buques presurizados

Transportan el GLP principalmente mediante **presión**, manteniendo el producto licuado a una temperatura baja cercana a la ambiental.

Características:

- Tanques diseñados para soportar presiones elevadas.
- Generalmente utilizados para viajes relativamente cortos.
- Pueden transportar propano, butano o mezclas.
- No dependen necesariamente de un sistema completo de refrigeración para mantener la carga líquida.

B. Buques semirrefrigerados

Utilizan una combinación de:

Presión + refrigeración

Permiten transportar GLP a temperaturas inferiores a la ambiente y a presiones menores que los buques totalmente presurizados.

C. Buques totalmente refrigerados

Transportan el producto a temperaturas suficientemente bajas para mantenerlo líquido a una presión cercana a la atmosférica.

Son utilizados principalmente para:

- Grandes cantidades de carga.
- Transporte de larga distancia.
- Terminales especializadas.

Concepto importante

El alumno debe comprender que:

La condición de la carga determina directamente las exigencias del sistema de contención y de los equipos del buque.

Tanques de carga

Los **tanques de carga** son los espacios destinados específicamente a contener el GLP.

Su diseño depende del tipo de buque y de las características del producto.

Los principales sistemas de contención utilizados en buques gaseros incluyen:

- Tanques independientes.
- Sistemas de membrana.
- Otros sistemas especializados de contención.

En el caso de determinados buques GLP, los tanques independientes son muy comunes.

¿Qué debe controlar el operador?

Durante una operación de carga o descarga se deben vigilar, entre otros:

- Nivel de líquido.
- Presión.
- Temperatura.
- Cantidad de carga.
- Estado de las válvulas.
- Presencia de alarmas.
- Condiciones de los sistemas de vapor.

En el simulador

El alumno debería ser capaz de identificar visualmente:

Tanque → nivel → presión → temperatura → válvulas → líneas asociadas.

Tanques de lastre

Los **tanques de lastre** contienen agua de mar y permiten mantener condiciones adecuadas de:

- Calado.
- Estabilidad.
- Asiento (*trim*).
- Distribución de pesos.
- Seguridad durante la navegación y las operaciones de carga.

Durante una operación de carga, el agua de lastre puede ser transferida entre diferentes tanques para compensar los cambios de peso y mantener una condición segura del buque.

Relación carga–lastre

A medida que se introduce GLP:

Peso de carga ↑ → desplazamiento de pesos → cambios de calado/asiento → necesidad de controlar la condición del buque.

Por eso, carga y lastre deben considerarse como **operaciones relacionadas**.

2.5 Cofferdams y espacios de separación

Los **cofferdams** son espacios de separación que ayudan a mantener una distancia física entre determinados espacios o sistemas incompatibles.

En un gasero tienen especial importancia para:

- Separar espacios de carga de otros espacios.
- Reducir el riesgo de contaminación entre compartimientos.
- Crear una barrera física.
- Facilitar la inspección y detección de posibles fugas.

Estos espacios no deben considerarse simplemente como "espacios vacíos".

Su función está relacionada directamente con la **segregación y seguridad del buque**.

Líneas de carga y descarga

Las líneas de carga permiten transportar el GLP entre:

Terminal ↔ Manifold ↔ Tuberías del buque ↔ Tanques de carga

Durante la descarga, el flujo se produce en sentido contrario.

Una configuración simplificada sería:

Tanque → bomba → línea de carga → manifold → terminal

Durante la carga:

Terminal → manifold → línea de carga → tanque

Además del líquido, algunos buques disponen de sistemas para manejar el **retorno de vapor**, lo que permite controlar las condiciones de presión durante la transferencia.

Manifold

El **manifold** es uno de los puntos más importantes durante las operaciones de transferencia.

Es la zona donde se conectan las tuberías del buque con las conexiones de la terminal mediante brazos de carga o mangueras apropiadas.

Una representación simplificada:

Terminal



Brazo/manguera de transferencia



MANIFOLD DEL BUQUE



Líneas de carga



Tanques

El manifold debe ser controlado cuidadosamente debido a que concentra:

- Conexiones.
- Válvulas.
- Líneas de líquido.
- Líneas de vapor.
- Instrumentación.
- Sistemas de seguridad.

Antes de iniciar una transferencia

Debe verificarse, según los procedimientos aplicables:

- Correcta identificación de las líneas.
- Posición de válvulas.
- Conexiones adecuadas.
- Comunicación buque-terminal.
- Condiciones de presión.
- Sistemas de emergencia.
- Equipos de detección y protección.

Bombas de carga

Las **bombas de carga** permiten transferir el GLP líquido desde los tanques hacia las líneas de descarga.

En una descarga típica:

Tanque → bomba → tubería → manifold → terminal

El operador debe controlar:

- Presión de descarga.
- Caudal.
- Velocidad de la bomba.
- Nivel del tanque.
- Condición de las válvulas.
- Alarmas.
- Presión de succión.

Situación importante

Una bomba de carga no debe operar fuera de las condiciones establecidas por el fabricante y los procedimientos del buque.

El operador debe evitar situaciones como:

- Falta de líquido en la succión.
- Cavitación.
- Sobrepresión.
- Operación con válvulas incorrectamente configuradas.

Sistemas de tuberías y válvulas

Las tuberías permiten transportar el GLP entre los diferentes sistemas.

En un buque GLP podemos encontrar, según el diseño:

- Líneas de líquido.
- Líneas de vapor.
- Líneas de retorno de vapor.
- Líneas de carga.
- Líneas de descarga.
- Líneas asociadas a sistemas de refrigeración o reliquefacción.
- Líneas de drenaje y purga.

Válvulas

Las válvulas permiten:

- Abrir o cerrar el flujo.
- Regular determinadas condiciones.
- Aislar equipos.
- Separar sistemas.
- Permitir operaciones de mantenimiento.

Para el alumno es fundamental comprender que **una válvula mal posicionada puede provocar una condición operacional peligrosa.**

Ejemplo

Si una bomba comienza a operar y la válvula de descarga permanece cerrada:

Bomba funcionando + descarga cerrada → aumento de presión → condición anormal → posible daño al sistema.

Por eso, antes de poner en marcha equipos de transferencia se debe comprobar la configuración de la línea.

Sistemas de ventilación

La ventilación tiene una función esencial en los espacios donde pueda existir presencia de vapores peligrosos.

Su objetivo puede incluir:

- Evitar acumulación de gases.
- Mantener condiciones atmosféricas adecuadas.
- Reducir concentraciones peligrosas.
- Proteger al personal.
- Mantener condiciones seguras en determinados espacios.

Sin embargo, **ventilar no significa simplemente abrir puertas o escotillas.**

Los sistemas de ventilación deben utilizarse conforme al diseño del buque y a los procedimientos establecidos, considerando la posibilidad de dispersar vapores hacia otras zonas.

Sistemas de alivio de presión

Los tanques de carga cuentan con sistemas destinados a protegerlos frente a condiciones de presión excesiva o, según el sistema, vacío.

Su objetivo principal es evitar que el tanque sea sometido a condiciones que excedan los límites de diseño.

Una situación típica:

Aumento de temperatura → aumento de vaporización → aumento de presión

Si la presión alcanza el valor establecido para la protección correspondiente, actúan los sistemas de alivio conforme a su diseño.

Importante

El sistema de alivio de presión es un **sistema de protección**, no un sistema destinado a utilizarse como método normal de control operacional.

La presión debe mantenerse dentro de los límites establecidos mediante:

- Control de temperatura.
- Control de transferencia.
- Manejo de vapores.
- Refrigeración/re licuefacción cuando corresponda.
- Procedimientos operacionales.

Integración de los sistemas

Para que el alumno comprenda el funcionamiento global del buque, podemos resumirlo así:

Durante la carga

Terminal



Manifold



Línea de carga



Válvulas



Tanques de carga



Control de presión y temperatura

Mientras tanto:

Sistema de lastre → mantiene la condición de estabilidad/asiento del buque.

Durante la descarga

Tanque de carga



Bomba



Línea de descarga



Manifold



Terminal

Simultáneamente:

Sistema de lastre → ajusta la condición del buque conforme cambia la distribución de pesos

Circuitos de líquido y vapor

Un buque GLP dispone normalmente de **dos circuitos fundamentales**:

Circuito de líquido

Transporta el GLP en estado líquido.

Durante la descarga, el recorrido simplificado puede ser:

Tanque → bomba de carga → línea de líquido → manifold → terminal

Durante la carga:

Terminal → manifold → línea de líquido → tanque

Circuito de vapor

Transporta los vapores generados o desplazados durante las operaciones.

Un esquema simplificado puede ser:

Tanque → línea de vapor → sistema de manejo de vapores

Dependiendo de la configuración del buque, el vapor puede:

- Retornar a tierra.
- Ser comprimido.
- Ser condensado mediante re-licuefacción.
- Ser utilizado en determinados procesos del sistema.
- Ser gestionado mediante otros sistemas aprobados.

Concepto fundamental

El alumno debe entender que **líquido y vapor están estrechamente relacionados**.

Cuando cambia la temperatura o presión:

GLP líquido ↔ vapor

Este equilibrio determina gran parte del comportamiento operacional del sistema.

3.3 Bombas de carga

Las bombas de carga se utilizan principalmente para **transferir el GLP líquido desde los tanques hacia las líneas de descarga.**

Esquema básico:

Tanque → bomba → línea → manifold → terminal

Durante el funcionamiento se deben vigilar:

- Presión de succión.
- Presión de descarga.
- Caudal.
- Nivel del tanque.
- Temperatura.
- Vibraciones o indicaciones anormales.
- Estado de las válvulas.

¿Qué ocurre si la bomba no tiene suficiente líquido disponible?

Puede producirse una condición de operación anormal, incluyendo **cavitación**, que puede dañar la bomba y reducir su capacidad de transferencia.

Por ello:

El operador debe mantener condiciones adecuadas de alimentación de la bomba durante toda la operación.

Compresores

Los compresores tienen una función diferente a las bombas.

Bomba

Principalmente mueve **líquido**.

Compresor

Mueve o comprime **gas/vapor**.

En los sistemas de GLP pueden utilizarse para:

- Transferencia de vapor.
- Recuperación de vapores.
- Facilitar determinadas operaciones de carga o descarga.
- Controlar determinadas condiciones de presión.
- Apoyar el proceso de re licuefacción, según diseño.

Una idea sencilla para el alumno:

Bomba = GLP líquido

Compresor = vapor de GLP

Vaporizadores y recalentadores

Dependiendo de la configuración del buque y del tipo de operación, pueden existir equipos destinados a **vaporizar o recalentar el producto**.

Vaporizador

Convierte GLP líquido en vapor mediante aporte de calor.

Líquido → aporte de calor → vapor

Recalentador

Eleva la temperatura de un vapor o fluido para alcanzar las condiciones requeridas por el proceso.

Estos equipos deben ser operados respetando estrictamente:

- Límites de temperatura.
- Presiones permitidas.
- Caudales.
- Condiciones del fabricante.
- Procedimientos del buque.

3.6 Sistemas de re licuefacción

Este sistema es especialmente importante en buques que transportan GLP bajo condiciones refrigeradas.

Durante el transporte puede producirse evaporación de parte de la carga debido al ingreso de calor al tanque.

Ese vapor puede ser procesado mediante el sistema de re licuefacción.

Un esquema simplificado sería:

Vapor del tanque

↓

Compresor

↓

Condensación/refrigeración

↓

GLP líquido

↓

Retorno al tanque

De esta manera se puede:

- Recuperar vapor.
- Reducir la presión del tanque.
- Mantener condiciones adecuadas de la carga.
- Reducir pérdidas de producto.

Concepto importante

La re licuefacción permite transformar nuevamente el vapor en líquido.

Vapor → compresión + enfriamiento → líquido

Válvulas de aislamiento

Las válvulas de aislamiento permiten **separar físicamente diferentes partes del sistema**.

Se utilizan para:

- Aislar equipos.
- Aislar tanques.
- Separar líneas.
- Realizar mantenimiento.
- Controlar el recorrido del producto.
- Responder ante emergencias.

Ejemplo

Supongamos que existe una fuga en una sección determinada de una línea.

Una acción posible, de acuerdo con el procedimiento de emergencia correspondiente, es:

Identificar fuga → aislar sección → detener transferencia → controlar condición → aplicar procedimiento de emergencia.

Por eso el conocimiento de la ubicación y función de las válvulas es fundamental.

Válvulas de seguridad y alivio

Estas válvulas tienen una función de **protección del sistema frente a condiciones de presión que excedan los límites establecidos**.

No deben confundirse con las válvulas normales de operación.

Válvula de aislamiento

Permite abrir/cerrar o aislar una sección del sistema.

Válvula de alivio

Protege el sistema frente a una condición de presión excesiva, actuando conforme a su configuración y ajuste.

El alumno debe conocer:

- Ubicación.
- Función.
- Presión de ajuste según documentación aplicable.
- Sistema al que protege.
- Procedimientos asociados.

Instrumentación de presión

Los instrumentos de presión permiten conocer el estado del sistema.

Durante una operación de carga o descarga, el operador puede observar:

- Presión del tanque.
- Presión de succión.
- Presión de descarga.
- Presión de las líneas.
- Presión asociada a sistemas de vapor.

Ejemplo

Si durante la descarga:

Presión de descarga aumenta anormalmente

el operador debe detenerse y analizar la situación.

Posibles elementos a comprobar, según el sistema:

- Posición de válvulas.
- Condición de la línea.
- Caudal.
- Estado de la bomba.
- Condiciones de la terminal.
- Presión aguas abajo.

Instrumentación de temperatura

La temperatura tiene una relación directa con la presión de vapor del GLP.

En términos generales:

Temperatura ↑ → tendencia a aumentar la presión de vapor

Por ello se debe controlar la temperatura:

- En los tanques.
- En líneas donde corresponda.
- En sistemas de refrigeración.
- En equipos de proceso.

Una variación anormal de temperatura puede ser una señal temprana de una condición operacional que requiere atención.

Instrumentación de nivel

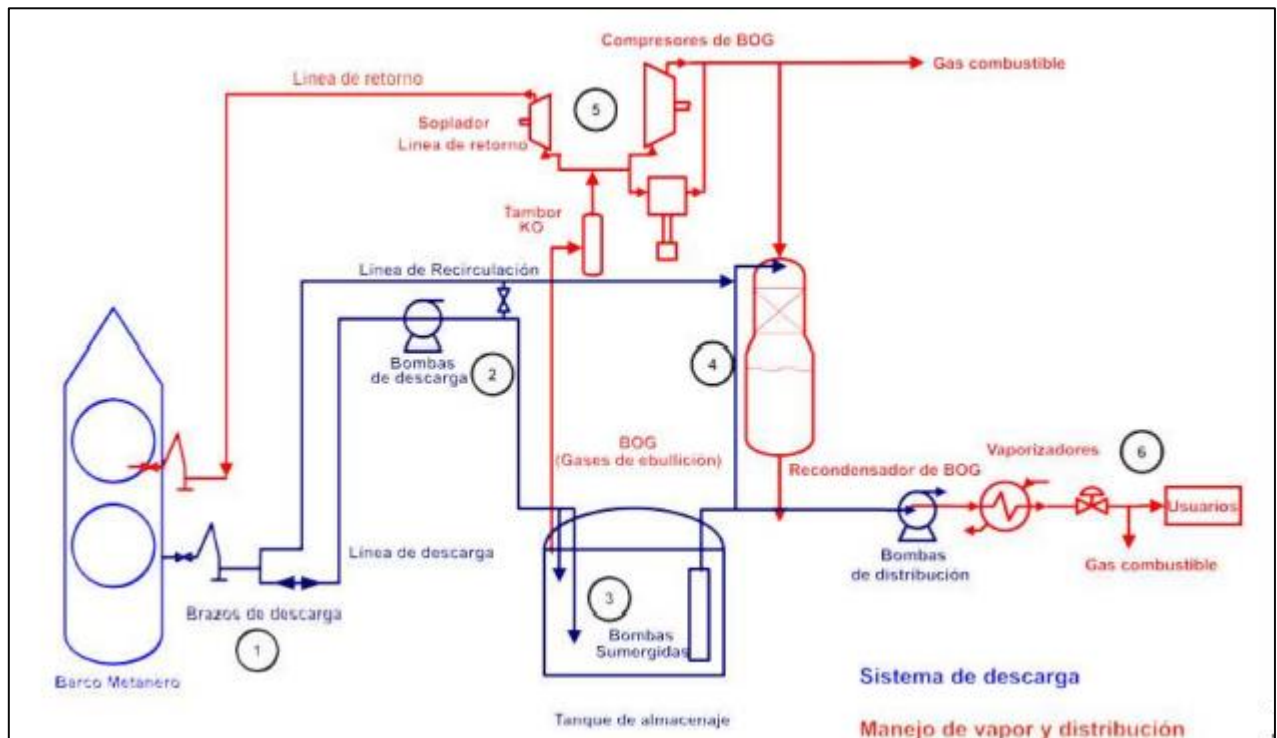
Los indicadores de nivel permiten determinar cuánto producto existe dentro del tanque.

Son fundamentales para:

- Controlar la cantidad cargada.
- Evitar sobrellenado.
- Planificar la descarga.
- Controlar la distribución de carga.
- Mantener condiciones operacionales seguras.

El operador debe considerar que **nivel no significa simplemente "cantidad"**: también tiene relación con el espacio disponible para vapor dentro del tanque y, por tanto, con las condiciones de presión.

Esquema básico del proceso (GNL)



Carga de GNL desde barco.

Un barco metanero se aproxima a puerto regularmente cada 20 días para descargar GNL a la planta (el ciclo dependerá de los requerimientos). En puerto, están los brazos de descarga (1) que tienen dos funciones, descargar GNL desde el barco y retornar GN evaporado para así suplir el vacío por la descarga dentro del barco. Finalmente, el GNL es impulsado por las bombas de descarga (2) hacia el estanque metanero (3) en donde será almacenado para su posterior proceso. Debido al gran volumen a transportar, este proceso tarda aproximadamente 12 horas en concluir. El proceso de regasificación comienza con el tanque de almacenamiento en donde el GNL es extraído mediante las bombas principales sumergidas (3). Ahí, la presión del fluido de trabajo es aumentada para ser derivado al condensador (4) para ser usado como flujo frío. Por otra parte, debido a la ganancia de calor que el estanque experimenta, parte del GNL es evaporado (BOG). Este BOG es derivado a una serie de compresores (5) para luego ser re-licuado en el condensador (4) como flujo caliente. En el condensador (4) se re-licua el BOG y es conducido mediante las bombas secundarias de distribución hacia los vaporizadores (6). En los vaporizadores

se regasifica el GNL utilizando como flujo caliente agua de mar. Una vez que el GNL ya fue regasificado, el GN es medido y odorizado para su conducción a las líneas de distribución

Operaciones de carga , definiciones de la secuencia..

OPERACIÓN DE CARGA DE GLP

***Pre-loading checks* — Comprobaciones previas a la carga**

Los *pre-loading checks* son todas las verificaciones que deben realizarse **antes de iniciar la transferencia de GLP al buque**.

Su objetivo es asegurar que el buque, sus equipos y la coordinación con la terminal se encuentran preparados para recibir la carga.

Entre las principales comprobaciones se consideran:

- Condición general del buque.
- Estado de los tanques de carga.
- Presión y temperatura de los tanques.
- Sistemas de medición de nivel.
- Líneas de líquido y vapor.
- Posición correcta de las válvulas.
- Estado del manifold y conexiones.
- Sistemas de detección de gases.
- Sistemas de comunicación.
- Sistemas de emergencia.
- Condición de los tanques de lastre.
- Capacidad disponible para recibir la carga.
- Documentación y procedimientos correspondientes.

Comunicación buque-terminal

La comunicación entre el buque y la terminal es fundamental durante toda la operación.

Debe existir una **coordinación clara y permanente** entre los responsables de ambas partes.

Antes de comenzar se deben acordar, según los procedimientos aplicables:

- Producto que será cargado.
- Tanques que recibirán la carga.
- Secuencia de carga.
- Caudal inicial y condiciones de aumento.
- Presiones y temperaturas de operación.
- Gestión del vapor.
- Comunicaciones normales y de emergencia.
- Señales o condiciones para detener la transferencia.
- Procedimiento ante una emergencia.

Durante la operación

La comunicación no termina cuando comienza la carga.

Debe mantenerse para informar:

Inicio → aumento de caudal → cambios de tanque → reducción de caudal → finalización → detención.

Regla fundamental

Una modificación importante en la operación debe ser comunicada y coordinada antes de ejecutarse

Lista de comprobaciones (*Check List*)

La lista de comprobaciones permite confirmar de manera ordenada que los elementos críticos han sido revisados.

Una lista puede incluir:

Elemento	Verificación
Tanques	Capacidad disponible
Nivel	Instrumentación operativa
Presión	Dentro de límites
Temperatura	Dentro de condiciones operacionales
Manifold	Conexiones verificadas
Válvulas	Alineación correcta
Línea de líquido	Preparada
Línea de vapor	Preparada
Comunicación	Establecida
Alarmas	Operativas
Detección de gases	Operativa
Lastre	Condición controlada
Emergencia	Procedimientos conocidos

La *check list* no debe convertirse en un trámite burocrático.

Su objetivo es **evitar que una condición importante sea olvidada**.

Control de presión y temperatura

Durante la carga, la presión y la temperatura son dos de los parámetros más importantes.

Existe una relación directa entre ambas variables.

En términos generales:

Temperatura aumenta → aumenta la tendencia a la vaporización → aumenta la presión de vapor.

Por eso, durante la carga se deben controlar continuamente:

- Presión de cada tanque.
- Temperatura de la carga.
- Presión de las líneas.
- Condiciones del sistema de vapor.
- Alarmas y límites establecidos.

Ejemplo

Si durante la carga la temperatura comienza a aumentar y simultáneamente aumenta la presión del tanque, el operador debe reconocer que existe una relación entre ambas variables y **evaluar la condición antes de continuar aumentando el ritmo de carga.**

Control del nivel de los tanques

El nivel permite determinar cuánto GLP líquido existe en cada tanque y cuánto espacio queda disponible.

Durante la carga se debe controlar:

- Nivel actual.
- Velocidad de aumento del nivel.
- Capacidad disponible.
- Diferencia de niveles entre tanques.
- Alarmas de alto nivel.
- Condición final prevista.

Importancia

El nivel tiene relación directa con la prevención del **sobrellenado**.

A medida que aumenta el nivel:

GLP líquido ↑ → espacio disponible para vapor ↓

Por lo tanto, el control de nivel adquiere una importancia creciente a medida que el tanque se aproxima a su condición final de carga.

Control de caudal

El **caudal** corresponde a la cantidad de GLP que está siendo transferida por unidad de tiempo.

Durante una carga normalmente se trabaja de manera progresiva:

Inicio → caudal reducido → estabilización → aumento controlado → operación normal → reducción final → detención.

No es recomendable considerar la carga como una operación en la que simplemente se abre completamente una válvula y se mantiene el máximo caudal.

El caudal debe estar coordinado con:

- Capacidad de las líneas.
- Capacidad de bombas de tierra.
- Condiciones del tanque.
- Presión.
- Temperatura.
- Capacidad del sistema de vapor.
- Procedimientos del buque y terminal.

Gestión del vapor desplazado

Cuando se introduce GLP líquido en un tanque, el líquido **desplaza el espacio ocupado por el vapor**.

Por ello, durante la carga se genera una condición que debe ser gestionada.

Conceptualmente:

Entrada de líquido → disminución del espacio de vapor → aumento de presión

El sistema de manejo de vapores puede permitir, dependiendo del diseño:

- Retorno del vapor hacia tierra.
- Compresión.
- Re licuefacción.
- Otras formas de tratamiento autorizadas por el sistema del buque.

¿Por qué es importante?

Porque una gestión incorrecta del vapor puede provocar:

- Aumento excesivo de presión.
- Activación de alarmas.
- Condiciones inseguras.
- Interrupción de la transferencia.

Por eso:

La carga de líquido y la gestión del vapor deben considerarse como dos operaciones relacionadas

Prevención del sobrellenado

El **sobrellenado** ocurre cuando un tanque recibe más producto del que corresponde a su capacidad operacional segura.

Es una condición extremadamente seria.

Para prevenirla se utilizan diferentes barreras:

Primera barrera: planificación

Determinar previamente:

- Cantidad de carga.
- Tanques involucrados.
- Distribución de carga.
- Secuencia de llenado.

Segunda barrera: control operacional

Vigilar continuamente:

- Nivel.
- Caudal.
- Presión.
- Temperatura.
- Tiempo y cantidad transferida.

Tercera barrera: alarmas y sistemas de protección

Los sistemas de alarma y protección deben estar disponibles y operativos conforme al diseño del buque.

Concepto fundamental

La alarma de alto nivel no debe considerarse como el método normal para detener una carga. La prevención comienza mucho antes.

Cambios de tanque durante la operación

En determinadas operaciones puede ser necesario **cambiar el tanque que está recibiendo GLP**.

Por ejemplo:

Tanque 1 → Tanque 2

Esto requiere una planificación cuidadosa para evitar:

- Sobrellenado.
- Golpes de presión.
- Cambios bruscos de caudal.
- Configuraciones incorrectas de válvulas.
- Pérdida de control de la transferencia.

Secuencia conceptual

1. Evaluar el nivel del tanque actual.



2. Confirmar que el nuevo tanque está preparado.



3. Verificar capacidad disponible.



4. Confirmar alineación de la nueva ruta.



5. Coordinar el cambio con la terminal.



6. Realizar la transferencia de manera controlada.



7. Confirmar que el flujo se encuentra efectivamente dirigido al nuevo tanque.



8. Verificar nuevamente nivel, presión y temperatura

Punto crítico para el simulador

Una de las mejores situaciones de entrenamiento en el simulador consiste en pedir al alumno que realice un cambio de tanque mientras la carga está en curso.

El instructor puede evaluar si el alumno:

- Planifica el cambio.
- Comunica la maniobra.
- Verifica la capacidad del nuevo tanque.
- Comprueba la alineación.
- Mantiene el control del caudal.
- Supervisa presión y temperatura.
- Evita una condición de sobrellenado.

Integración de toda la operación

Para que el alumno tenga una visión global:

PREPARACIÓN



Pre-loading checks



COMUNICACIÓN BUQUE–TERMINAL



CHECK LIST



ALINEACIÓN DEL SISTEMA



INICIO DE CARGA A CAUDAL CONTROLADO



CONTROL DE NIVEL + PRESIÓN + TEMPERATURA + CAUDAL



GESTIÓN DEL VAPOR



CAMBIO DE TANQUES, SI CORRESPONDE



REDUCCIÓN DEL CAUDAL AL FINAL



DETENCIÓN DE LA CARGA



ASLAMIENTO Y PROCEDIMIENTOS POSTERIORES

Ejercicio recomendado para el simulador

Escenario: Buque GLP recibe propano desde terminal.

Durante la operación, el instructor introduce progresivamente las siguientes situaciones:

1. Aumento normal del nivel.
2. Variación de presión.
3. Cambio de caudal.
4. Necesidad de cambiar del tanque 1 al tanque 2.
5. Incremento de presión en el sistema de vapor.
6. Aproximación al nivel final de carga.

Evaluación del alumno

El alumno debe demostrar que puede **mantener el control de la operación**, interpretar los instrumentos, comunicarse con la terminal y tomar decisiones antes de que una desviación se convierta en una emergencia.

idea central

“Una buena operación de carga no consiste en cargar rápido; consiste en mantener permanentemente bajo control el producto, los equipos, los parámetros y la comunicación.”

Integración de la operación de carga GLP — Resumen

Preparar → comunicar → verificar → alinear → iniciar carga → controlar nivel, presión, temperatura y caudal → gestionar vapores → cambiar tanques si corresponde → reducir caudal → detener → aislar y finalizar.

Ejercicio de simulador

Durante la carga de propano, el alumno enfrenta **variaciones de nivel, presión y caudal, cambio de tanque, aumento de presión de vapor y aproximación al nivel final.**

Objetivo: mantener el control de la operación, interpretar los parámetros, coordinarse con la terminal y actuar oportunamente ante desviaciones.

Operaciones de Lastre — Resumen OMI 1.35

Las operaciones de lastre tienen como objetivo **mantener al buque seguro y estable durante las distintas etapas de carga y descarga de GLP.**

Función del lastre

El agua de lastre permite controlar el **calado, asiento, escora y estabilidad**, compensando los cambios de peso producidos durante las operaciones de carga.

Tanques de lastre

Son espacios destinados a recibir **agua de mar**. Su distribución permite modificar la condición del buque según las necesidades operacionales.

Secuencia de lastrado y deslastrado

Debe realizarse de forma **planificada y gradual**, considerando permanentemente la condición de carga, estabilidad, esfuerzos estructurales y límites del buque.

Lastrado: entrada de agua → aumento de peso.

Deslastrado: salida de agua → disminución de peso.

Estabilidad durante la carga

A medida que aumenta la carga de GLP, cambia la distribución de pesos. El operador debe asegurar que el buque permanezca dentro de sus **condiciones seguras de estabilidad y resistencia estructural.**

Calados

Indican cuánto se encuentra sumergido el buque. Se controlan normalmente en **proa y popa** para verificar la condición del buque.

Asiento (*Trim*)

Es la diferencia de calado entre proa y popa.

- **Trim por popa:** mayor calado en popa.
- **Trim por proa:** mayor calado en proa.

Escora (*List*)

Es la inclinación transversal permanente del buque hacia una banda.

List a babor ↔ List a estribor.

Una escora excesiva puede afectar la seguridad y las operaciones.

Esfuerzos longitudinales

Durante la carga y el lastrado, la distribución de pesos puede generar esfuerzos importantes sobre la estructura longitudinal del buque.

Por eso, **no basta con controlar solamente la estabilidad**: también debe controlarse la resistencia estructural.

Momentos flectores y fuerzas cortantes

Son esfuerzos estructurales producidos por la distribución de pesos y flotabilidad a lo largo del buque.

El operador debe evitar condiciones que superen los límites establecidos para:

- **Momento flector (Bending Moment).**
- **Fuerza cortante (Shear Force).**

Límites operacionales

Cada buque tiene límites establecidos para:

- Calados.
- Estabilidad.
- Escora.
- Asiento.
- Momentos flectores.
- Fuerzas cortantes.
- Capacidad de tanques.
- Condiciones de carga y lastre.

Aplicación en simulador

El alumno debe observar simultáneamente:

Carga GLP + Lastre + Calados + Trim + List + Estabilidad + Esfuerzos estructurales

y realizar ajustes **antes de alcanzar una condición fuera de límites.**

Principio clave: *“El lastre no solo mantiene el buque a flote; permite mantenerlo seguro, estable y estructuralmente dentro de sus límites durante toda la operación.”*

Estabilidad aplicada a las operaciones — Conceptos resumidos

Concepto	Definición resumida
Desplazamiento	Peso total del buque, equivalente al peso del agua que desplaza. Cambia cuando se incorpora o retira carga, lastre, combustible, etc.
Calado	Profundidad del buque sumergida bajo la línea de flotación. Se controla principalmente a proa y popa.
Centro de gravedad (G)	Punto donde se considera concentrado el peso total del buque. Su posición cambia cuando se trasladan o incorporan pesos.
Centro de carena (B)	Centro geométrico del volumen sumergido del buque; representa el punto

Concepto	Definición resumida
	donde actúa la fuerza de flotación.
Metacentro (M)	Punto de referencia utilizado para analizar la estabilidad transversal inicial del buque cuando este escora ligeramente.
GM	Distancia entre el centro de gravedad (G) y el metacentro (M). Es un indicador fundamental de la estabilidad inicial transversal. GM positivo generalmente indica estabilidad inicial; cuanto menor sea, menor será la capacidad de recuperación ante pequeñas escoras.
Efecto de superficie libre	Pérdida de estabilidad producida por un líquido que se desplaza dentro de un tanque parcialmente lleno cuando el buque se inclina.
Escora (List)	Inclinación transversal permanente del buque hacia babor o estribor, normalmente causada por una distribución desigual de pesos.
Asiento (Trim)	Diferencia entre los calados de proa y popa. Permite conocer si el buque está aproado o aporado.
Distribución de pesos	Forma en que se encuentran repartidos carga, lastre, combustible y otros pesos a lo largo y ancho del buque. Influye directamente en estabilidad y esfuerzos estructurales.
Esfuerzo cortante (Shear Force)	Fuerza interna que actúa sobre la estructura longitudinal debido a la distribución de pesos y flotabilidad. Debe mantenerse dentro de los límites establecidos.
Momento flector (Bending Moment)	Esfuerzo que tiende a flexionar longitudinalmente el buque debido a la distribución de pesos y flotabilidad. También debe mantenerse dentro de los límites operacionales.

Para que el alumno lo recuerde fácilmente

Pesos → Centro de gravedad → Estabilidad → Calados/Trim/List → Esfuerzos estructurales

Y hay tres ideas especialmente importantes durante el simulador:

Mover un peso modifica el centro de gravedad.

Un tanque parcialmente lleno puede generar efecto de superficie libre y reducir la estabilidad.

Una mala distribución longitudinal de carga y lastre puede generar esfuerzos cortantes y momentos flectores excesivos.

Aplicación directa al simulador

Durante una operación de carga de GLP, el alumno debe observar simultáneamente **nivel de carga, tanques de lastre, calados, trim, list, estabilidad (GM), fuerza cortante y momento flector**, realizando los ajustes necesarios para permanecer dentro de los límites establecidos para el buque.

Control de temperatura y presión — OMI 1.35

Concepto	Definición resumida
Relación presión–temperatura	En un tanque de GLP, un aumento de temperatura generalmente provoca un aumento de la presión de vapor; una disminución de temperatura tiende a reducirla.
Vaporización	Cambio del GLP desde estado líquido a vapor. Aumenta cuando se aporta calor o disminuye la presión.
Condensación	Cambio del GLP desde vapor a líquido, normalmente mediante extracción de calor y/o aumento de presión, según las condiciones del sistema.
Expansión térmica del líquido	Aumento del volumen del GLP líquido al aumentar su temperatura. Por eso debe mantenerse un espacio adecuado para expansión dentro del tanque.
Presión de vapor	Presión ejercida por el vapor de un producto en equilibrio con su fase líquida a una determinada temperatura. Es un parámetro fundamental para controlar los tanques de GLP.
Refrigeración de los tanques	Proceso destinado a mantener la carga dentro de las condiciones de temperatura y presión requeridas por el sistema de contención y el producto.
Introducir producto caliente/frío	Un producto más caliente puede aumentar la vaporización y presión del tanque; uno más frío puede reducir la presión, pero también puede producir cambios térmicos importantes que deben controlarse.
Control de presión durante la carga	Se debe vigilar continuamente la presión del tanque y gestionar adecuadamente el vapor desplazado, manteniendo todos los parámetros dentro de los límites establecidos.
Control de presión durante la descarga	Al retirar líquido, cambian las condiciones de equilibrio del tanque. Debe controlarse la presión y utilizar los sistemas de manejo de vapor

Concepto

Definición resumida

correspondientes para mantener condiciones seguras.

Relación fundamental

Temperatura $\uparrow$ $\rightarrow$ vaporización $\uparrow$ $\rightarrow$ presión $\uparrow$

Temperatura $\downarrow$ $\rightarrow$ condensación $\uparrow$ $\rightarrow$ presión $\downarrow$

En un sistema de GLP, estas relaciones deben entenderse junto con el **nivel del tanque, caudal de transferencia y gestión del vapor**.

Aplicación al simulador

Durante una operación, el alumno debe observar permanentemente:

Presión + temperatura + nivel + caudal + sistema de vapor

y reconocer que una variación de temperatura puede provocar cambios posteriores en la **presión del tanque**.

Principio clave: “Controlar la temperatura es también controlar la presión; y controlar la presión es mantener el GLP dentro de condiciones seguras de operación.”

Seguridad durante las operaciones — OMI 1.35

Concepto

Definición resumida

Zonas peligrosas

Áreas donde puede existir presencia de gases inflamables, por lo que requieren controles especiales sobre equipos, acceso y fuentes de ignición.

Fuentes de ignición

Cualquier elemento capaz de iniciar una combustión, como llamas, chispas, superficies calientes o equipos no autorizados.

Electricidad estática

Acumulación de carga eléctrica que puede producir una descarga capaz de generar una ignición. Debe controlarse mediante las medidas de puesta a tierra y procedimientos establecidos.

Equipos eléctricos

En zonas peligrosas deben ser equipos autorizados y adecuados para la clasificación del área, evitando que puedan convertirse en una

Concepto	Definición resumida
	fuelle de ignición.
Detección de gases	Sistemas que detectan la presencia y concentración de gases o vapores peligrosos y permiten advertir oportunamente una condición anormal.
Alarmas	Avisos visuales y/o sonoros que indican que un parámetro o condición ha alcanzado un nivel que requiere atención o intervención.
ESD (<i>Emergency Shut Down</i>)	Sistema de parada de emergencia que permite detener rápidamente determinadas operaciones o equipos para limitar las consecuencias de una condición peligrosa.
Sistemas de alivio de presión	Protegen tanques y sistemas frente a presiones que superen los límites establecidos, actuando conforme a su diseño y configuración.
Procedimientos ante fugas	Acciones destinadas a controlar la situación, aislar el sistema afectado, eliminar fuentes de ignición, proteger al personal y activar los procedimientos de emergencia correspondientes.
Incendio de GLP	Emergencia que requiere actuación inmediata conforme al plan del buque, controlando la fuente de combustible y utilizando los sistemas de extinción y protección establecidos.
Contacto con producto líquido / quemaduras por frío	El GLP líquido puede producir un enfriamiento intenso al evaporarse, pudiendo causar lesiones por frío. Debe evitarse el contacto directo.
Uso de EPP	El Equipo de Protección Personal debe seleccionarse de acuerdo con los riesgos de la operación y utilizarse correctamente durante las tareas de carga, descarga y respuesta ante emergencias.

Principio de seguridad

En una operación de GLP debemos pensar siempre en esta cadena:

Detección → Alarma → Comunicación → Aislamiento → ESD si corresponde → Control de la emergencia

La prioridad es siempre:

PROTEGER A LAS PERSONAS → CONTROLAR EL PRODUCTO → PROTEGER EL BUQUE Y EL TERMINAL.

Aplicación al simulador

El instructor puede introducir una **alarma de detección de gas durante la carga** y evaluar si el alumno:

- Reconoce la alarma.
- Identifica la zona afectada.
- Detiene o controla la operación según procedimiento.
- Comunica inmediatamente la situación.
- Aísla el sistema cuando corresponda.
- Considera el uso del **ESD**.
- Mantiene controlada la situación hasta recibir instrucciones o aplicar el procedimiento de emergencia.

idea clave: *“En un buque GLP, la seguridad comienza antes de detectar una emergencia: identificar el peligro, prevenir la ignición y estar preparado para aislar el sistema.”*