

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica




TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Impacto del planeamiento y los parámetros operativos para
optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y
despacho de productos químicos**

Para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Petroquímico


Elaborado por

Joel Ezequiel Gonzáles Ramírez

 0009-0002-8822-0392

Asesor

M.Sc. Williams Javier Ramos Vásquez

 0000-0003-4895-6039

LIMA – PERÚ

2024

| | |
|------------------------------|---|
| Citar/How to cite | Gonzáles Ramírez [1] |
| Referencia/Reference | J. Gonzáles Ramírez, " <i>Impacto del planeamiento y los parámetros operativos para optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024. |
| Estilo/Style: IEEE (2020) | [1] |

| | |
|--------------------------------|--|
| Citar/How to cite | (Gonzáles, 2024) |
| Referencia/Reference | Gonzáles, J. (2024). <i>Impacto del planeamiento y los parámetros operativos para optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Cybertesis UNI. |
| Estilo/Style: APA (7ma ed.) | |

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mis padres por inculcarme los principios del estudio y de la superación constante en el desarrollo de mi experiencia profesional. Así mismo a mis familiares y amistades por compartir este camino conmigo.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios por permitirme la oportunidad de presentar mi trabajo de suficiencia profesional, a mi madre que está en el cielo acompañándome en cada paso que doy y viéndome crecer profesionalmente. A mi familia por ser mi guía y mi apoyo incondicional.

Resumen

Los productos químicos son materia prima en una serie de procesos industriales, siendo importante su transporte vía marítima a través de buques quimiqueros, diseñados para su manipulación debido a las grandes cantidades que se transportan.

Debido a la necesidad en la manipulación de insumos químicos para los procesos productivos en la minería al sur del país, Logística de Químicos del Sur desarrolla la operación de la terminal de químicos en el puerto de Matarani, cuya actividad principal es la recepción, almacenamiento y despacho de Hidrosulfuro de Sodio (NaHS).

El objetivo principal del presente Trabajo de Suficiencia Profesional es determinar el impacto del planeamiento y los parámetros operativos en la optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos, así como la influencia del planeamiento operativo y de los parámetros operativos en la terminal.

Se describe el proceso de atención de buques quimiqueros, teniendo en cuenta una serie de etapas, que comienzan desde el pre-arribo de la nave para la recepción de producto, el almacenamiento en los tanques de la terminal y el despacho a camiones cisterna.

El planeamiento operativo y el control de los parámetros operativos son las variables importantes que se monitorean en todas las etapas del proceso, considerando la manipulación correcta, identificando y evaluando todos los posibles riesgos y peligros existentes. Es por ello importante realizar la operación cumpliendo con las normativas nacionales e internacionales, para el control de la calidad y cantidad, así como también la seguridad del proceso y del medio ambiente.

Palabras clave — Planeamiento, parámetros operativos, operaciones, hidrosulfuro de sodio.

Abstract

Chemical products are raw materials in a series of industrial processes, and their transportation via maritime vessels is important due to the large quantities that are transported.

Due to the need to handle chemical inputs for production processes in the mining industry in the southern part of the country, Chemical Logistics of the South (LQS) develops the operation of the chemical terminal at the port of Matarani, whose main activity is the reception, storage, and dispatch of Sodium Hydrosulfide (NaHS).

The main objective of this Professional Sufficiency Work is to describe the influence of planning and operating parameters of the reception, storage, and dispatch operations of chemical products, as well as the influence of operational planning and operational parameters in the terminal.

The process of handling chemical tankers is described, taking into account a series of stages that begin with the pre-arrival of the vessel for product reception, storage in the terminal tanks, and the loading to tanker trucks.

Operational planning and control of operational parameters are important variables that are monitored at all stages of the process, considering proper handling, identifying and evaluating all possible risks and hazards. It is therefore important to carry out the operation in compliance with national and international regulations for quality and quantity control, as well as process and environmental safety.

Keywords — Planning, operating parameters, operations, sodium hydrosulfide.

Tabla de contenido

| | |
|--|-----|
| Resumen | v |
| Abstract | vi |
| Introducción | xii |
| I. Parte introductoria del trabajo | 1 |
| A. Generalidades | 1 |
| B. Descripción del problema de investigación | 1 |
| 1) Problema general | 1 |
| 2) Problemas específicos | 2 |
| C. Objetivos del estudio | 2 |
| 1) Objetivo general | 2 |
| 2) Objetivos específicos..... | 2 |
| D. Antecedentes Investigativos | 2 |
| II. Marco teórico y conceptual | 5 |
| A. Marco teórico | 5 |
| 1) Buques tanque | 5 |
| a) Clasificación de buques tanques | 5 |
| b) Clasificación de petroleros (cruderos – Crude Oil Tankers). | 5 |
| c) Clasificación de buques tanques livianeros (Product Tankers)..... | 7 |
| d) Buques tanques quimiqueros | 8 |
| e) Tipos de buques quimiqueros en relación a la carga | 9 |
| f) Tipos de tanques en buque quimiqueros | 10 |
| g) Carga en buques quimiqueros..... | 12 |
| h) Mercado mundial de productos químicos | 15 |
| 2) Terminal portuario..... | 16 |
| 3) Instalación portuaria | 18 |
| a) Instalación portuaria especial (IPE) | 18 |

| | |
|---|----|
| 4) Tanque de almacenamiento API 650 | 19 |
| 5) Tipos de tanques | 20 |
| a) Tanques subterráneos | 20 |
| b) Tanques superficiales | 20 |
| 6) Clasificación según el tipo de techo..... | 21 |
| a) Tanques de techo cónico | 21 |
| b) Tanques de techo fijo..... | 21 |
| c) Tanques de techo flotante..... | 21 |
| 7) Componente de seguridad de los tanques | 22 |
| a) Medidor de nivel tipo radar | 22 |
| b) Sistema automático de prevención de sobrellenado..... | 22 |
| c) Válvulas de presión y vacío | 26 |
| d) Arrestadores de flama | 27 |
| 8) Hidrosulfuro de sodio (NaHS)..... | 27 |
| a) Propiedades físicas y químicas | 29 |
| 9) Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S) | 30 |
| 10) Sistema de recuperación de gas H ₂ S | 31 |
| a) Scrubber o lavadores de gases | 31 |
| B. Marco conceptual | 33 |
| III. Desarrollo del trabajo de Investigación | 37 |
| A. Planeamiento de recepción de producto..... | 37 |
| 1) Determinación de la capacidad de recepción | 38 |
| 2) Preparación de tanques | 38 |
| 3) Operaciones con el buque tanque amarrado..... | 39 |
| a) Preparación de tubería de recepción..... | 40 |
| b) Conexionado de cisternas en puente de despacho de muelle | 40 |
| c) Prueba de hermeticidad de mangueras y tuberías de descarga | 40 |
| d) Alineamiento de válvulas | 41 |

| | |
|--|----|
| 4) Inicio de descarga | 41 |
| a) Control y monitoreo de la recepción de producto..... | 42 |
| 5) Finalización de descarga..... | 43 |
| 6) Tratamientos a fugas de gases en los tanques, buque y cisternas. | 43 |
| B. Operación del sistema de almacenamiento | 45 |
| 1) Control de inventario | 47 |
| 2) Control de calidad | 48 |
| 3) Mantenimiento de tanques | 48 |
| C. Operación del sistema de despacho del producto | 52 |
| 1) Control y pesaje de carga..... | 53 |
| IV. Análisis y discusión de resultados..... | 54 |
| A. Análisis en la recepción de producto..... | 54 |
| 1) Planeamiento de recepción | 54 |
| 2) Revisión de las conexiones de buque | 55 |
| 3) Parámetros operativos durante la recepción | 58 |
| 4) Análisis de Perdidas en el transporte marítimo | 59 |
| B. Análisis en el sistema de almacenamiento..... | 61 |
| 1) Parámetros operativos durante el almacenamiento | 61 |
| 2) Control de inventarios y niveles de tanques | 62 |
| C. Análisis en el sistema de despacho | 63 |
| D. Estudio de riesgo..... | 65 |
| V. Conclusiones | 69 |
| VI. Recomendaciones | 70 |
| VII. Referencias bibliográficas | 71 |
| Anexo..... | 76 |

Lista de Figuras

| | |
|----------------|----|
| Figura 1 | 7 |
| Figura 2 | 9 |
| Figura 3 | 11 |
| Figura 4 | 11 |
| Figura 5 | 17 |
| Figura 6 | 18 |
| Figura 7 | 19 |
| Figura 8. | 23 |
| Figura 9 | 24 |
| Figura 10..... | 25 |
| Figura 11..... | 26 |
| Figura 12..... | 27 |
| Figura 13..... | 28 |
| Figura 14..... | 28 |
| Figura 15..... | 32 |
| Figura 16..... | 47 |
| Figura 17..... | 53 |
| Figura 18..... | 56 |
| Figura 19..... | 57 |
| Figura 20..... | 63 |
| Figura 21..... | 63 |
| Figura 22..... | 64 |
| Figura 23..... | 64 |

Lista de tablas

| | |
|----------------|----|
| Tabla 1 | 14 |
| Tabla 2 | 15 |
| Tabla 3 | 29 |
| Tabla 4 | 38 |
| Tabla 5 | 45 |
| Tabla 6 | 51 |
| Tabla 7 | 54 |
| Tabla 8 | 55 |
| Tabla 9 | 55 |
| Tabla 10 | 58 |
| Tabla 11 | 59 |
| Tabla 12 | 60 |
| Tabla 13 | 60 |
| Tabla 14 | 60 |
| Tabla 15 | 61 |
| Tabla 16 | 62 |
| Tabla 17 | 62 |
| Tabla 18 | 66 |

Introducción

El presente trabajo consta de cinco capítulos, que a la vez contienen subcapítulos, donde se aborda detalladamente lo que se pretende realizar.

En el capítulo I, introducción, se plantea el problema y los objetivos que se pretenden alcanzar; además se desarrolla los antecedentes referenciales para conocer otros trabajos de investigación sobre el tema.

En el capítulo II, marco teórico y conceptual, se detalla los conceptos que servirán como fundamento al desarrollo del presente trabajo: Hidrosulfuro de sodio, buque tanque, clasificación de buques, buques quimiqueros, terminal portuario, instalación portuaria, tipos de tanques, componentes de seguridad de los tanques, sistema automático de prevención de sobrellenado, arrestadores de flama y sistema de recuperación de gases.

En el capítulo III, desarrollo del trabajo de suficiencia profesional, se fundamenta el estudio detalladamente para alcanzar los objetivos trazados: Describir la influencia del planeamiento y los parámetros operativos en la optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos. Además, determinar la influencia del planeamiento operativo y los parámetros operativos.

En el capítulo IV, análisis y discusión de resultados, se analiza los resultados obtenidos y se comparan con lo encontrado en otras investigaciones.

En el capítulo V, análisis de los Estudio de Riesgos, con impacto al medio ambiente, seguridad y acciones a tomar en el caso de accidentes. Posteriormente, se expondrá las conclusiones y recomendaciones del presente Trabajo de Suficiencia Profesional.

I. Parte introductoria del trabajo

A. Generalidades

Terminal Logística Químicos del Sur, empresa que se dedica a las actividades de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos, con el objetivo de suministrar insumos químicos a los procesos productivos de la minería al sur del país, cuenta con tanques de 1 534 m³ cada uno construido de acero al carbono, haciendo una capacidad total de almacenamiento 9 204 m³ (Oiltanking, 2022).

El principal producto almacenado en la terminal es el Sulfhidrato de Sodio (NaHS). El producto es transportado por vía marítima, almacenado temporalmente en los tanques de la terminal y posteriormente despachado a camiones cisterna para su envío a los yacimientos mineros (MTC, 2006).

Las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho se realizan en una serie de etapas desde el pre-arribo del buque, planeamiento de descarga, medición de tanques, conexiones de mangueras, transferencia de producto, muestreo, control de parámetros operativos tanto el buque como en planta y liquidación de cantidades recibidas.

El presente plan de trabajo de suficiencia profesional da el alcance del estudio de la influencia del planeamiento y los parámetros operativos en la mejora de la optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos, así como la influencia del planeamiento y los parámetros operativos en la terminal.

B. Descripción del problema de investigación

1) Problema general

¿Cuál es el impacto del planeamiento y de los parámetros operativos en la optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos?

2) Problemas específicos

- ¿Cómo influye el planeamiento en la operación de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos?
- ¿Cómo influyen los parámetros operativos en la operación de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos?

C. Objetivos del estudio

1) Objetivo general

Determinar el impacto del planeamiento y de los parámetros operativos en la optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos.

2) Objetivos específicos

- Determinar la influencia del planeamiento en la operación de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos.
- Determinar la influencia de los parámetros operativos en la operación de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos.

D. Antecedentes Investigativos

- Operaciones de carga en un buque tanque Quimiquero (Rodríguez, 2023).

Objetivo del estudio: Describir todas las etapas que forman parte de las operaciones de carga y descarga de un buque quimiquero en terminales de almacenamiento de químicos.

Descripción: La presente tesis tiene como enfoque describir detalladamente los equipos involucrados a bordo en las operaciones de carga y descarga de productos químicos y regulados por el código internacional para la construcción, además de las propiedades físicas y químicas de las cargas y que particularidades y peligros pueden presentar. Para ello se analiza la importancia de un plan de carga y las medidas de contingencia que se encuentra disponibles en el buque y en la terminal.

Conclusión: Conocer y comprender la importancia de los equipos a bordo de un buque tanque y su correcto funcionamiento. La importancia de conocer las propiedades físicas y químicas de las sustancias a transportar, como por ejemplo el punto de fusión, punto de inflamación, toxicidad, etc. La importancia de las válvulas de presión y vacío en los tanques de buque, la importancia del monitoreo de las alarmas de niveles de sobrellenado y las funciones principales del *Loading Master* en coordinación con la terminal.

- Operaciones de carga y descarga en el buque tanque B/Q Tinerfe (Fortuny, 2017).

Objetivo del estudio: El propósito de este estudio es básicamente detallar las operaciones de carga y descarga de buque petroquímico, describir los equipos que lo componen, procedimientos a llevar a cabo y seguridad durante las operaciones.

Descripción: Se describe las especificaciones técnicas del buque, se explica de forma detallada los elementos que componen los diferentes equipos utilizados en las operaciones de carga y descarga del propio buque.

Conclusión: La importancia de conocer las especificaciones técnicas del buque para controlar el sistema de carga y descarga, el funcionamiento de los equipos como las bombas de descarga, las válvulas de seguridad y de alivio de presión. La aplicación de nitrógeno a los tanques de producto como medida de seguridad para la reducción de los niveles de oxígeno para evitar la combustión.

- Supervisión de transporte de fluidos hidrocarburos en operaciones marítimas de carga y descarga (Mejía, 2015).

Objetivo del estudio: Conocer las actividades de carga y descarga de buques tanque que transporten petróleo y sus derivados desde la perspectiva de un inspector independiente.

Descripción: Este trabajo describe las actividades de control para el transporte de líquidos hidrocarburos, a través de las cuales se presenta el correcto manejo de la documentación técnica, logrando así una mayor eficiencia y un impacto positivo en los aspectos de seguridad y económicos de la actividad. La intervención profesional, cumple con el propósito principal de controlar la cantidad y calidad del producto embarcado y/o descargado con base en técnicas y estándares reconocidos internacionalmente.

Conclusión: La eficiencia de las operaciones de carga y descarga de hidrocarburos es única para cada una y depende de la correcta implementación de los procedimientos operativos, normas y metodología que las rigen. Los sistemas de prevención, control y gestión ambiental requieren del desarrollo e implementación de estudios obligatorios y diversas políticas en las actividades de gestión de hidrocarburos.

II. Marco teórico y conceptual

A. Marco teórico

1) Buques tanque

Buque de carga construido o adaptado para el transporte a granel de líquidos inflamables. Se clasifican en; petroleros, gaseros para Gas Licuado de Petróleo (GLP), Gas Natural Licuado (GNL), quimiqueros, combinados (pueden transportar minerales a granel o hidrocarburos) y las unidades flotantes de producción, almacenamiento y descarga (FPSOs en inglés significa Floating Production Storage and Offloading), que son buques fondeados en campos de explotación, que cuentan con instalaciones apropiadas para el almacenamiento y procesamiento del crudo (Rerequeo, 2009).

a) Clasificación de buques tanques

Desde el punto de vista de los productos que deben transportar, podemos dividir estos buques en dos tipos principales: los buques petroleros (cruderos – Crude Oil Tankers) propiamente dichos y los livianeros (Product Tankers), en la Figura 1 se observa la Clasificación de Buques (Gadea, 2004).

b) Clasificación de petroleros (cruderos – Crude Oil Tankers).

La clasificación de estos tipos de buques se basa por la capacidad de que tienen en transportar petróleo crudo o derivados. La capacidad se determina en tonelaje de peso muerto o DWT (Deadweight tonnage) que es el total de los pesos que puede transportar el buque expresado en toneladas métricas, es decir el peso del cargamento, más el combustible, más el agua y provisiones en general (Gadea, 2004).

- Costeros (Coasta tankers): Se trata de buques de hasta 16 500 DWT, por lo general son utilizados en trayectos costeros, cortos y/o cautivos y pueden transportar petróleo crudo o derivados (Gadea, 2004).
- Multipropósito (General Porpouse Tanker): Desde 16 500 DWT hasta 25 000 DWT, operan en tráficos diversos y transportan petróleo crudo o derivados (Gadea, 2004).

- Handy Size Tanker: Se trata de módulos de 25 000 DWT hasta 30 000 DWT, cuyas áreas de operación son el Caribe y la costa Este de los Estados Unidos o puertos del mar Mediterráneo y del Norte de Europa, además pueden transportar petróleo crudo o derivados (Gadea, 2004).
- Panamax: Su tonelaje puede variar entre los 55 000 DWT hasta los 80 000 DWT. En otros términos, poseen una capacidad que oscila entre los 350 000 y los 500 000 barriles de petróleo, también son buques que transportan petróleo crudo, aunque también existen tráficos con cargamentos de derivados livianos (por ejemplo, Golfo Pérsico – Japón) (Gadea, 2004).
- Aframax: Se define como un módulo de 79 999 DWT, aunque usualmente se acepta un rango entre 75 000 DWT y 120 000 DWT, es decir, de 500 000 a 800 000 barriles de petróleo, transportan petróleo crudo y sus tráficos habituales incluyen cargamentos entre puertos ubicados en áreas como el Caribe, el mar Mediterráneo o el Golfo Pérsico (Gadea, 2004).
- Suezmax: Sus módulos van desde los 120 000 DWT hasta los 200 000 DWT. Transportan entre 900 000 y 1 200 000 barriles de petróleo crudo, su nombre estaba vinculado a que el módulo con su mayor carga cumplía con las máximas dimensiones permitidas para el tránsito por el Canal de Suez. Hoy en día navegan por ese canal buques de hasta 300 000 DWT, además su demanda se concentra en la costa Oeste de África con destino al Caribe, la costa Este de los Estados Unidos o el Norte de Europa y el Mar Negro (Gadea, 2004).
- Petrolero muy grande V.L.C.C. (Very Large Crude Carrier): Módulos desde los 200 000 DWT hasta los 320 000 DWT. En promedio, transportan dos millones de barriles, por sus dimensiones se trata de buques que operan por lo general en terminales de mar adentro, entre sus tráficos habituales, de largas

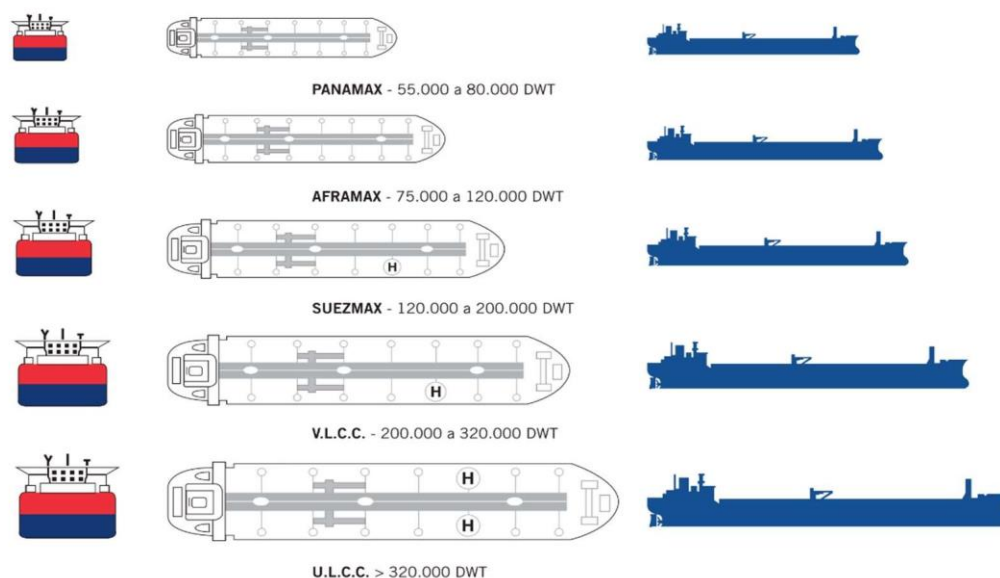
distancias, cargan crudo en el Golfo Árabe con destino a los Estados Unidos o puertos de la India y Asia (Gadea, 2004).

- Petrolero ultra grande U.L.C.C. (Ultra Large Crude Carrier): Sus módulos son todos aquellos cuyo porte es mayor a los 320 000 DWT (aproximadamente tres millones de barriles), se encuentran muy limitados para operar en aguas restringidas o poco profundas y como en el caso de los V.L.C.C., son habituales los viajes largos (Gadea, 2004). Sus tráficos más corrientes se realizan entre puertos del Golfo Árabe y el Golfo de los Estados Unidos; también con puertos de Asia o la costa Oeste de África (Gadea, 2004).

En la Figura 1 se observa la clasificación de los buques tanques

Figura 1

Clasificación de buques tanques



Fuente: Tomada de (Gadea, 2004)

c) Clasificación de buques tanques livianeros (Product Tankers)

Son buques que por sus características se consideran como “altamente especializado”. Estos buques se clasifican en función de su capacidad de transporte e idoneidad para tráficos y cargas particulares (Gadea, 2004). Entre estos podemos definir los siguientes:

- Quimiqueros (Chemicals): Esta variedad de buques tanque es adecuado para el transporte simultáneo de productos petroquímicos, químicos orgánicos, químicos inorgánicos, aceites animales y vegetales, etc. en una amplia variedad de tanques. Estos son productos tóxicos, corrosivos, tóxicos o volátiles.

Dada la variedad de sustancias, la Organización Marítima Internacional (OMI) ha desarrollado una clasificación de los tipos de riesgos que pueden ocasionar (Gadea, 2004):

OMI I: Sustancias muy peligrosas (los buques que las transportan poseen doble fondo).

OMI II: De riesgo medio.

OMI III: De bajo nivel de riesgo.

Estas embarcaciones cuentan con tanques y tuberías especiales recubiertas de acero inoxidable, lo que les permite adaptarse a cualquier necesidad. Sus módulos alcanzan las 40 000 DWT y contienen hasta 50 depósitos independientes. Trabajan en diferentes tráficos (Gadea, 2004).

- Combinados: Dependiendo de la clase, existen almacenes adecuados para el transporte de mineral de hierro y petróleo crudo o mineral de hierro y petróleo crudo y productos secos (carbón o granos). Por razones técnicas, estos productos no se transportan juntos (Gadea, 2004).
- Gaseros (GLP): Diseñado para el transporte a granel de gases licuados. Durante muchos años, algunos gases de petróleo, como el propano y el butano se transportaban en tanques de presión o a temperatura ambiente (Gadea, 2004).

d) Buques tanques quimiqueros

El buque quimiquero es un tipo de buque diseñado para transportar carga química a granel. La principal diferencia con otros buques que transportan líquidos es la naturaleza

de los productos, ya que los productos químicos presentan riesgos para la seguridad humana y ambiental (Aparicio, 2022).

En cuanto a las características específicas, los materiales que se utilizan en su construcción son de acero inoxidable para evitar la corrosión de las planchas de los tanques (Aparicio, 2022).

Un buque tanque quimiquero se define como un buque de carga construido o transformado y utilizado para el transporte a granel de productos líquidos, tal como se describe en el Capítulo 17 del Código Internacional de buques tanque quimiqueros (OMI, 2016). En la Figura 2 se observa un buque quimiquero.

Figura 2

Buque Quimiquero



Fuente: Tomada de (De Larrucea, 2009)

e) Tipos de buques quimiqueros en relación a la carga

El Código Internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel (también llamado CIQ por sus siglas), es la normativa aplicable a este tipo de buques en específico. Este código clasifica los diferentes productos químicos en diferentes niveles en función de su peligrosidad, siendo los siguientes niveles (Aparicio, 2022):

- Buques de tipo 1: Son aquellos buques quimiqueros que transportan productos que presentan riesgos muy graves para el medio ambiente y la seguridad. Estos buques deben tomar precauciones muy estrictas para evitar fugas (Aparicio, 2022).

- Buques de tipo 2: Son aquellos buques quimiqueros que transportan productos que presentan riesgos considerablemente graves para el medio ambiente y la seguridad. Estos buques deben tomar medidas importantes para evitar escapes (Aparicio, 2022).
- Buques de tipo 3: Son aquellos buques quimiqueros que transportan productos que presentan riesgos suficientemente graves como para exigir la adopción de medidas de contención moderadas para aumentar la capacidad del buque de conservar la flotabilidad tras haber sufrido una avería (Aparicio, 2022).

Los buques de tipo 1 son aquellos buques que transportan los productos de mayor peligrosidad recogidos por el convenio (Aparicio, 2022). El tipo 2 y el tipo 3, por otra parte, se dedican al transporte de productos que van decreciendo en severidad de gravedad (Aparicio, 2022).

f) Tipos de tanques en buque quimiqueros

Los buques para productos químicos suelen llevar varios tanques para separar la carga y transportar diferentes tipos de productos (Aparicio, 2022). Los tanques también cuentan con diferentes clasificaciones. Principalmente se dividen en su integración con la estructura del barco o por cómo van almacenados los líquidos a granel en su interior (Aparicio, 2022).

Los tanques de carga, reciben diferentes denominaciones en cuanto a su ubicación estructural y en cuanto a la presión para la cual se encuentran diseñados (Villanueva, 2018):

- Tanque independiente: se trata de aquellos tanques que no se encuentran integrados con la estructura del buque. El ejemplo más típico de este tipo de tanque es un tanque cilíndrico en la cubierta de un buque cisterna quimiquero (Villanueva, 2018). En la Figura 3 se observa un tanque

independiente que no está adosada a la estructura del casco (Villanueva, 2018).

Figura 3

Tanque Independiente

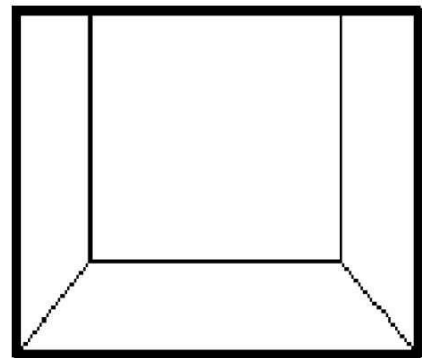


Fuente: Tomada de (Villanueva, 2018)

- Tanque estructural: se trata de aquellos tanques que forman parte de la estructura del casco del buque y está sometido a todos los esfuerzos de las cargas, En la
- Figura 4 se observa un tanque estructural adosado al buque (Villanueva, 2018).

Figura 4

Tanque Estructural



Fuente: Tomada de (Villanueva, 2018)

- Tanque de gravedad: Se trata de aquellos tanques cuya presión de diseño no supera los 0.7 bar medida al tope del mismo. Un tanque de gravedad, puede ser independiente o estructural. Su construcción y testeo están de

acuerdo a la temperatura de transporte y densidad relativa de la carga a contener (Villanueva, 2018).

- Tanque de presión: Se trata de aquellos tanques cuya presión de diseño supera los 0.7 bar. El mismo debe ser un tanque independiente y tendrá una configuración acorde a los diseños de buques para carga presurizadas (Villanueva, 2018).

g) Carga en buques quimiqueros

Los buques para productos químicos están diseñados para transportar grandes cantidades de productos químicos peligrosos. Estos productos químicos se enumeran en el Código de la OMI para buques tanque quimiqueros (Villanueva, 2018).

Estos productos químicos incluyen aceites animales y vegetales, productos derivados del petróleo y lubricantes. Los productos de petróleo limpios son los que se producen en las refinerías (Villanueva, 2018). Las cargas en los quimiqueros son divididas en cuatro grandes grupos (Villanueva, 2018):

- Petroquímicos: Es el nombre colectivo para químicos orgánicos derivados del petróleo crudo, el gas natural y el carbón.
- Alcohol y carbohidratos: el alcohol se obtiene de los hidrocarburos o hacerse por fermentación.
- Aceites animales y vegetales: Productos obtenidos a partir de semillas de plantas y grasas animales o de pescado.
- Químicos inorgánicos y ácidos: Son compuestos que carecen de carbono en su estructura. Los ácidos provienen de compuestos orgánicos o inorgánicos, dependiendo también de la presencia de carbono en su estructura.

La distribución de la carga en los buques tanques quimiqueros, se realizan de acuerdo a su compatibilidad entre cargas (Villanueva, 2018). A continuación, se describe cómo utilizar la tabla de compatibilidad:

- “Determine el número de grupo de cada una de las cargas consultando el listado alfabético de cargas y los grupos correspondientes. Muchas cargas están enumeradas bajo el nombre de origen; a menos que se indique otra cosa, los isómeros o mezclas de isómeros de una carga particular son asignados al mismo grupo”. Por ejemplo, para buscar el número de grupo de “Isobutyl Alcohol” (Alcohol isobutílico) se debe buscar bajo el nombre de “Butyl Alcohol”. “Si una carga no fuese encontrada en el listado, se debe consultar con el proveedor para determinar el grupo. Lo usual es que esta información le sea consultada al operador de la nave quien deberá agotar los medios para encontrarla”.
- “Si los dos números de grupos están entre el 30 y el 43, significa que los productos son compatibles y no es necesario consultar la tabla”.
- “Si ninguno de los dos números de grupo está entre el 30 y 43, ubique uno de los números en el lado izquierdo de la tabla (grupos de carga), y el otro en la parte inferior (Grupos Reactivos)”. El cuadrado formado por la intersección de la columna y la fila correspondientes a dos números, contiene lo siguiente: “Está en blanco”: significa que las dos cargas son compatibles y la letra “X”: significa que las dos cargas son incompatibles (Gomez, 2013). En la Tabla 1 se indica la compatibilidad de carga de productos.

Tabla 1

Tabla de Compatibilidad para la carga de Químicos

| GRUPOS REACTIVOS | 1. ÁCIDOS MINERALES NO OXIDANTES | 2. ÁCIDO SULFÚRICO | 3. ÁCIDO NÍTRICO | 4. ÁCIDOS ORGÁNICOS | 5. CAUSTICOS | 6. AMONIACO | 7. AMINAS ALIFÁTICAS | 8. ALCANOLAMINAS | 9. AMINAS AROMÁTICAS | 10. AMIDAS | 11. ANHÍDRIDOS ORGÁNICOS | 12. ISOCIANATOS | 13. ACETATO DE VINILO | 14. ACRITALES | 15. ALIADOS SUSTITUTOS | 16. ÓXIDOS DE ALICENO | 17. EPICOLORHIOIRINA | 18. CETONAS | 19. ALDEHIDOS | 20. ALCOHOLES, GLICOLES | 21. FENOLES, CRESOLES | 22. SOLUCIÓN DE CAPROLACTAMA | |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|--------------|-------------|----------------------|------------------|----------------------|------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|---------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|---------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|----|
| CARGO GROUPS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. ACIDOS MINERALES NO OXIDANTES | | X | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | X | X | | X | X | | X | 1 |
| 2. ACIDO SULFURICO | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | | X | 2 |
| 3. ACIDO NITRICO | | X | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | 3 |
| 4. ACIDOS ORGÁNICOS | | X | | | X | X | X | X | X | | | X | | | | X | X | | | X | | | 4 |
| 5. CAUSTICOS | X | X | X | X | | | | | | | X | X | | | | X | X | | X | X | X | X | 5 |
| 6. AMONIACO | X | X | X | X | | | | | | X | X | X | X | | | X | X | | X | X | X | | 6 |
| 7. AMINAS ALIFÁTICAS | X | X | X | X | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 7 |
| 8. ALCANOLAMINAS | X | X | X | X | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | 8 |
| 9. AMINAS AROMATICAS | X | X | X | X | | | | | | | X | X | | | | | | | X | | | | 9 |
| 10. AMIDAS | X | X | X | | | X | | | | | | X | | | | | | | | | X | | 10 |
| 11. ANHIDRIDOS ORGANICOS | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 12. ISOCIANATOS | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | | | | | | | X | 12 |
| 13. ACETATO DE VINILO | X | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | 13 |
| 14. ACRITALES | | X | X | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | 14 |
| 15. ALIADOS SUSTITUTOS | | X | X | | | | X | X | | | | X | | | | | | | | | | | 15 |
| 16. OXIDOS DE ALICENO | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | 16 |
| 17. EPICOLORHIOIRINA | X | X | X | X | X | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| 18. CETONAS | | X | X | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 19. ALDEHIDOS | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | 19 |
| 20. ALCOHOLES, GLICOLES | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | X | | | | | | | | | | | 20 |
| 21. FENOLES, CRESOLES | | X | X | | X | | X | | | X | | | | | | | | | | | | | 21 |
| 22. SOLUCIÓN DE CAPROLACTAMA | | X | | | X | | X | | | | | X | | | | | | | | | | | 22 |
| 30. OLEFINAS | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30 |
| 31. PARAFINAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 31 |
| 32. HIDROCARBONOS AROMATICOS | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 32 |
| 33. MISC. MEZCLAS DE HIDROCARBUROS | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 33 |
| 34. ÉSTERES | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 34 |
| 35. HALUROS DE VINILO | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | 35 |
| 36. HIDROCARBUROS HALOGENADOS | | X | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | 36 |
| 37. NITRILOS | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 37 |
| 38. DISULFURO DE CARBONO | | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | 38 |
| 39. SULFOLADA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 39 |
| 40. ÉTERES DE GLICOL | | X | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | 40 |
| 41. ÉTERES | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 41 |
| 42. NITROCOMPUESTOS | | | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | 42 |
| 43. MISC. SOLUCIONES DE AGUA | | X | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | 43 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | |

Fuente: Tomada de (Villanueva, 2018)

h) Mercado mundial de productos químicos

El comercio marítimo internacional es el corazón y las arterias del mundo globalizado actual. Los productos químicos son materia prima en un conjunto de procesos que son utilizados en la industria. Además, es un buen indicador de la prosperidad y el nivel de desarrollo de un país, por lo que suelen ser los países tecnológicamente más avanzados los que necesitan estos productos químicos. Sin embargo, la pandemia del año 2020 ha dañado gravemente el comercio mundial. Debido al cierre del mercado por la infección del nuevo coronavirus, las importaciones y exportaciones de todo el mundo no han vuelto a la normalidad. Para analizar el impacto de la pandemia y otras condiciones en el movimiento global de productos químicos, primero debemos saber qué productos se transportan con mayor frecuencia (Aparicio, 2022). En la Tabla 2 se recopilan los productos químicos más usualmente transportados por mar (Aparicio, 2022).

Tabla 2

Tabla de Productos Químicos Transportados

| Tipo de Producto | Cantidad transportada quimiqueros (toneladas) | |
|--|--|---|
| Aceites de palma y otros aceites vegetales | 3 614 476 | 2 |
| Metano | 1 909 733 | 3 |
| Bencenos y mezclas | 1 424 325 | 3 |
| Anhídridos de amoníaco | 1 024 842 | 2 |
| Metil ter-butiléteres | 1 006 963 | 3 |
| Soluciones de hidróxidos de sodio | 811 064 | 3 |
| Monómeros de estireno | 809 418 | 3 |
| Dimetilbencenos | 749 066 | 2 |
| Fenoles | 694 788 | 2 |
| Ácidos fosfóricos | 612 955 | 3 |
| Ácidos sulfúricos | 483 242 | 3 |
| Ciclohexanos | 376 608 | 2 |
| Ácidos acéticos | 367 873 | 3 |
| Toluenos | 331 235 | 3 |
| Etilenglicol | 307 973 | 3 |
| Anilinas | 292 983 | 2 |
| Ésteres metílicos de ácidos grasos | 245 261 | 2 |
| 2-Etilexanoles | 220 619 | 2 |
| Cloruros de vinilo | 216 560 | 3 |
| Óxidos de propilenos | 201 418 | 2 |
| Acrilonitrilos | 197 348 | 2 |

| Tipo de Producto | Cantidad transportada quimiqueros (toneladas) | |
|-----------------------------|--|---|
| Nitrobencenos | 147 159 | 2 |
| Acetatos etilicos | 141 767 | 3 |
| Etilbencenos | 129 404 | 2 |
| Soluciones de formaldehidos | 121 684 | 3 |
| Metacrilatos metilicos | 110 708 | 2 |
| Acetatos vinilicos | 108 306 | 3 |

Fuente: Tomada de (Aparicio, 2022)

2) Terminal portuario

Un terminal portuario es una unidad operativa de un puerto con licencia para prestar intercambio comercial y servicios portuarios. Incluye infraestructura, áreas de almacenamiento de transporte y rutas de transporte interno (Quiroga, 2015).

Un terminal se ubica dentro de un puerto, y puede haber múltiples terminales dentro de un puerto. El carácter operativo de la terminal es su principal característica y puede constar de varios muelles o de un solo muelle (Quiroga, 2015).

El Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRAN), supervisa y regula ocho (8) terminales portuarios ubicados en diversas regiones del país, que brindan servicios a exportadores e importadores, permitiendo el intercambio de productos a nivel nacional e internacional (OSITRAN, 2018).

La infraestructura portuaria ha permitido al Perú consolidarse como uno de los centros de comercio marítimo más importantes de la región. En la Figura 5 se observan todos los terminales portuarios a nivel nacional (OSITRAN, 2018).

Figura 5

Terminales Portuarios



Fuente: Tomada de (OSITRAN, 2018).

3) Instalación portuaria

La instalación portuaria de acuerdo con la Ley del Sistema Portuario Nacional (LSPN) son infraestructuras o construcciones equipadas con dispositivos electrónicos y mecánicos, destinados al funcionamiento específico de los puertos / terminales para las actividades que en ellos se desarrollan (Quiroga, 2015).

a) Instalación portuaria especial (IPE)

Son infraestructura construidas en un puerto, destinadas a la atención de embarcaciones, a la prestación de servicios portuarios y debe contar con un Certificado de Instalación Portuaria Especial (CIPE), que avala que dicha instalación portuaria está autorizada y cumple las condiciones requeridas para operar como Instalación Portuaria Especial, de acuerdo con las normas establecidas por la Autoridad Portuaria Nacional (APN) para cargar, manipular, almacenar y descargar mercancías peligrosas (APN, 2006). En la Figura 6 se observa una Instalación Portuaria Especial Multipropósito.

Figura 6

Instalación Portuaria Especial



Fuente: Tomada de (Oiltanking, 2022)

4) Tanque de almacenamiento API 650

Es un tanque de almacenamiento que cumple con el estándar API 650 – Welded Tanks for Oil Storage. Este estándar es creado por una institución llamada API – American Institute of Petroleum, de los Estados Unidos (API, 2003).

Un tanque API 650, es un tanque de sección cilíndrica, eje vertical, base plana apoyada sobre el suelo, con presión de trabajo igual a la atmósfera o menor a 18 kPa (generalmente), temperaturas por debajo de 93 °C (generalmente) y fabricados de acero (API, 2003).

El estándar cubre requerimientos para materiales, diseño, fabricación, montaje y pruebas a tanques verticales cilíndricos, no enterrados (sobre tierra), no refrigerados, con extremo superior abierto o cerrado contruidos de planchas de acero soldadas, para almacenar crudos y sus derivados en varios tamaños y capacidades (Ticona, 2016). En la Figura 7 se observan los tanques verticales para químicos.

Figura 7

Tanque de Almacenamiento para Químicos



Fuente: Tomada de (Odfjell Terminals, 2017)

5) Tipos de tanques

De manera general, basándose en su forma de instalación, se clasifican en tanques subterráneos y tanques superficiales (Ticona, 2016).

a) Tanques subterráneos

Como su nombre indica, se entierran y mantienen el líquido almacenado aislado del suelo por una pared o membrana. Estos tanques no están expuestos a los elementos atmosféricos, sino a la acción corrosiva del suelo. Tienen la ventaja sobre los superficiales que son menos visibles y que no ocupan espacio vertical, aunque tienen la desventaja que son propensos a sufrir fugas y filtrar contenido hacia el suelo (Ticona, 2016).

b) Tanques superficiales

Son tanques con una estructura que almacena líquido sobre la superficie y aísla las sustancias. Están expuestos al viento, la lluvia y el sol. Los sistemas de extinción de incendios generalmente se instalan debido a su riesgo de incendio inherente. Además, por motivos ambientales, se pueden instalar sistemas de contención secundaria como muros o terraplenes para contener líquidos en caso de derrame. Los tanques de almacenamiento superficial se dividen en atmosférico, baja presión y esférico (Ticona, 2016).

- **Tanques Atmosféricos:** Los llamados tanques atmosféricos generalmente funcionan a una presión interna ligeramente superior a la presión atmosférica. El código API 650 define un tanque atmosférico como uno que opera con una presión de gas interna de hasta 2,5 psi (Ticona, 2016).
- **Tanques Baja Presión:** Similar al tanque atmosférico en su construcción, diferenciándose de éste ya que su estructura es capaz de soportar presiones internas de gas de una baja magnitud de hasta 15 psi (API-620). Tiene una ventilación activa que acumula una presión interna

constante y la libera nuevamente si se excede el límite establecido (Ticona, 2016).

- **Tanques Esféricos:** Estos tanques suelen estar destinados al almacenamiento de hidrocarburos ligeros. Estos tanques están diseñados para operar a presiones internas superiores a 15 psi (Ticona, 2016).

6) Clasificación según el tipo de techo

De manera general, basándose en el tipo de techo, se clasifican en tanques de techo cónico, tanques de techo fijo y tanques de techo flotante (Ticona, 2016).

a) Tanques de techo cónico

El líquido almacenado en este tanque no libera vapor fácilmente a temperatura ambiente y la presión interna del tanque no supera la presión atmosférica, lo que facilita el almacenamiento de crudo, entre otros. Están hechos de acero y soldados herméticamente para soportar presiones no mayores a la atmosféricas (Ticona, 2016).

b) Tanques de techo fijo

Tanque de techo fijo (Fixed-roof tank), el cuerpo está unido mecánicamente con el techo y por ende existe una continuidad eléctrica en todo el conjunto. La acumulación de vapor se produce entre la superficie del líquido almacenado y la parte superior del techo. Estos tanques están equipados con un sistema de ventilación y válvulas de presión y vacío. Se utilizan en productos no volátiles porque la reducción de la columna de líquido crea una cámara de aire que facilita la evaporación del líquido (Ticona, 2016).

c) Tanques de techo flotante

Este tipo de techo reduce la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, también proporciona un medio aislante a la superficie del líquido, lo que resulta en una temperatura ambiente más baja y una tasa de transferencia de

calor reducida al producto almacenado. Hacer esto evita la formación de gases (evaporación) y reduce la contaminación del medio ambiente, así como los riesgos asociados al almacenamiento de productos inflamables (Ticona, 2016).

7) Componente de seguridad de los tanques

Los tanques de almacenamiento superficiales ya sean verticales u horizontales, deben diseñarse de acuerdo con las mejores prácticas internacionales de ingeniería y los procesos operativo realizados (recepción, almacenamiento y despacho), tomando en cuenta las características de la ubicación. Los equipos instalados en función al producto por lo general son los medidores de nivel tipo radar, válvulas de presión y vacío, sensores de sobrellenado, arrestadores de flama, entre otros (DOF, 2016).

a) Medidor de nivel tipo radar

Es aquel dispositivo que mide el nivel de producto en los tanques de almacenamiento, mediante señales de radar transmitidas desde la antena en la parte superior del tanque. Tan pronto como la señal del radar se refleja en la superficie del líquido, la antena recibe un eco. Dado que la frecuencia de la señal varía, la frecuencia del eco es ligeramente diferente de la señal transmitida real. La diferencia de frecuencia es proporcional a la distancia al líquido y se puede calcular con precisión. Este método se denomina de Onda Continua de Frecuencia Modulada (Frequency Modulated Continuous Wave - FMCW, por sus siglas en inglés), y se utiliza en todos los medidores por radar de alto rendimiento (Rosemount Tank Radar, 2007). En la Figura 8. se observa un equipo de medición automática de tanque (en inglés Automatic Tank Gauging – ATG)

b) Sistema automático de prevención de sobrellenado

Son aquellos dispositivos de prevención de sobrellenado, que consiste en solucionadores lógicos y válvulas de cierre automático. El sensor (montado en el tanque) detecta cuando el nivel de líquido alcanza un nivel AOPS (AOPS, por sus

siglas en inglés, 'Automatic Overload Protection System') y hace sonar la alarma para detener el flujo de líquido al tanque antes de que ocurra un evento de derrame. También pueden hacer sonar la alarma de muy alto nivel para un cierre manual (Schilling, 2017).

Figura 8.

Transmisor e indicador de nivel tipo radar.



Fuente: Tomada de (EMERSON, 2021)

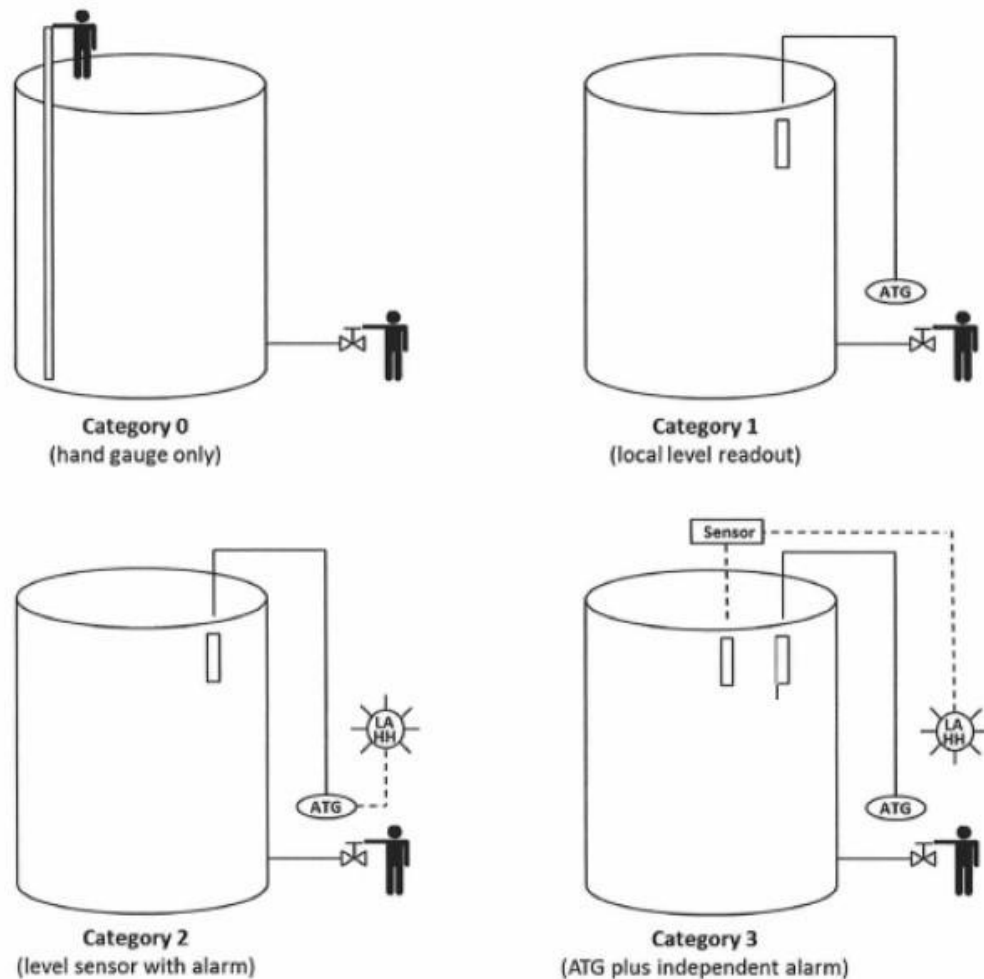
Todos los patios de tanques son diferentes y los riesgos pueden variar de acuerdo con la ubicación, los productos almacenados, la integridad del tanque y los procedimientos operativos. API 2350 Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities, clasifica los tanques en categorías de acuerdo con el nivel de atención y el grado de complejidad (Roos, 2013).

Las categorías son un medio para agrupar todas las configuraciones posibles de los sistemas de medición de sobrellenado de tanques en tres amplias categorías de configuración. Aunque la norma no dice nada sobre qué categoría es "mejor", afirmamos que, en igualdad de condiciones, cuanto mayor sea el número de categoría,

más fiable será el sistema de medición y alarma (EMERSON, 2021). En la Figura 9 se muestra un sistema de sobrellenado de tanques.

Figura 9

Categoría en sistema de sobrellenado.



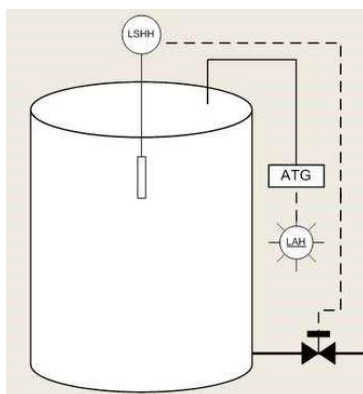
Fuente: Tomada de (EMERSON, 2021)

- Categoría 0: Depende por completo del operador y de la medición manual para evitar un sobrellenado, se monitorean localmente durante la recepción, realizando mediciones continuas cada hora.
- Categoría 1: Sistema que requiere de un instrumento de nivel local, por ejemplo, un indicador automático de tanque con una pantalla o lectura local, esta categoría solo puede utilizarse para una operación totalmente atendida porque no dispone de alarmas.

- Categoría II: Sistema que utiliza datos de nivel y alarma, que se transmite a una sala de control. Así, el operador logra hacer frente a muchas más recepciones con una frecuencia elevada.
- Categoría III: Son como los de categoría 2, pero se caracterizan por tener una alarma independiente. Se consideran la mejor configuración para las operaciones de llenado y sistemas de alarma.
- Sistema automático de prevención de sobrellenado (AOPS): Es un sistema independiente del Sistema Básico de Control de Procesos (BPCS) y puede combinarse con cualquiera de las categorías 2 o 3. En la Figura 10 se observa el equipamiento de un tanque con sistema AOPS (Automatic Overfill Protection System).

Figura 10

Sistema AOPS



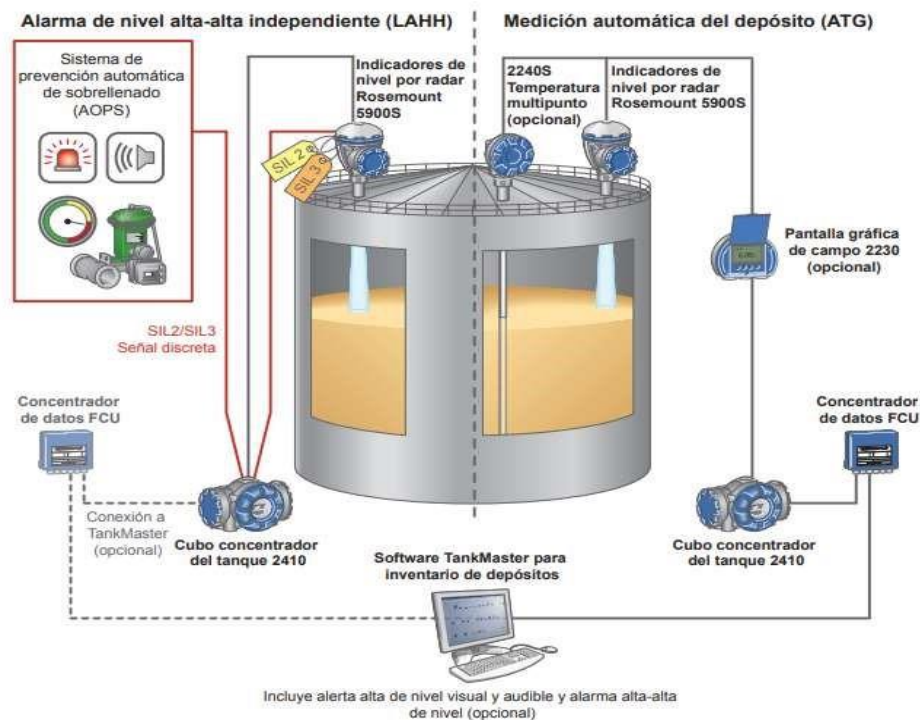
Fuente: Tomada de (EMERSON, 2021)

Básicamente cualquier patio de tanque moderno será clasificado como una instalación de categoría 3, está equipada con un medidor automático de tanque (ATG) y un sistema de prevención de sobrellenado independiente (AOPS) (Roos, 2013). En la Figura 11 se observa el equipamiento de ambos equipos.

Los sistemas automáticos de prevención de sobrellenado de las nuevas instalaciones deben cumplir con la norma de seguridad funcional IEC 61511 (IEC: International Electrotechnical Commission) de acuerdo con API 2350 Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities (API, 2005).

Figura 11

Equipamiento de un tanque con sistema ATG y AOPS



Fuente: Tomada de (Roos, 2013)

c) Válvulas de presión y vacío

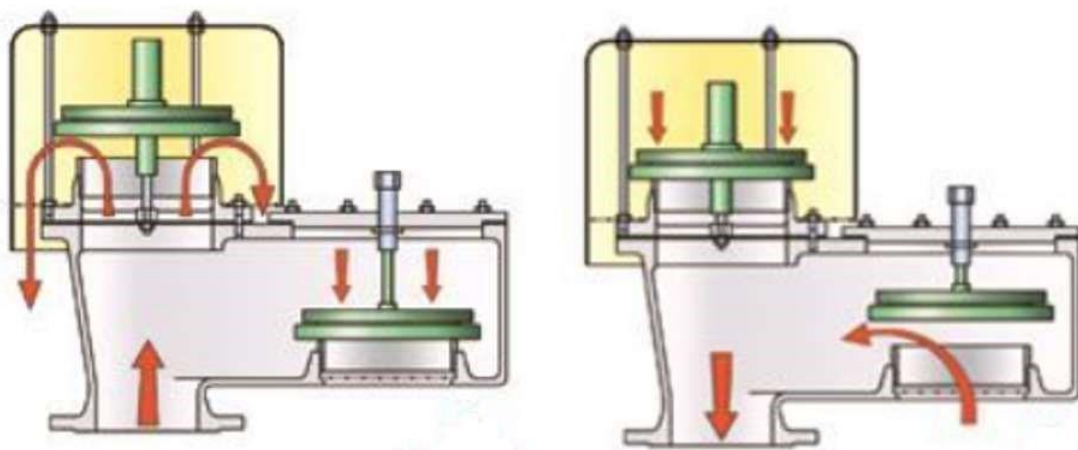
Estas son válvulas que se usan para ventilar el exceso de presión de vapor del tanque a la atmósfera y para aliviar la presión de vacío en el tanque. Para ello se utilizan platos o pallets con pesos. Esto permite que el aire ingrese al tanque y que el vapor escape del tanque debido a los cambios de calor y al movimiento del producto en el tanque. Los pallets se abren y se cierran para permitir la entrada y descarga requerida, manteniendo la presión del tanque dentro de los límites aceptables y evitando daños al tanque (Távora, 2017). Se usan habitualmente en la protección de tanques atmosféricos y de baja presión, constituyen un método eficaz para evitar colapsos en el caso de vacío o roturas de tanques por sobrepresión (Távora, 2017). En la Figura 12 se describe el funcionamiento de las válvulas de Presión y Vacío.

d) Arrestadores de flama

Dispositivo de seguridad usado como parte integral de los venteos para evitar la propagación de flama hacia el interior de un tanque de almacenamiento (PEMEX, 2007).

Figura 12

Funcionamiento de las válvulas de Presión y Vacío.



Fuente: Tomada de (PROTEGO, 2005)

El Arrestador de Flama utiliza un elemento (panel), con pequeñas aberturas uniformes que permiten el paso de gas o vapor. Este diseño de aberturas uniformes ha sido cuidadosamente construido para apagar la llama mediante la absorción del calor, esto proporciona una barrera de extinción a la mezcla de vapor de encendido (Gonzalez, 2018). En la Figura 13 se observa el diseño de arrestador de flama.

Los arrestadores de flama se instalan generalmente lo más cerca posible de la fuente de ignición, a la presión de respiraderos de vacío. Son típicamente montados en una brida o tubo que conecta el espacio del vapor de un tanque de almacenamiento o un gasoducto (Gonzalez, 2018).

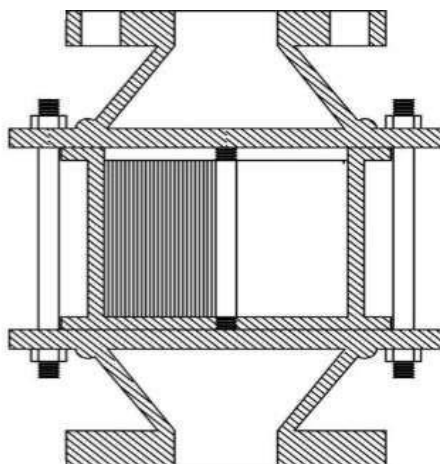
8) Hidrosulfuro de sodio (NaHS)

El Hidrosulfuro de sodio es un compuesto con la fórmula química NaHS. Este compuesto es el producto de la neutralización del sulfuro de hidrógeno con hidróxido de sodio (Vega, 2014) . El NaHS es un reactivo útil para la síntesis de compuestos de

azufre orgánico e inorgánico, a veces como un reactivo sólido, y más a menudo como una solución acuosa (Vega, 2014). En la Figura 14 se describe la producción de NaHS.

Figura 13

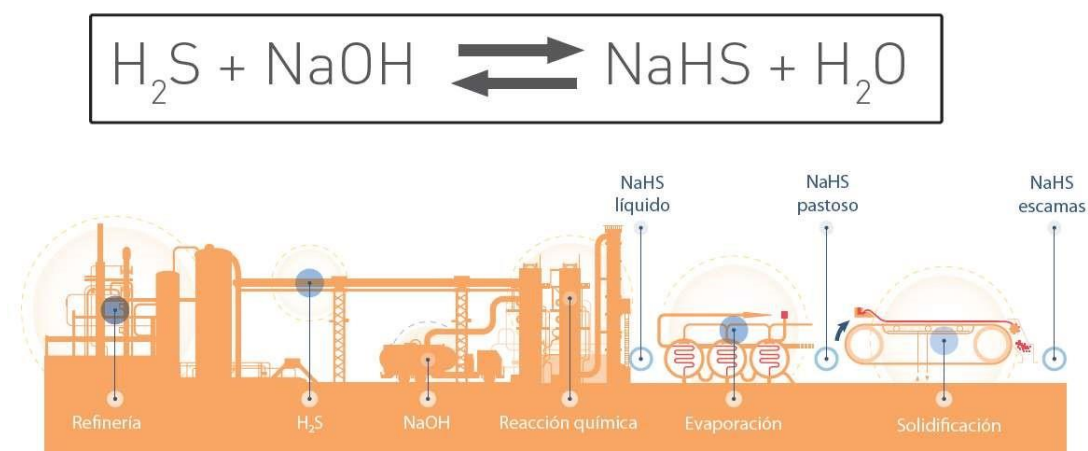
Arrestador de Flama.



Fuente: Tomada de (Gonzalez, 2018)

Figura 14

Proceso de producción de NaHS



Fuente: Tomada de (Cuadrimex Chemical, 2022)

El Hidrosulfuro de sodio se prepara por absorción de sulfuro de hidrógeno en hidróxido de sodio. Se presenta como una solución al 45 % con una gravedad específica de 1.303 y un pH de 10.4. La solución tiende a cristalizar por debajo de los 17 °C (62 °F). El sulfuro sódico se utiliza en la industria del cuero, para la flotación de minerales, en la industria papelera, en refinerías de petróleo, para regenerar sulfito de plomo y en la industria orgánica (Meyer, 1977).

La solución de Hidrosulfuro de sodio es fuertemente alcalina y soluble en agua. El NaHS es extremadamente peligroso para la salud, ya que libera el gas tóxico sulfuro de hidrógeno (H₂S) y causa irritación y quemaduras graves en la piel y las membranas mucosas (Vega, 2014).

a) Propiedades físicas y químicas

Las propiedades de la solución de Hidrosulfuro de Sodio, se detalla en la hoja de Información sobre Seguridad del Material (*Material Safety Data Sheet*, de sus siglas en ingles MSDS) es proporcionada por el fabricante (TDC Genesis Energy Company, 2016). En la Tabla 3, se indica todas las propiedades físicas y químicas.

Tabla 3

Tabla de Propiedades Físicas y Químicas

| Propiedad | | Resultado |
|--|--|---|
| Apariencia | | |
| 1. | Estado físico | Líquido. |
| 2. | Forma | Líquido. |
| 3. | Color | Amarillo a rojo a verde oscuro o negro. |
| Olor | | Huevo podrido u olor mercaptano típico. |
| Umbral de olor | | No disponible. |
| pH | | 11.5 - 12.5 |
| Punto de fusión/congelación | | No disponible |
| Punto de ebullición inicial y rango de ebullición | | 253 - 269 °F (122.8 - 131.7 °C) |
| Punto de inflamación | | No disponible. |
| Tasa de evaporación | | No disponible. |
| Inflamabilidad (sólido, gas) | | No aplicable. |
| Límite superior/inferior de inflamabilidad o explosividad | | |
| 1. | Límite explosivo - inferior (%) | 4 % (sulfuro de hidrógeno) |
| 2. | Límite explosivo - superior (%) | 46 % (sulfuro de hidrógeno) |
| Presión de vapor | | 17 mm Hg (68 °F (20 °C)) |
| Densidad de vapor | | 1.17 (Aire = 1) |
| Densidad relativa | | 1.152 - 1.331 (H ₂ O=1) |
| Solubilidad(es) | | |
| 1. | Solubilidad (agua) | Completamente soluble en agua. |
| Coefficiente de reparto (n-octanol/agua) | | No disponible. |
| Temperatura de encendido automático | | No disponible. |
| Temperatura de descomposición | | No disponible. |
| Viscosidad | | No disponible. |
| Otra información | | |
| 1. | Propiedades explosivas | No explosivo. |
| 2. | Propiedades oxidantes | No oxidante. |
| 3. | Libras por galón | 9.6 - 11.1 lb/gal |

Fuente: Tomada de (TDC Genesis Energy Company, 2016)

9) Sulfuro de hidrógeno (H_2S)

El sulfuro de hidrógeno tiene la fórmula química H_2S . Es un gas incoloro, muy venenoso, inflamable y con el característico mal olor de los huevos podridos. Suele ser el resultado de la descomposición bacteriana de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. El sulfuro de hidrógeno es ligeramente más pesado que el aire, con una gravedad específica de 1.363 g/l. Su número Chemical Abstracts Service (de sus siglas en inglés CAS) es 7788-06-4 y su peso molecular es de 34.0822 g/mol. Su punto de fusión es 80.3 °C y su punto de ebullición -60.3 °C. Una mezcla de H_2S y aire es explosiva. En general, este compuesto actúa como agente reductor. Es soluble en agua a 0.41 g/100 ml (20 °C) y 0.255 g/100 ml (90 °C). El H_2S es soluble en disulfuro de carbono, metanol, acetona y alcanolaminas. El calor de formación, ΔH_f , es de -20.599 kJ/mol (Ropp, 2013).

El petróleo crudo contiene pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno, mientras que el gas natural puede contener hasta un 90%. Alrededor del 10% de las emisiones de H_2S del mundo provienen de actividades humanas. La ruta industrial más grande hacia el H_2S ocurre en las refinerías. Otras fuentes de sulfuro de hidrógeno son los hornos de coque, las fábricas de papel (que usan el proceso de sulfato) y las curtidurías donde se usa Na_2S para procesar la piel de vaca y convertirla en cuero. El H_2S surge prácticamente en cualquier lugar donde el azufre elemental entra en contacto con material orgánico, especialmente a altas temperaturas (Ropp, 2013).

El sulfuro de hidrógeno es extremadamente letal y 0.0047 ppm (4.7 ppb) en el aire es el "umbral de reconocimiento", la concentración a la que los seres humanos pueden detectar el olor característico del sulfuro de hidrógeno: menos de 10 ppm tiene un límite de exposición de 8 h al día; 1020 ppm es la concentración límite para la irritación ocular; 50-100 ppm provoca daños oculares; a 150-250 ppm el nervio olfativo se paraliza tras unas pocas inhalaciones, y el sentido del olfato desaparece, a menudo junto con la conciencia del peligro; 320-530 ppm provoca un edema pulmonar con

posibilidad de muerte; 530-1000 ppm provocan una fuerte estimulación del sistema nervioso central y una respiración rápida, con pérdida de la respiración; 800 ppm es la concentración letal para los seres humanos para una exposición de 5 minutos; y las concentraciones superiores a 1000 ppm provocan un colapso inmediato con pérdida de la respiración, incluso tras una sola inhalación (Ropp, 2013).

10) Sistema de recuperación de gas H_2S

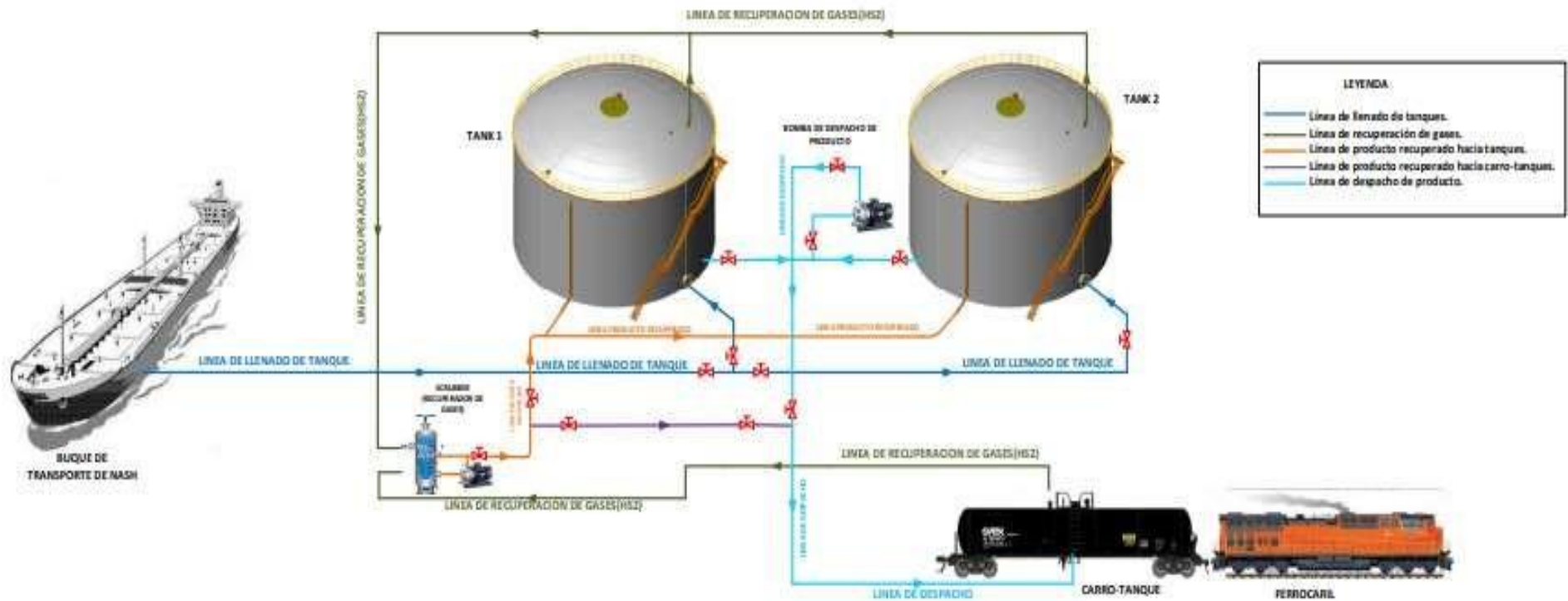
Un sistema recuperador de gases que consta de un tramo de tuberías por donde el gas será transportado y llevado a un scrubber (lavador de gases) donde se hará una mezcla química entre el H_2S y soda caustica (Vega, 2014). En la Figura 15 se observa el diagrama del sistema de recuperación de H_2S .

a) Scrubber o lavadores de gases

Los scrubber son generalmente verticales y circulares en sección transversal. El líquido de lavado cae debido a la gravedad y los gases contaminantes fluyen desde abajo. El gas libre de partículas contaminantes se descarga desde la parte superior de la torre. Con el fin de aumentar el contacto del líquido con las partículas contaminantes, se acostumbra a colocar algunos baffles perpendiculares al flujo (Vega, 2014).

Figura 15

Diagrama del Sistema de Recuperación de Gases H₂S



Fuente: Tomada de (Vega, 2014)

B. Marco conceptual

Se describen o analizan los principales conceptos que se utilizan en la investigación

- Estimado Tiempo de Arribo (ETA, Estimated Time Arrival): Fecha estimada de arribo del buque en las instalaciones de la terminal.
- Conocimiento de Embarque (Bill of Lading): Documento de conocimiento de embarque, en la cual indican las cantidades a descargar.
- Pre Arribo Buque-Terminal / Terminal–Buque (Pre Arrival – Vessel to Terminal / Terminal to Vessel): Documento intercambiado entre el buque y la terminal, donde se manifiesta los requerimientos mínimos que deben ser considerados para la descarga de producto.
- Capacidad de Recepción: Capacidad disponible de almacenamiento en cada uno de los tanques, se calcula con el uso de las tablas de cubicación.
- Presión de Trabajo (Working Pressure): Es la presión normal de trabajo durante la descarga de producto a través de las mangueras y tuberías.
- Muelle: Para la transferencia de productos químicos desde el buque tanque hasta la terminal de almacenamiento se utiliza el Muelle “A”.
- Planeamiento de Descarga: Documento que oficializa el orden o la secuencia de tanques programados para recibir producto.
- Régimen (Rate): Régimen o flujo de producto descargado, medido horariamente.
- Zona Estanca: Se encuentran dentro de las áreas estancadas de seguridad con capacidad para retener el 110% del volumen de tanque de mayor tamaño. Esta zona se encuentra recubierta completamente con geomembrana para evitar filtraciones al subsuelo en el caso que se produzca un derrame de producto.
- Camión Cisterna: Es un conjunto de vehículos terrestres (convoy) formado con un tractor y un tanque en el chasis de una plataforma articulada.

- Buque tanque: Embarcación diseñada y usado para el transporte marítimo de hidrocarburos líquidos.
- Bodega: Compartimiento de una embarcación en el que se almacena el producto.
- Puerto: Es el lugar geográfico donde se encuentra los terminales, terrestres y acuáticos, que son acondicionados para las actividades portuarias, como por ejemplo descarga de buque.
- Aforo o sondeo en medición: El sondeo representa la profundidad del líquido en el tanque. Se determina restando el vacío observado a la altura total medida desde el punto de referencia hasta el fondo del tanque (placa de medición).
- Tabla de aforo o tabla de cubicación: Esta es una tabla que establece una correlación entre el volumen que contiene un tanque y los diferentes niveles de líquido en el tanque medidos desde un punto de referencia.
- Cantidad a Bordo (OBQ, Onboard Quantity): Es la cantidad de producto depositado en la bodega, espacios vacío o tubería antes de la carga. Esta cantidad a bordo incluye petróleo, residuos de petróleo, emulsiones de agua, lodo y sedimentos.
- Remanente a Bordo (ROB, Remaining Onboard): El volumen que queda en la bodega o tubería después de la descarga. Dichos remanentes a bordo incluyen agua, aceite, desechos, residuos de aceite, emulsiones de agua y aceite, lodos y sedimentos.
- Altura de Referencia: Es la distancia desde el punto de medición o placa de medición en el fondo del tanque hasta el punto de referencia.
- Cliente: Personas naturales o jurídicas que reciban o entreguen hidrocarburos para su almacenamiento en puntos de conexión.
- Babor (P): Es la parte izquierda del buque, observado de popa a proa.
- Estribor (S): Es la parte derecha del buque, observado de popa a proa.
- Popa: Parte posterior del buque.
- Proa: Parte delantera del buque.
- Eslora: Largo del buque.

- Manga: Ancho máximo del buque medido en el casco.
- Distribuidor (Manifold): Sistema de tuberías y válvulas que permite la derivación de un producto a los tanques de almacenamiento.
- Inspector (Surveyor): Es la persona calificada que representa a los propietarios del producto en el momento de la descarga y o despacho en el buque tanque.
- Sistema Automático de Prevención de Sobrellenado (AOPS, Automatic Overload Protection System): Sistema cuya configuración de medidores de nivel cuenta con un sensor independiente de sobrellenado que acciona a una válvula de ingreso de producto.
- Medidor Automático de Tanque (ATG, Automatic Tank Gauging): Medidor automático de nivel de tanque tipo radar.
- Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition): Software de gestión de la producción que se comunica con los dispositivos de campo y controla automáticamente los procesos desde la pantalla de una computadora.
- Maestro de Carga (Loading Master): Tiene a su cargo la coordinación y dirección de las operaciones de carga/descarga de líquidos y gases en las distintas instalaciones portuarias.
- Primer Oficial (Chief officer): Es la persona encargada de la carga y descarga del barco y la jefatura del departamento de cubierta.
- Reunión Clave (Key Meeting): Es la reunión de inicio, donde todas las partes involucradas en la transferencia de producto se informan, planifican y concuerdan los distintos aspectos y etapas del proceso a desarrollar.
- Sistema de calefacción por cable (Trace heating): Es la cinta de calor eléctrico o cables de trazado de calor en la superficie, que es un sistema utilizado para mantener o elevar la temperatura de las tuberías y recipientes.

- Tara: Masa del recipiente o del vehículo donde se contiene o transporta unas mercancías.
- Peso Neto: Es el peso del cuerpo o material de la mercancía, sin considerar el envase o embalaje.
- Peso Bruto: Es el peso del producto (neto) incluyendo del contenedor o empaque (tara).

III. Desarrollo del trabajo de Investigación

Las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho en la Terminal, es importante para el suministro de químicos a los yacimientos mineros al sur del país, dichas operaciones se realizan con la máxima seguridad, debido a la peligrosidad del producto químico como el Hidrosulfuro de sodio (NaHS). La responsabilidad con la seguridad del personal y la del medio ambiente en la etapa de recepción va desde el amarre del buque al muelle hasta finalizada la descarga de producto, de igual forma durante la etapa de almacenamiento en los tanques atmosféricos y en la etapa de despacho a los camiones cisterna, cumpliendo con las normativas nacionales e internacionales.

A continuación, se desarrollará de forma detallada cada etapa de las operaciones desde la llegada del buque, recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos.

A. Planeamiento de recepción de producto

Antes de la llegada del buque al muelle, se intercambia información entre el buque y la terminal, se envían los documentos (Pre Arribo Terminal – Buque y Pre Arribo Buque – Terminal), a través del agente naviero, quien es el intermediario entre el buque y la terminal. Así mismo la agencia envía con anticipación los documentos de conocimiento de embarque Bill of Lading (B/L), que son documentos en donde se informa la cantidad en toneladas del producto a descargar y su procedencia.

Los documentos de Pre Arribo es la comunicación escrita que existe entre la terminal y el buque, indicando los parámetros que tienen ambos para descargar el producto, por ejemplo, el diámetro y cantidad de conexiones, calado máximo, eslora, producto, temperatura, presiones entre otros. En la Tabla 4 se observan los parámetros de operación de recepción.

Tabla 4***Tabla de Parámetros de operación***

| Parámetros | Rango |
|-----------------------------|--------------|
| Caudal de operación | 200-260 t/h. |
| Presión máxima de operación | ≤ 7 bar |
| Temperatura de operación | 38-42 °C |
| Concentración | 42-45 % |
| Potencial de hidrógeno (pH) | 11-12 |

Fuente: Elaboración propia

Después del amarre del buque en el muelle, el Loading Máster sube a bordo y será el responsable de las coordinaciones entre el buque y la terminal, estará de forma permanente a bordo durante toda la descarga a cargo de la operación. La descarga es directa desde el buque tanque hacia los tanques de almacenamiento ubicados en la terminal.

1) Determinación de la capacidad de recepción

El personal a cargo, con ayuda de las tablas de cubicación de los tanques, realiza los cálculos y confirma la capacidad disponible de recepción en cada uno de los tanques. Con los resultados de los cálculos y con el conocimiento de las cantidades de producto consignado para cada cliente (Bill of Lading), se preparará el documento del planeamiento de la descarga que se utilizará durante la operación. El planeamiento de descarga es el documento en el que se oficializa la orden o la secuencia de tanques que irán recibiendo producto durante la descarga.

2) Preparación de tanques

El cliente designará a un inspector o surveyor independiente para realizar mediciones de nivel, temperatura y muestreo del producto de los tanques de almacenamiento que reciben el producto. Los inspectores independientes siempre realizan las mediciones de los tanques junto con los representantes de la terminal. Es muy importante que los equipos que se utilicen deban contar con un certificado de calibración.

Para la preparación de los tanques programados, se tomará como referencia la información proporcionada por la sala de control, como son los datos de nivel y temperatura desde el sistema SCADA.

3) Operaciones con el buque tanque amarrado

Una vez que el buque tanque se encuentre amarrado en el muelle y recibido por las autoridades del puerto, las primeras personas en abordar para realizar las inspecciones y coordinaciones para la descarga de producto, es el Loading Master que estará a cargo de las operaciones en representación de la terminal y el inspector independiente (surveyor) que estará en representación del cliente.

El *Loading Master* y el Primer Oficial, realizan la reunión clave (*Key Meeting*), donde se revisa el planeamiento de descarga entregada por la terminal y se verifican los acuerdos para la descarga del producto, como por ejemplo los tanques del buque a descargar, la presión y régimen de descarga. De igual forma se revisa la documentación solicitada por el *Loading Master*, los cuales son los siguientes: los datos del barco (*Ship's Particulars*), plan de estiba (*Stowage plan*), ultimas cargas (*Last cargass*), lista de verificación de seguridad buque costa y la carta de alistamiento (*Notice of Readiness*)

Establecidos los acuerdos con el buque tanque, se solicitará al Primer Oficial la autorización para realizar la inspección de seguridad del buque, la misma que contempla los alcances:

- La existencia y buen funcionamiento de las duchas lava ojos en zona cercana al manifold del buque.
- Existencia, alineamiento y buen funcionamiento de los lanzadores del sistema contra incendio.
- La correcta posición de los cables de remolque para casos de desamarre de emergencia que estarán ubicados en la proa y popa del buque.

a) Preparación de tubería de recepción

El Loading Master solicitará al Primer Oficial la conexión de las mangueras de descarga al manifold del buque. En el muelle se tiene un prefabricado para la recepción de producto. El prefabricado está compuesto por mangueras flexibles de 6" de diámetro de caucho sintético en paños de 10 metros de longitud y por tramos de tubería de acero al carbono de 6" de diámetro y de 6 metros de longitud.

b) Conexión de cisternas en puente de despacho de muelle

En el muelle se cuenta con una instalación para despacho de cisternas, el cual se conecta a través de la manguera de carga de 3", esto se realiza como respaldo en caso de detectar alguna fuga en la línea de recepción durante la descarga. Esta instalación es utilizada en la operación de drenado de la tubería de recepción al finalizar la operación de descarga de producto desde el buque tanque. El sistema de despacho cuenta con instrumentación para controlar la carga de producto de manera manual y automática, acoples de carga de tipo seco para el producto, un acople de tipo seco para la recuperación de vapores, sensores de nivel y de puesta a tierra.

c) Prueba de hermeticidad de mangueras y tuberías de descarga

El personal del muelle está encargado de realizar la prueba de hermeticidad a las mangueras y tuberías conectadas con inyección de nitrógeno a una presión de 90 psi durante 10 min. El tramo por verificar comprenderá desde el manifold de buque hasta la válvula final del prefabricado de tuberías (tramo donde se ha realizado conexiones y ajustes de las uniones bridadas). Los parámetros de prueba para la descarga oscilarán entre 90 y 100 psi.

Se verificará la existencia de fugas en las conexiones embridadas utilizando agua jabonosa y se comunicará al Loading Master. Una vez se haya comprobado que no exista fugas se dará por concluida la prueba.

d) Alineamiento de válvulas

Durante la operación de descarga, el alineamiento de las válvulas de control (antes, durante y al término de la descarga); está bajo la responsabilidad del Loading Master. Antes de iniciar las operaciones, se confirmará el estado de las comunicaciones radiales, realizando las pruebas de comunicaciones con el personal involucrado en el muelle, sala de control y zona de almacenamiento.

Se confirma con sala de control de la terminal que el tanque programado para la recepción de producto y la cantidad consignada este de acuerdo con el planeamiento de la descarga, así mismo, se informa las características principales de la calidad del producto que se descargará de acuerdo al análisis de la muestra extraída por el inspector independiente; para su aprobación. Dependiendo del resultado del análisis de la calidad de la muestra extraída y habiendo recibido la conformidad de la terminal, el Loading Master autorizará la descarga de producto del buque tanque hacia la terminal de almacenamiento.

El personal de la zona de almacenamiento apertura completamente las válvulas del tanque receptor y abrirá la válvula de la línea de recepción de 8" ubicado en la zona estanca, de igual forma se apertura la válvula de bola de 2" de recuperación de vapor. Se coordinará con el personal de muelle la apertura de dichas válvulas y se verificará con el Loading Master que la válvula del manifold del buque esté abierta al 100%.

4) Inicio de descarga

El Loading Master coordina con el Primer Oficial del buque tanque el inicio del bombeo de producto hacia los tanques de almacenamiento con una presión inicial de 1 bar. El bombeo debe comenzar a baja presión e irse aumentando

progresivamente hasta llegar a la máxima presión acordada, para de esta manera evitar que se forme un vacío en las mangueras y, por ende, éstas se deformen.

El personal encargado en la terminal deberá comunicar cuando el producto llegue al tanque. Inmediatamente deberá cerrar la válvula de bola de 2" de diámetro en la línea de recuperación de gases y de esta manera evitar que el producto filtre a la línea de recuperación de vapores.

a) Control y monitoreo de la recepción de producto

Durante la operación de descarga de buque tanque, el Loading Master y el personal designado tanto en la terminal de almacenamiento como en zona de muelle realizarán el control y monitoreo de la recepción de producto a través de las siguientes actividades:

- El Loading Master realizará el monitoreo horario del régimen de descarga, el control de presiones y de temperatura del producto según la información del buque y la compara con la información recibida de la terminal. Así mismo se registra todas las ocurrencias durante la descarga. Se registra horariamente las presiones y temperaturas, las cuales son tomada del manómetro instalado en el manifold del buque y la temperatura es entregada por el piloto del buque.
- El personal de muelle comunica horariamente al Loading Master el estado de las tuberías y conexiones bridadas, estas no deben presentar fugas, de igual forma se lleva un registro de presiones en la línea durante toda la descarga.
- El personal de la terminal realizará el monitoreo horario del régimen de descarga, el control de presiones y de temperatura del producto que se está recibiendo, comparándolo con la información recibida del buque a través del Loading Master. Se revisa el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento de vapores de H₂S (Scrubber).

5) Finalización de descarga

El Loading Master comunica al personal del muelle, que el buque empieza a reducir gradualmente la presión de descarga y verifica que la lectura descienda a 0 psi en el manómetro de la tubería. Luego se comunica el término de la descarga y se confirma el cierre de la válvula del manifold del buque. El Personal en la zona de tanques procede al cierre de las válvulas de los tanques receptores, de acuerdo con el plan de descarga.

Finalizada la descarga se procede al desplazamiento de producto de la tubería de recepción. Para realizar el desplazamiento del producto, el personal del muelle se encarga del alineamiento de las válvulas de la línea de recepción hacia el puente de despacho, el cual se encuentra conectado a un camión cisterna para recibir la cantidad recuperada del drenaje. La operación de drenaje se realiza con inyección de nitrógeno a 40 psi, para recuperar el producto remanente de las tuberías y mangueras. Así mismo desplazar los vapores de H₂S hacia el lavador de gases (scrubber).

El personal del muelle monitorea la cantidad de producto recuperado a través de un flujómetro en el puente de despacho y observa que el flujo sea constante. Terminado el desplazamiento se procede a cortar la inyección de nitrógeno, se despresuriza la línea y se da autorización para iniciar la desconexión de la manguera del manifold de buque.

6) Tratamientos a fugas de gases en los tanques, buque y cisternas.

El tratamiento de los gases generados durante todo el proceso que va desde la recepción de producto desde el buque, almacenamiento en los tanques atmosféricos y finalizando en las operaciones de despacho a camiones cisternas, son direccionado a través del sistema de recuperación de vapores, los cuales son tratados en el lavador de gases o scrubber, con una solución de soda caustica utilizado para neutralizar los vapores de H₂S generados.

- En el buque, los tanques son hermético, cuentan con un sistema blanketing con nitrógeno, el cual consiste en un método seguro y confiable para mantener constantemente con una capa protectora de gas inerte en la parte superior de la superficie, con esta técnica se evita la evaporación de producto, así como la eliminación de contaminantes que pueda degradar el producto.

En caso de posibles fugas, se activa la parada de emergencia (*ESD / Shut Down*) y se monitorea con los detectores multigas portátiles y fijos, estos sistemas requieren la presencia de sistemas de alarmas en aquellos espacios donde se encuentra la carga, incluido los espacios para los compresores, espacios donde se encuentre combustible, y otros espacios con posibilidades de contener la carga vaporizada. Al conectarse con el sistema en tierra, los sistemas de instrumentos y de transferencia de producto de buque a la terminal actúan como un solo sistema, permitiendo paros de emergencia del sistema completo desde el buque y desde la terminal. Personal hace uso de sus trajes de nivel A, equipados con los equipos aire autocontenidos (SCBA) para ingresar y detectar la fuga y posteriormente reparación, caso probable de un cambio de empaque en la brida de línea de vapores o colocación de abrazadera en tubería.

- En los tanques de almacenamiento y en la zona de carga de cisternas, se cuenta con un sistema de recuperación de vapores, en la cual los vapores generados son tratados en el *scrubber*. El flujo de vapor generado ingresa por la parte inferior de la torre de neutralización del *scrubber* y por la parte superior ingresa la solución de soda caustica, se da un flujo en contracorriente sobre una superficie (esferas) interna del scrubber, para que se pueda dar la neutralización.

En caso de posibles fugas, se activa el plan de emergencia, se monitorea con los detectores para gases estacionarios y portátiles, lo cual activa alarma sonora y visual de forma local y remota a sala de control. Personal hace uso de sus trajes de nivel A con equipo de aire autocontenido SCBA para posible cambio de empaque en brida de línea de vapores o colocación de abrazadera en tubería.

B. Operación del sistema de almacenamiento

En el proceso de almacenamiento finalizado la recepción, se realiza una verificación de los niveles de producto en cada tanque, la medición de niveles se realiza de forma manual, utilizando una wincha calibrada.

Los tanques de almacenamiento cuentan con medidores de nivel tipo radar y sensores de sobrellenado independientes, los cuales determinan los volúmenes máximos de operación durante la recepción de producto o durante la transferencia entre tanques. En la Tabla 5, se observa los volúmenes máximos operativos.

Tabla 5

Tabla de Volúmenes de tanques de almacenamiento

| Descripción | Volumen de almacenamiento (m ³) | | | | | |
|-------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Número de tanque | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Volumen total | 1 700 | 1 700 | 1 700 | 1 700 | 1 700 | 1 700 |
| Volumen de sobrellenado | 1 684 | 1 603 | 1 690 | 1 688 | 1 674 | 1 675 |
| Volumen operativo | 1 530 | 1 553 | 1 546 | 1 553 | 1 521 | 1 521 |

Fuente: Elaboración propia

Los tanques están ubicados dentro de la zona estanca o zona de contención con una capacidad de retener el 110 % de volumen del tanque de mayor capacidad, en caso de derrame. Los tanques se encuentran interconectados, haciendo posible realizar operaciones de transferencia de producto entre tanques. Durante el almacenamiento, los tanques cuentan con los siguientes accesorios de seguridad:

- Los arrestadores de flama instalados en el techo del tanque, a una brida de 6", que sirve para contener cualquier explosión que suceda dentro y fuera del tanque.
- Las válvulas de presión vacío, que permite la salida de vapores e ingreso de aire al tanque de almacenamiento, evitando los problemas de sobrepresión de vapores y de implosión de tanque cuando se realizan las operaciones de despacho.
- Los transmisores e indicadores de nivel tipo radar que facilita la medición remota, desde sala de control y localmente en la zona de almacenamiento.
- Los tracer eléctricos y recubrimiento externo con lana mineral de 10 centímetros de espesor, que mantienen la temperatura de almacenamiento del producto, tanto en la tubería como en el tanque respectivamente.

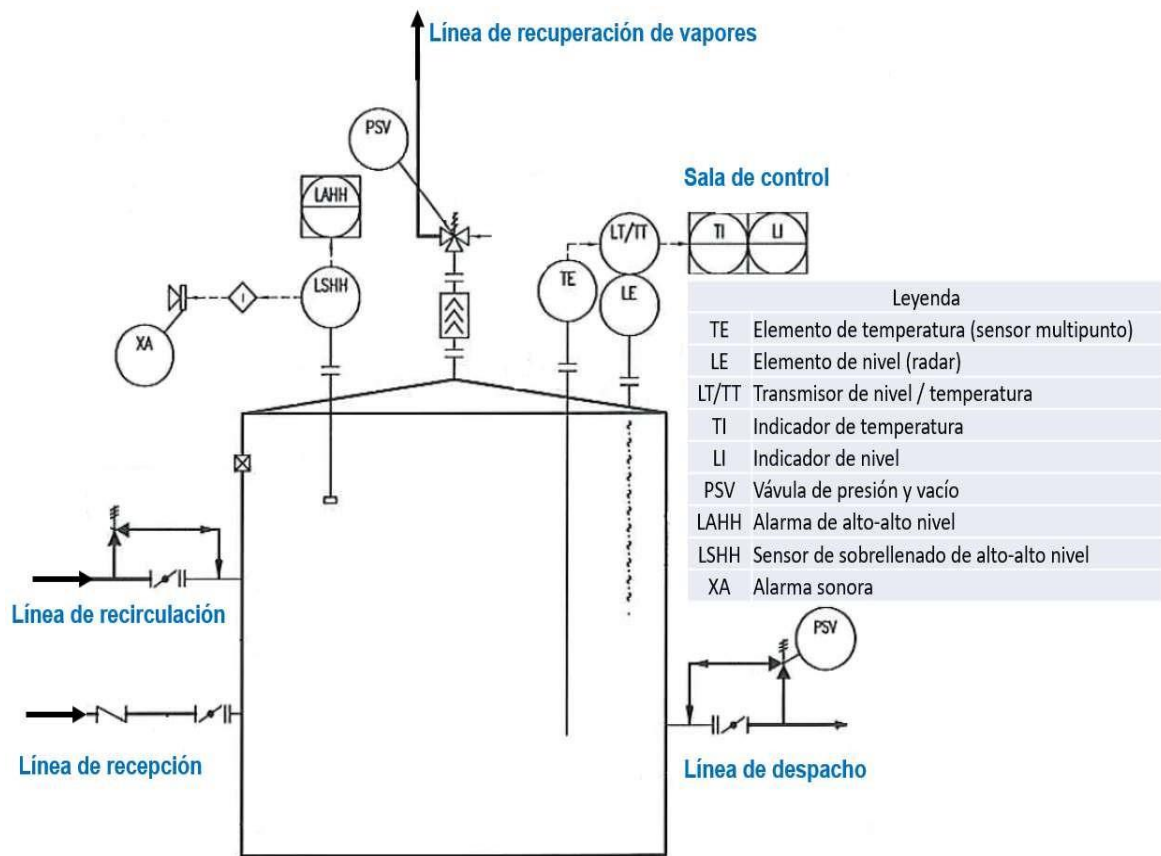
Durante el almacenamiento, uno de los parámetros importante es la temperatura, debido a la propiedad del producto que tiende a cristalizarse por debajo de 18 °C, la temperatura promedio de almacenamiento está en el rango de 35 a 40 °C. En caso exista una disminución de la temperatura, se activa los trace heating, para mantener la temperatura al valor seteado.

Otro parámetro importante es el control de emanación de vapores de H₂S, los cuales son recuperados y direccionados hacia el lavador de gases (scrubber), el cual funciona las 24 horas, neutralizando todos los vapores provenientes de los tanques de almacenamiento y de los puentes de despacho.

En la Figura 16 se observa el diagrama de proceso del tanque con sus componentes de seguridad para el almacenamiento de producto.

Figura 16

Diagrama de proceso de los tanques de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

1) Control de inventario

La medición diaria se realiza mediante un sensor tipo radar y un sensor de temperatura multipunto instalado en los tanques de almacenamiento. Ambas señales están integradas al sistema de control de operaciones que se realiza desde la sala de control. Este control de mediciones y cantidad existente de producto son revisadas por el personal de la terminal, las cuales son enviadas a los clientes todas las semanas. Es importante llevar el control de inventario, para determinar la capacidad disponible de la terminal de almacenamiento, llevando un control de los ingresos y salidas del producto almacenado.

2) Control de calidad

El control de calidad está a cargo del inspector independiente quien realiza la toma de muestra en los tanques de buque y en los tanques de tierra, para luego ser llevado a laboratorio para su análisis.

Los análisis que se realizan corresponden a:

| | |
|-------------------|---|
| Apariencia | Amarillo a rojo a verde oscuro o negro. |
| Ph | 11.5 - 12.5 |
| Densidad relativa | 1.152 – 1.331 |

El inspector emite el certificado de calidad con los resultados antes y después de la descarga. De igual forma la muestra tomada en buque y tierra, se queda custodiada por la terminal por un periodo de 3 meses.

3) Mantenimiento de tanques

En esta parte se describe de manera detallada las actividades previas al mantenimiento del tanque, el cual involucra la dilución, venteo, ingreso y limpieza del tanque de manera segura salvaguardando la integridad física de las personas, el cuidado del medio ambiente y las instalaciones. Se deberá verificar el cumplimiento de las siguientes actividades:

- Revisión y difusión de los procedimientos de limpieza, instalación de facilidades y control de accesos.
- Los instrumentos para monitoreo de gases ácidos (H_2S) y % LEL deben tener vigentes sus certificados de calibración y funcionando correctamente.
- Haber identificado todos los puntos de monitoreo de %LEL y [ppm] de H_2S
- Haber realizado la desconexión eléctrica de todos los accesorios del tanque, incluyendo luminarias de techo.
- Desconexión eléctrica de los postes y/o puntos de energía eléctrica ubicados en la periferia del tanque.

- Clausurar todos los sumideros, drenajes y/o cajas eléctricas a ras del suelo.
- Contar con los equipos ATEX (ATmospheres EXplosibles) requeridos y con sus respectivos certificados.
- Contar con todos los equipos Contraincendios (Mangueras y extintores).
- Contar con todas las facilidades y equipos para limpieza y retiro de sólidos.
- Contar con bandejas para recolección del producto.
- Bomba neumática y compresor operativo.
- Tomas eléctricas habilitadas en las zonas permitidas (Zona en frío).
- Contar con todos los equipos de protección respiratoria para las cuadrillas de trabajo y limpieza.
- Asegurar el correcto funcionamiento del scrubber y realizar el cambio de la solución de NaOH saturada por una nueva solución. (El funcionamiento del scrubber deberá ser continuo durante todos los trabajos de limpieza).

Luego de verificar las actividades previas descritas anteriormente, se procede a realizar los siguientes trabajos:

- Transferir producto a otro tanque hasta alcanzar los niveles máximo de succión permitida (alcanzar las alarmas de bajo nivel).
- Proceder aislar y cegar el tanque con el mínimo nivel de líquido en su interior.
- Las tuberías de despacho y recepción tendrán que ser aisladas y cegadas.
- El tanque tiene que estar desenergizado eléctricamente.
- Los drenajes, pozas y sumideros, puntos eléctricos a tierra, sellados, secos o cubiertos con mantas.

- Se procede a instalar el extractor en el techo del tanque, colocando la manga de succión en la boquilla de 8" en la parte de succión del tanque y la manga de descarga está conectada a la tubería que alimenta al scrubber, con el objetivo de pasar todo el flujo de H_2S .
- Una vez instalado el extractor y ventilador, se deberá empezar con el proceso de dilución de los vapores de H_2S y posterior desgasificación del tanque, el venteo se realizará de forma continua hacia el scrubber.
- En efecto de dilución es para tener la menor concentración posible de H_2S para lo cual se deberá encender el ventilador durante unos 15 - 20 min (caudal: 3,800 m³/h) manteniendo el extractor apagado. El objetivo es poder llenar de aire todo el recinto del tanque de manera que haga un efecto diluyente en la concentración de H_2S antes de encender el extractor con descarga al scrubber. Luego proceder a encender el extractor para evacuar los gases ácidos.
- Durante esta etapa se deberá evaluar la explosividad y concentración de H_2S de manera frecuente.
- Se deberá llevar el control y registro de las concentraciones de H_2S , oxígeno y % LEL de manera continua. (Concentraciones de H_2S por debajo de TWA 20 ppm, limite medio ponderado).
- Luego se procede al ingreso y limpieza del tanque, previa evaluación de las condiciones atmosféricas al interior del tanque. El ingreso será bajo el permiso de ingreso a espacios confinados y todos los controles procedimentales establecidos.
- Las cuadrillas de limpieza estarán compuestas de 3 a 4 personas, las cuáles contarán con protección respiratoria autónoma, máscaras full face, trajes químicos, guantes y botas resistentes a productos químicos corrosivos.

- Todos los equipos que se utilicen para el retiro de borras y/o residuos al interior del tanque deberán ser de materiales que no generen chispas al momento de la fricción.
- Las cuadrillas trabajarán de forma intercalada y cada cuadrilla no trabajará más de 30 min debido a la atmosfera caliente que hay dentro del tanque.
- Se rociará agua a presión al interior del tanque para bajar la concentración de H₂S y empezar con la limpieza de las paredes. Luego se procede a drenar la borra hacia el tanque Slop.
- Una vez retirado las borras en el interior se procederá al lavado con agua a presión en el interior del tanque, esto favorecerá a mejorar las condiciones ambientales dentro del tanque disminuyendo las concentraciones de %LEL y [ppm] de H₂S.
- Durante este proceso el tanque seguirá el proceso de desgasificación evacuando los gases a través del extractor y el scrubber.
- De ser necesario se repetirá el procedimiento de desgasificación con ventilación forzada y lavado hasta conseguir una atmosfera segura y el espacio sea declarado abierto.
- En la Tabla 6 se muestra el límite promedio ponderado en el tiempo (TWA), respecto a la exposición laboral para H₂S

Tabla 6

Exposición promedio para el H₂S, según OSHA

| Autoridad | Descripción | Límite medio ponderado en el tiempo (TWA) | Límite de exposición de corta duración (STEL) |
|-----------|-------------|---|---|
| OSHA | PEL | 20 ppm Límite máximo | 50 ppm durante 10 min. |

STEL: Límite de exposición de corta duración (es la exposición media aceptable durante un breve periodo de tiempo, normalmente 10 min).

TWA: El límite promedio ponderado en el tiempo, es la exposición media durante un periodo de tiempo especificado, normalmente de 8 a 10 horas.

PEL: El límite de exposición permisible, es un límite legal en Estados Unidos para la exposición de un empleado a una sustancia química o agente físico.

Elaboración: Propia.

- Para declarar un espacio confinado abierto, se realizará las mediciones de concentración H_2S , porcentaje de oxígeno y % LEL en el interior del tanque en las partes bajas del fondo y el centro del mismo.
- Solo cuando las condiciones en el interior del tanque sean 0% LEL, 20.8 % de oxígeno y una concentración de 0 ppm de H_2S , será considerado el tanque un espacio confinado declarado abierto.

C. Operación del sistema de despacho del producto

En esta etapa se describen las actividades que involucran la transferencia del producto desde los tanques de almacenamiento a los camiones cisterna. Para realizar esta operación se realiza previamente una inspección al camión cisterna antes del ingreso a la zona de despacho, para verificar que todas las medidas de seguridad estén conformes.

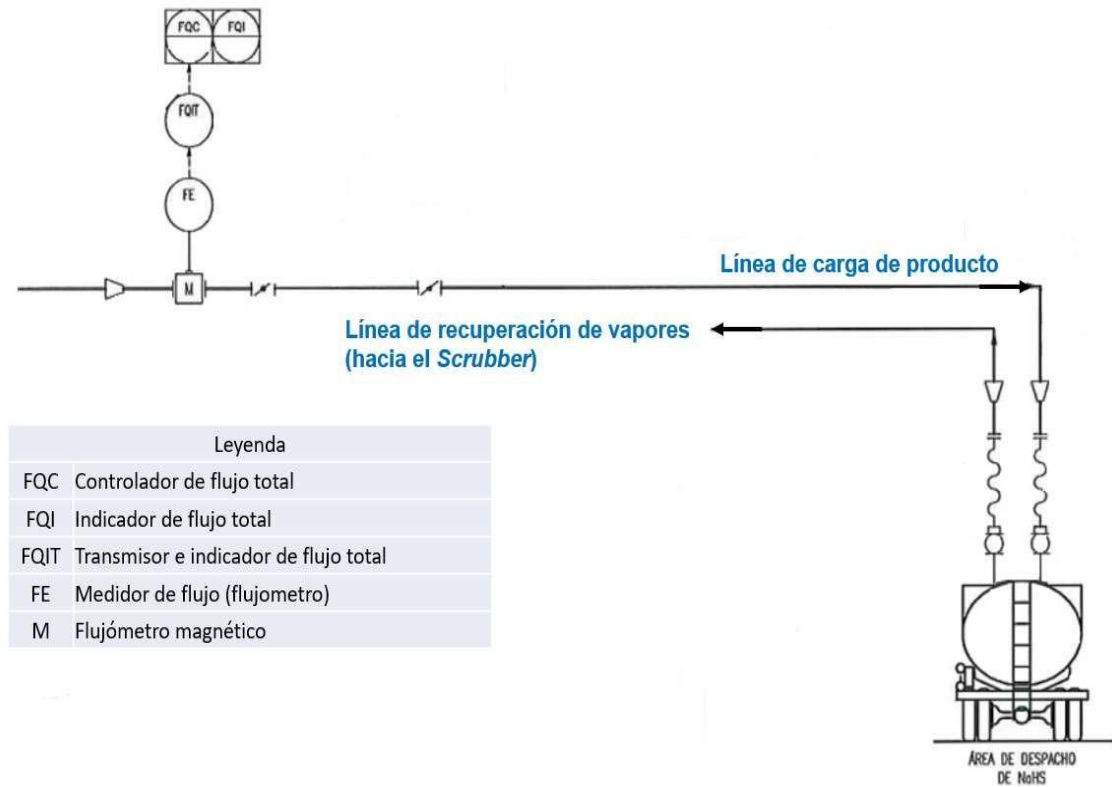
El personal de planta realiza el pesaje inicial desde sala de control, y luego la cisterna se dirige hacia el puente de despacho, donde se conecta la manguera de carga y la manguera de recuperación de vapores. Después de conectada la cisterna, se inicia el bombeo de producto a la cisterna, utilizando las bombas centrifugas con un caudal de $50 \text{ m}^3/\text{h}$. La cantidad despachada se monitorea desde el flujómetro de manera automática que recibe señal desde sala de control. Al recibir la señal, la válvula con actuador eléctrico (electroválvula) se abre automáticamente permitiendo el despacho del producto. Cuando se completa la carga, la válvula inicia su cierre automáticamente y se apaga la bomba.

Los puentes de despachos cuentan con sensores de sobrellenado y de puesta a tierra, los cuales tienen que estar activados para dar la conformidad de inicio del despacho, de existir algún problema en cualquier sistema, automáticamente envía una señal para el cierre de la válvula o simplemente no se inicia el despacho.

Además, se cuenta con una línea de retorno de los vapores de la cisterna hacia la torre de lavado de vapores (*Scrubber*). La confirmación de marcha se da desde sala de control en el sistema SCADA. En la Figura 17 se puede observar el sistema de despacho de camiones cisterna.

Figura 17

Sistema de despacho de camiones cisterna



Fuente: Elaboración propia

1) Control y pesaje de carga

La determinación del peso del producto despachado se realiza mediante la utilización de una balanza tipo “plataforma” con capacidad de pesaje de hasta 60 toneladas, con un sistema de monitoreo y control automático, operado desde la sala de control.

IV. Análisis y discusión de resultados

El análisis se realizará para la operación de recepción, almacenamiento y despacho de producto, de la descarga del buque tanque (B/T) Nordic Callao, en el terminal portuario de Matarani.

A. Análisis en la recepción de producto

1) Planeamiento de recepción

El cliente comunica a la terminal la cantidad consignada en el documento de embarque (Bill of Lading) y se analiza las cantidades totales para el cliente en buque y en planta, con la finalidad de determinar la capacidad de recepción en los tanques designados para cada cliente. En la Tabla 7 se puede observar la capacidad disponible del cliente en la terminal para la recepción de producto.

Tabla 7

Capacidad disponible de recepción de producto

| Análisis de capacidad | Cantidad (toneladas) |
|---|-------------------------|
| Capacidad de almacenamiento total | 11 099 |
| Cantidad almacenada antes de la descarga | 4 788 |
| Descarga (Bill of Lading) del cliente | 4 578 |
| Cantidad almacenada después de la descarga | 9 366 |
| Capacidad disponible después de la descarga | 1 733 |

Fuente: Elaboración propia

Se analiza el documento de Pre arribo Buque – Terminal, para verificar las condiciones de seguridad otorgadas por el buque para conocimiento de la terminal. En la Tabla 8 se observa la información previa a la descarga que envía el buque a la terminal.

Tabla 8***Información previa a la descarga (del buque a la terminal) Pre-Arribo Buque - Terminal***

| | | |
|--|----------------|-------|
| Nombre del barco: Nordic Callao | ETA: noviembre | 2022 |
| Calado máximo a la llegada | | 12 m |
| Equipo contra incendios probado y plenamente operativo | | SI |
| Equipo esencial y de emergencia en buen estado | | SI |
| Sistema de gas inerte en línea en buen funcionamiento | | SI |
| Presión máxima de descarga (100 psi) | | 7 bar |
| Número y tamaño de las conexiones del manifold | | 6" |

Fuente: Elaboración propia

El documento de Pre arribo Terminal - Buque, verifica las condiciones de operatividad de la terminal para conocimiento del buque. En la Tabla 9 se observa la información previa a la descarga.

Tabla 9***Información previa a la descarga (del terminal al buque) Pre-Arribo Terminal - Buque***

| | | |
|---|---------------------|-----------|
| Nombre del barco: Nordic Callao | ETA: noviembre 2022 | |
| Operación | | Descarga |
| Producto | | NaHS |
| Cantidad en toneladas métricas | | 4 578 tm |
| Densidad aprox. gr/ml a 60° F (15.5 °C) | | 1.3 gr/ml |
| Temperatura de la descarga de operación en °C | | 38 °C |
| Luz nocturna / diurna necesaria para el atraque | | SI |
| Calado admisible en el puerto en metros | | 12 m |
| Condiciones meteorológicas previstas | | SI |
| Tamaño de conexiones (brida ANSI 150) | | 6" |
| Presión de bombeo en buque / planta (7 bar) | | 7 bar |
| Caudal esperado (m³/h) | | 190 m³/h |

Fuente: Elaboración propia

2) Revisión de las conexiones de buque

Se revisa y analiza el plan de estiba, las conexiones internas de los tanques del buque, número de tanques y tamaño de bridas. En este caso se usaron los tanques 3P, 3S, 8P y 8S. En la Figura 18 se observan los tanques del buque que están programados para la descarga del producto.

Figura 18

Plan de estiba (Stowage plan)

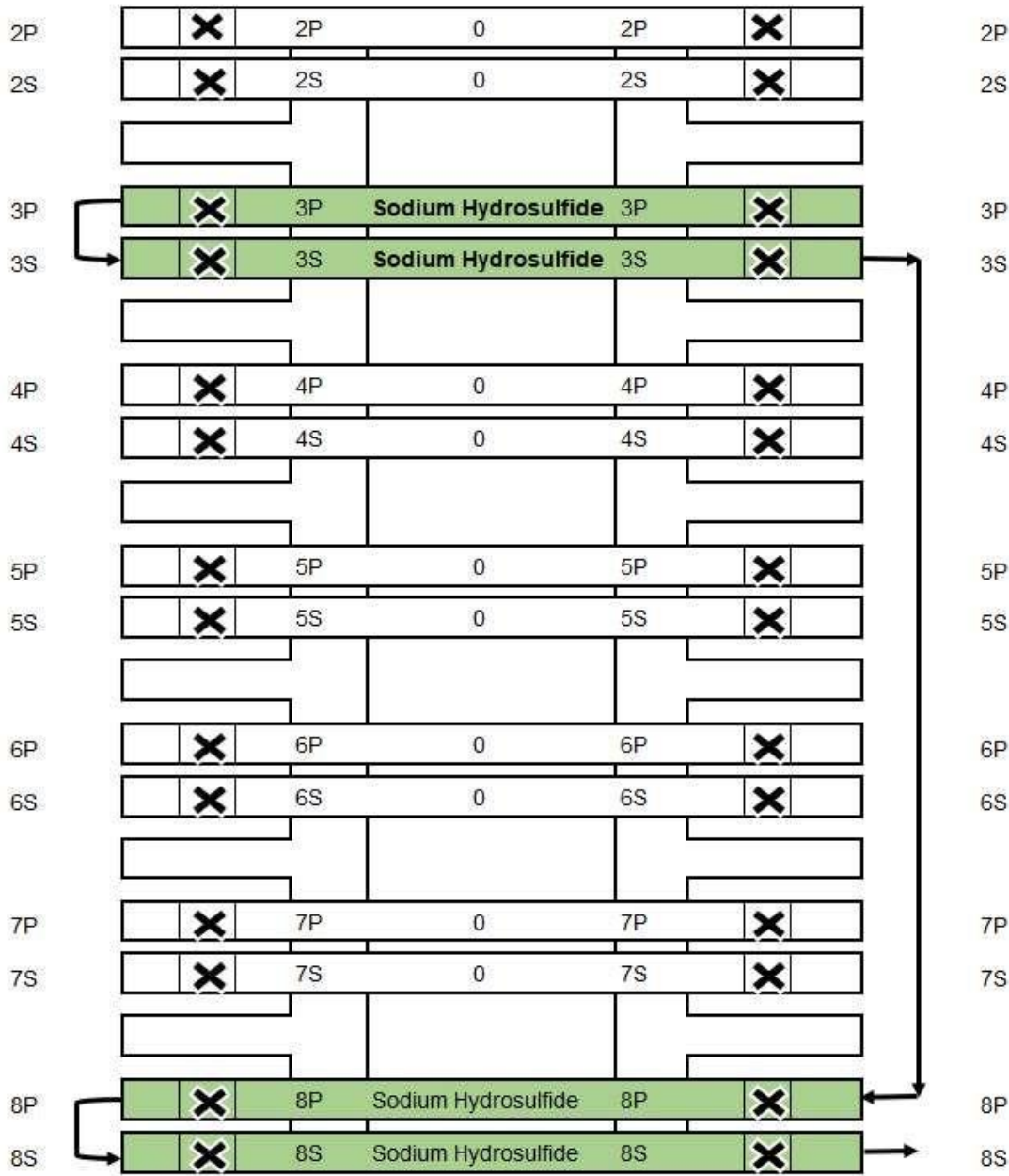
| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|------------|------------|------------|------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|
| Puerto de carga | | | | | | | Lake Charles | | | | | Lake Charles | | |
| Puerto de descarga | | | | | | | Matarani / Mejillones | | | | | Matarani / Mejillones | | |
| Número de tanque | SLOP P | P13 | P12 | P11 | P10 | P9 | P8 | P7 | P6 | P5 | P4 | P3 | P2 | P1 |
| Producto | | | | | | | Hidrosulfuro de Sodio | | | | | Hidrosulfuro de Sodio | | |
| Volumen | | | | | | | 1 099.071 m ³ | | | | | 1 239.177 m ³ | | |
| Peso en toneladas métricas (t) | | | | | | | 1 428.793 t | | | | | 1 610.93 t | | |
| 98 % capacidad de tanque en m ³ | 619.18 | 1367.30 | 1437.87 | 772.06 | 891.90 | 1123.79 | 1237.64 | 892.00 | 1112.57 | 770.59 | 1408.59 | 1410.52 | 750.87 | 727.04 |
| 98 % capacidad de tanque en m ³ | 619.18 | 1367.30 | 1437.87 | 772.06 | 891.90 | 1123.79 | 1237.64 | 892.00 | 1124.62 | 784.96 | 1419.81 | 1423.13 | 750.87 | 727.04 |
| Volumen | | | | | | | 1 096.446 m ³ | | | | | 1 241.124 m ³ | | |
| Peso en toneladas métricas (t) | | | | | | | 1 425.38 t | | | | | 1 613.461 t | | |
| Producto | | | | | | | Hidrosulfuro de Sodio | | | | | Hidrosulfuro de Sodio | | |
| Número de tanque | SLOP S | S13 | S12 | S11 | S10 | S9 | S8 | S7 | S6 | S5 | S4 | S3 | S2 | S1 |
| Puerto de carga | | | | | | | Lake Charles | | | | | Lake Charles | | |
| Puerto de descarga | | | | | | | Matarani Mejillones | | | | | Matarani Mejillones | | |

Fuente: Elaboración propia

De igual forma en la Figura 19 se puede observar las conexiones internas de los tanques en el manifold del buque.

Figura 19

Conexiones en la línea de manifold



Fuente: Elaboración propia

3) Parámetros operativos durante la recepción

Durante la recepción se monitorea los parámetros operativos de presión, temperatura, régimen de descarga, cantidades descargadas por el buque y cantidades recibidas en la terminal. En la Tabla 10 se puede observar y analizar las variables que deben ser controladas hasta el término de la descarga.

Tabla 10

Control horario de los parámetros operativos

| Control de Descarga | | | Buque | | Tierra | |
|---------------------|------------------|-------------|---------------------|---------------|------------------|---------------------------------|
| Hora | Presión (psi) | Temperatura | Descargado (t/h) | Régimen (t/h) | Remanente (t) | Descargado Régimen (t) (t/h) |
| 08:30 | 45 | 38 °C | Inicio de descarga | | 4578 | 0 |
| 09:00 | 95 | 38 °C | 146 | 146 | 4432 | 137 |
| 10:00 | 100 | 38 °C | 396 | 250 | 4182 | 390 |
| 11:00 | 100 | 38 °C | 639 | 243 | 3939 | 637 |
| 12:00 | 95 | 38 °C | 879 | 240 | 3699 | 875 |
| 13:00 | 98 | 38 °C | 1121 | 242 | 3457 | 1119 |
| 14:00 | 99 | 38 °C | 1361 | 240 | 3217 | 1359 |
| 15:00 | 100 | 38 °C | 1604 | 243 | 2974 | 1601 |
| 16:00 | 100 | 38 °C | 1849 | 245 | 2729 | 1849 |
| 17:00 | 95 | 38 °C | 2089 | 240 | 2489 | 2088 |
| 18:00 | 99 | 38 °C | 2329 | 240 | 2249 | 2333 |
| 19:00 | 100 | 38 °C | 2567 | 238 | 2011 | 2571 |
| 20:00 | 90 | 38 °C | 2787 | 220 | 1791 | 2791 |
| 21:00 | 90 | 38 °C | 3028 | 241 | 1550 | 3032 |
| 22:00 | 90 | 38 °C | 3268 | 240 | 1310 | 3271 |
| 23:00 | 90 | 38 °C | 3509 | 241 | 1069 | 3511 |
| 00:00 | 90 | 38 °C | 3759 | 250 | 819 | 3759 |
| 01:00 | 90 | 38 °C | 3999 | 240 | 579 | 4000 |
| 02:00 | 90 | 38 °C | 4229 | 230 | 349 | 4235 |
| 03:00 | 90 | 38 °C | 4449 | 220 | 129 | 4450 |
| 04:00 | 90 | 38 °C | 4559 | 110 | 19 | 4564 |
| 04:15 | 40 | 38 °C | Termino de descarga | | 0 | 2778 |

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se analiza la variación de las cantidades descargadas de forma horaria, para un mejor control de las cantidades de la recepción de producto.

4) Análisis de Perdidas en el transporte marítimo

Análisis de variación de cantidades del B/T “Nordic Callao” en los puertos de carga *Lake Charles* (Houston – USA) y descarga *Matarani* (Arequipa – Perú). La carga de producto se realiza en los tanques de buque 3P/S y 8P/S. Al término de la operación de carga, se compararon las cantidades entre los ullages a bordo en buque y lo cargado por tanques de tierra.

La cantidad de carga según tierra fue 4 578.464 toneladas métricas (TM) y la cantidad cargado por ullages de buque fue de 4 566.142 TM, en este caso se aplica el factor de experiencia del buque (VEF - Vessel Experience Factor) de 1.0010, correspondiente al buque Nordic Callado.

El total cargado según los tanques de tierra comparado con el total de ullages en los tanques de buque, nos da - 7.756 TM. (-0.16 %), lo cual está dentro del valor permisible de +/- 0.50 %. Ver Tabla 11. Reporte de ullages puerto de carga.

Tabla 11

Reporte de Ullages Puerto de Carga

| Cantidad de NaHS al término de la carga (Lake Charles) | | | | | | | | |
|--|------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------|-------------------------------------|--|--------|---------------------|
| Producto | OBQ Antes de cargar | Cantidad según tierra TM | Ullages Buque TM | VEF | Ullages Buque corregido TM | Diferencia. ullages corregido/ tierra | % | Permisibl e % |
| NaHS | 0 | 4 578.464 | 4 566.142 | 1.0010 | 4 570.708 | -7.756 | - 0.16 | +/- 0.50 |

Fuente: Elaboración propia

El total descargado según los tanques de tierra comparado con el total ullages en los tanques de buque, nos da - 0.457 TM. (-0.01 %), lo cual está dentro del valor permisible de +/- 0.50 %. Ver Tabla 12. Reporte de ullages puerto de descarga.

Las variaciones en tránsito en porcentaje entre ullages de buque en Puerto de carga y Puerto de descarga, nos da -0.02, está dentro del valor permisible, se muestran en la Tabla 13 la variación de tránsito.

Las diferencias entre las cantidades cargadas y descargadas según medición de tanques de tierra se muestran en la Tabla 14 las cantidades en puerto de carga y descarga.

Tabla 12

Reporte de Ullages Puerto de Descarga

| Cantidad de NaHS al término de la descarga (Matarani) | | | | | | | | |
|---|------------------|-----------------------------|-------------------|--------|--------------------------------|--|-------|---------------------|
| Producto | (Bill of Lading) | Cantidad según tierra TM | TCV Ullages TM | VEF | TCV Ullages corregido TM | Diferencia. ullages corregido/ tierra | % | Permisibl e % |
| NaHS | 4 578.464 | 4 571.096 | 4 566.073 | 1.0010 | 4 570.639 | -0.457 | -0.01 | +/- 0.50 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Variación de tránsito

| Variación en tránsito (travesía tanque de buque) | | | | |
|--|---|---|------------|------------|
| Producto | Cantidad en Puerto Lake Charles (ullages) | Cantidad en Puerto Matarani (ullages) | Diferencia | Porcentaje |
| NaHS | 4 570.708 | 4 570.639 | -0.069 | -0.002% |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Cantidad en puerto de carga y descarga

| Cantidad en los puertos de carga y descarga (tanques tierra) | | | | |
|--|--|--|------------|------------|
| Producto | Cantidad cargada en Puerto Lake Charles (tierra) | Cantidad descargado en Puerto Matarani (tierra) | Diferencia | Porcentaje |
| NaHS | 4 578.464 | 4 571.096 | -7.368 | -0.161% |

Fuente: Elaboración propia

Al hacer las comparaciones entre las cantidades embarcadas según tierra tanto en Lake Charles y lo recibido en tanques de tierra en Matarani, la diferencia es - 7.368 TM. (0.161%). Esta diferencia es menor a lo permisible (+-50%). En caso de que supere dicho valor, se analiza los factores que influyen con la exactitud del cálculo como: las adversidades climatológicas como fuertes movimientos de mar que no nos permiten asegurar una buena medición en el buque y posibles errores en el terminal que pueden

tratarse de la calibración de tanques, sistema de embarque, transferencias internas ó condición de las líneas de carga que se pueden solucionar, evidentemente cualquier error sistemático va a ser detectado posteriormente.

B. Análisis en el sistema de almacenamiento

1) Parámetros operativos durante el almacenamiento

Durante el almacenamiento de producto en los tanques de la terminal, se controla las cantidades totales recibidas de manera horaria, con la finalidad de tener un mayor control operativo y de seguridad. En la Tabla 15 se puede observar los valores de nivel extraídos de los medidores tipo radar de cada tanque, así como las densidades y volúmenes calculados de las tablas de cubicación (la densidad de producto en el buque es de 1.3023 g/cm³).

Tabla 15

Control operativo en la terminal

| HORA | Tanque 1 | | | | Tanque 2 | | | Planta Buque | | |
|-------|--------------|------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|---------------------------|--------------------------------|------------------|-------|-------|
| | Nivel (m) | Vol. (m ³) | Dens. (gr/cm ³) | Masa (t) | Nivel (m) | Vol. (m ³) | Dens. (gr/cm ³) | Toneladas (t) | (t) | (t) |
| 08:30 | 2.676 | 350.72 | 1.3024 | 0.00 | 1.023 | 148.29 | 1.3030 | 0.00 | 0 | 0 |
| 09:00 | 2.676 | 350.72 | 1.3024 | 0.00 | 1.878 | 253.34 | 1.3027 | 136.85 | 137 | 146 |
| 10:00 | 2.676 | 350.72 | 1.3024 | 0.00 | 3.463 | 447.94 | 1.3025 | 390.30 | 390 | 396 |
| 11:00 | 2.676 | 350.72 | 1.3024 | 0.00 | 5.011 | 637.97 | 1.3025 | 637.79 | 638 | 639 |
| 12:00 | 2.676 | 350.72 | 1.3024 | 0.00 | 6.499 | 820.55 | 1.3024 | 875.58 | 876 | 879 |
| 13:00 | 2.676 | 350.72 | 1.3024 | 0.00 | 8.024 | 1 007.58 | 1.3024 | 1 119.15 | 1 119 | 1 121 |
| 14:00 | 2.676 | 350.72 | 1.3024 | 0.00 | 9.524 | 1 191.50 | 1.3024 | 1 358.66 | 1 359 | 1 361 |
| 15:00 | 2.676 | 350.72 | 1.3024 | 0.00 | 11.039 | 1 377.30 | 1.3024 | 1 600.63 | 1 601 | 1 604 |
| 16:00 | 3.818 | 490.95 | 1.3024 | 182.63 | 11.451 | 1 427.83 | 1.3024 | 1 666.44 | 1 849 | 1 849 |
| 17:00 | 5.312 | 674.34 | 1.3023 | 421.46 | 11.451 | 1 427.83 | 1.3024 | 1 666.44 | 2 088 | 2 089 |
| 18:00 | 6.848 | 862.79 | 1.3023 | 666.90 | 11.451 | 1 427.83 | 1.3024 | 1 666.44 | 2 333 | 2 329 |
| 19:00 | 8.335 | 1 045.24 | 1.3023 | 904.49 | 11.451 | 1 427.83 | 1.3024 | 1 666.44 | 2 571 | 2 567 |
| 20:00 | 9.628 | 1 203.87 | 1.3023 | 1 111.08 | 11.451 | 1 427.83 | 1.3024 | 1 666.44 | 2 778 | 2 777 |

Fuente: Elaboración propia

La finalidad de este cuadro es llevar el control de las cantidades recibidas, las cuales son comparadas con el buque. En este caso la recepción de producto se inicia a

las 08:30 hrs en el Tanque 2 y el nivel es registrado de manera horaria para los cálculos correspondientes en toneladas. Luego se realiza el alineamiento de válvulas para recibir y completar la recepción de producto en el Tanque 1.

2) Control de inventarios y niveles de tanques

Luego de terminada la descarga del buque tanque, se monitorea los parámetros de nivel y temperatura en la operación de almacenamiento. En la Tabla 16 se puede observar el nivel y temperatura antes y después de la recepción de producto.

Tabla 16

Nivel y temperatura de almacenamiento

| Tanque | Nivel inicial (m) | Temperatura inicial (°C) | Nivel final (m) | Temperatura final (°C) |
|----------|-------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Tanque 1 | 2.676 | 31.90 | 9.628 | 34.90 |
| Tanque 2 | 1.023 | 34.80 | 11.451 | 36.40 |

Fuente: Elaboración propia

Como se podrá observar el nivel máximo de almacenamiento en el Tanque 2 es de 11.451 m, dicho nivel máximo de trabajo se determina considerando las medidas de seguridad en los tanques, como son las alarmas de alto nivel y de sobrellenado.

En la Tabla 17 se observan los niveles máximos de llenados en los tanques de almacenamiento programados para el cliente.

Tabla 17

Niveles de alarmas y nivel máximo de trabajo

| Nivel | Tanque 1 | Tanque 2 |
|-------------------------------------|----------|----------|
| Alarma de nivel de sobrellenado (m) | 11.800 | 11.800 |
| Alarma de alto nivel (m) | 11.600 | 11.600 |
| Máximo nivel de trabajo (m) | 11.501 | 11.501 |

Fuente: Elaboración propia

Para las operaciones de recepción y almacenamiento siempre hay que tener en cuenta los niveles máximos de trabajos (niveles operativos) de cada tanque.

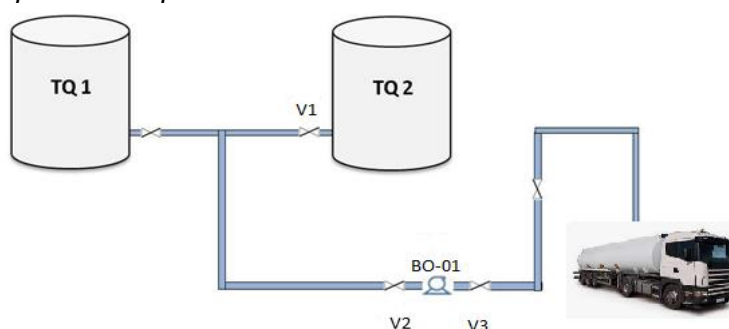
C. Análisis en el sistema de despacho

Se programa el despacho de cisternas en coordinación con el cliente, para este caso de programa al camión cisterna de placa AZA-747 y tracto de placa F9G-996 para la carga de químico y se usará el Tanque 2, el cual recibió producto de la descarga.

Previo al ingreso a la zona de carga se realiza la inspección de seguridad y se toma el peso inicial (tara). Luego de calcular la cantidad a cargar, la cisterna se dirige al puente de despacho, donde se realiza el alineamiento de la válvula V1 del Tanque 2 y la bomba de despacho BO-01 con sus respectivas válvulas de succión y descarga V2 y V3. En la Figura 20 se puede observar el esquema de despacho del Tanque 2.

Figura 20

Esquema de despacho Tanque 2



Fuente: Elaboración propia

De igual forma se realiza el alineamiento de las válvulas del sistema de recuperación de vapores de las cisternas hacia el lavador de gases (*scrubber*). Se observa en la Figura 21 la apertura de la válvula V4 que permitirá el desplazamiento de los vapores hacia la torre de lavado.

Figura 21

Alineamiento de válvula hacia la torre de lavado.



Fuente: Elaboración propia

Con la tara obtenida, al pesar el camión cisterna en vacío, se calcula la cantidad a despachar en kilogramos, en este caso la cantidad neta a cargar fue de 29 240 kg. En la Figura 22 se presenta la constancia de pesaje con los valores registrados luego del despacho.

Figura 22

Constancia de pesaje del camión cisterna

| Placa | AZA-747 | | | | |
|----------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------|
| Remolque | F9G-996 | | | | |
| Ciclo | Despacho | | | | |
| Información Ingreso (tara) | | | Información Salida (comercial) | | |
| Fecha - Hora | 26/11/2022 | 08:45:30 | 26/11/2022 | 09:32:14 | |
| Operador | OPERADORES | | OPERADORES | | |
| Conductor | CONDUCTOR CONTRATISTA | | CONDUCTOR CONTRATISTA | | |
| Observación | TQ 2 | | TQ 2 | | |
| Peso (Kg) | Camión | Envases | Sin Envases | | |
| Bruto | 47,000.00 | 0.00 | 47,000.00 | Neto corregido | 29,240.00 |
| Tara | 17,760.00 | 0.00 | 17,760.00 | Neto Informado | 0.00 |
| Neto | 29,240.00 | Neto sin envases | 29,240.00 | Diferencial (Kg) | 29,240.00 |

Fuente: Elaboración propia

En la
 Figura 23 se presenta la constancia de pesaje con los valores registrados luego del despacho.

Figura 23

Constancia de pesaje del camión cisterna



Fuente: (RANSA, 2018)

D. Estudio de riesgo

El Terminal cuenta con el desarrollo de un estudio HAZOP, para las áreas de recepción, almacenamiento, despacho y servicios auxiliares como el sistema contra incendio y el sistema para tratamiento de emisiones.

El HAZOP o AFO (Análisis Funcional de Operatividad) es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación.

En la Tabla 18, se registra todas las posibles desviaciones que pueden ocurrir operativamente en la terminal, con sus respectivas causas y consecuencias, de igual forma se indica los controles para prevención y mitigación.

Tabla 18

Estudio de riesgo basado en la operatividad de la Terminal.

| ACTIVIDAD | DESVIACION | CAUSA | CONSECUENCIA | MEDIDAS DE CONTROL (SALVAGUARDAS) |
|----------------|--|--|--|--|
| Recepción | Alta presión | Alta presión desde el buque durante la descarga por aumento de flujo. | Ruptura de línea de descarga y fuga de producto en muelle. Afectando a la integridad del activo. | <ul style="list-style-type: none"> Sistema de parada automático de la bomba de buque por sobre presión. Sistema de alivio de cada tanque de almacenamiento en planta y buque. Presencia permanente del Loading master durante la transferencia verificando el cumplimiento del acuerdo de pre descarga entre buque y planta. Recorrido del operador a fin que todos los componentes (entre buque y planta) se encuentren alineados correctamente antes de la transferencia de producto. Loading Master detiene el bombeo y personal en muelle ejecuta el Plan de Emergencia. Uso de abrazaderas para ajustar las bridas de los carretes y de ser el caso reemplazar el carrete por el Buck Up ubicado en muelle. |
| Recepción | Altas concentraciones de solidos en suspensión en el producto. | Presencia de materiales solidos suspendidos en los compartimentos de buque. | Obstrucción de la línea de descarga. | <ul style="list-style-type: none"> Existencia de malla colectora en la succión de la bomba en los tanques de buque. Cambio de tanque en buque, coordinación del Loading master y el primer oficial. Si la obstrucción ocurriese en el tramo de tubería, el Loading master detiene el bombeo y desplaza con nitrógeno hacia la cisterna. |
| Recepción | Pérdida de contención | Corrosión por exposición al medio ambiente de la línea de recepción. | Formación de H ₂ S con potencial daño a la salud por inhalación. Daño al medio ambiente por derrame de producto y posible derrame a mar. | <ul style="list-style-type: none"> Sistema protección metálica con pintura anticorrosiva, medición de espesores mediante tecnología de ondas guiadas y mantenimiento preventivo anual. Sistema de contención de derrames en tramo de la línea de impulsión. Casing de la línea de NaHS con tubos de inspección para la detección de gases. Detectores de H₂S estacionarios y portátiles. Barra de contención del buque desplegado en mar. Kit antiderrame, paños y salchichas absorbentes Parada de emergencia, uso de equipos SCBA y activación del plan de contingencia. |
| Recepción | Alto nivel | Falla del sistema de control de volumen durante la carga del camión - cisterna | Daño al ambiente por derrame de producto sobre el área del lavador de gases (scrubber) | <ul style="list-style-type: none"> Contención secundaria en el área de recuperación de vapores. (scrubber) Sensor de sobrellenado de la cisterna Mantenimiento preventivo de todos los componentes del sistema de drenaje en el muelle. |
| Almacenamiento | Pérdida de contención | Corrosión en el fondo de tanque | Fuga de producto por fondo del tanque, con daño al medioambiente por derrame de producto. | <ul style="list-style-type: none"> Zona estanca (contención secundaria para derrame). Sistema de recubrimiento con pintura anticorrosiva en el fondo del tanque. Mantenimiento del tanque e Inspección API-653 (Ensayos no destructivos). Geomembrana impermeable en la zona estanca |
| Almacenamiento | Alto Nivel | Error operacional. Falla del sistema de medición de nivel | Fuga de producto perdida de contención con daños al medio ambiente y la salud | <ul style="list-style-type: none"> Loading master para la transferencia desde buque al detectar pérdida de comunicación con el operador en terminal LQS. Activación del sistema de sobrellenado de los tanques. |
| Despacho | Alta presión | Cierre de válvula en la descarga de la | Daños a la bomba o/y instrumentos del sistema | <ul style="list-style-type: none"> Válvulas de alivio en las tuberías de despacho y recirculación. (TSV y PSV) Cumplimiento de los procedimientos operativos mediante la capacitación. |

| ACTIVIDAD | DESVIACION | CAUSA | CONSECUENCIA | MEDIDAS DE CONTROL (SALVAGUARDAS) |
|---------------------------------|---|---|--|--|
| | | bomba de despacho. (aguas abajo) | de despacho, por sobre presión. | <ul style="list-style-type: none"> • Transmisor e indicador de temperatura en campo. • Se cuenta con otra bomba instalado en paralelo para la continuidad de la operación. |
| Despacho | Baja temperatura | Baja temperatura del producto (NaHS) en tanques de almacenamiento | Daños en las bombas de despacho por formación de cristales de NaHS. | <ul style="list-style-type: none"> • Tracer eléctrico en la tubería de despacho con activación automático. • Permisivo de arranque de la bomba por baja temperatura en tanque • Aislamiento térmico del tanque y tuberías de proceso (recubierto con lana mineral) para mantener la temperatura. • Filtros instalados en la succión de las bombas de despacho de planta. • Transmisor e indicador de temperatura, con alarma de baja temperatura en el SCADA, |
| Despacho | Pérdida de contención | Corrosión/erosión en tuberías de despacho por exposición al medio ambiente. | Fuga/derrame de NaHS con daño al personal por inhalación de H ₂ S y contacto con producto | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema protección metálica con pintura anticorrosiva. • Personal con traje para químicos, equipado con el equipo SCBA, para contacto con el producto, se dispone duchas de emergencia y mangas de viento. • Atención primaria por parte de los enfermeros y coordinación con ambulancia |
| Despacho | Pérdida de contención | Corrosión/erosión en tuberías de despacho | Fuga de NaHS con daño ambiental por derrame de producto | <ul style="list-style-type: none"> • Zona de contención en patio de bombas de despacho. (contención secundaria) • Mantenimiento preventivo de todos los componentes del sistema de despacho. (inspecciones, medición de espesores) |
| Despacho | Golpes externos por actividades simultáneas | Golpes externos por tránsito vehicular e izaje de cargas | Daños al personal por atropellos, golpes, caída de objetos en suspensión. | <ul style="list-style-type: none"> • Señalización para el tránsito y colocación de vallas de delimitación de áreas. • Barrera de concreto antichoque en patio de bombas y en zona de despacho • Charlas de inducción al personal contratista y visitas en general. • Uso correcto de los EPP's de acuerdo a los riesgos identificados para cada actividad. |
| Despacho | Alto nivel en el camión cisterna | Fallo del sistema de control de llenado (flujómetro) | Rebose del camión cisterna con posible daño al personal por contacto con el producto y daños al medioambiente por derrame de producto. | <ul style="list-style-type: none"> • Cierre automático de electroválvula y apagado de la bomba de despacho por activación del sensor de sobrellenado de la cisterna. • Zona de contención en el área de despacho de camiones cisternas. • Kit de antiderrame, paños absorbentes. • Activación del plan de emergencia. uso de traje químico, ducha de emergencia. |
| Despacho | Pérdida de contención primaria | Falla del acople tipo seco de la manguera de carga | Daño ambiental por derrame de producto | <ul style="list-style-type: none"> • Zona de contención en el área de despacho con tubería de drenaje al tanque slop • Mantenimiento e inspección visual a los dispositivos del sistema de carguío. |
| Despacho | Pérdida de contención primaria | Corrosión/erosión en tuberías de despacho por exposición al medio ambiente. | Derrame de producto por tubería corroída con daño al medioambiente. | <ul style="list-style-type: none"> • Contención en área de carga de camiones-cisterna con sumidero para drenaje hacia el tanque slop. • Mantenimiento e inspección de las tuberías de despacho (medición de espesores, ensayos no destructivos) |
| Sistema de procesamiento de Gas | Altas concentraciones de H ₂ S por la torre de | Fallo de bomba dosificadora o bomba de recirculación | Daño al personal y medio ambiente por emisión de H ₂ S | <ul style="list-style-type: none"> • Detectores de H₂S fijos en patio de tanques con alarmas sonoras y visual. • Segunda torre de lavado de gases, instalado en paralelo. • Mantenimiento de la bomba de recirculación y de todos los componentes del sistema de recuperación de vapores. |

| ACTIVIDAD | DESVIACION | CAUSA | CONSECUENCIA | MEDIDAS DE CONTROL (SALVAGUARDAS) |
|---------------------------------------|---|--|--|--|
| | lavado de gases (scrubber) | Fallo del sensor de PH (solución de soda cáustica) | | <ul style="list-style-type: none"> • Activación manual del sistema de parada de emergencia (ESD). • Medición manual del PH de la solución de soda caustica, para verificar el grado de saturación con vapores de H₂S. |
| Sistema de procesamiento de Gas | Sobrellenado de camiones - cisterna. | Entrada de producto a través del sistema de recuperación de vapores H ₂ S | Rebose de NaHS en el tanque del scrubber y emisión de vapores de H ₂ S con daño a las personas y daño al medio ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Cierre automático de electroválvula y apagado de la bomba de despacho por activación del sensor de sobrellenado de la cisterna. • Activación manual del sistema de parada de emergencia (ESD) • Activación del plan de emergencia, uso de traje químico, atención primaria para la evacuación hacia un centro médico. • Contención para derrame en el área de lavador de gases (scrubber) |
| Sistema de procesamiento de Gas | Pérdida de contención | Corrosión en líneas de recuperación de vapores de H ₂ S | Emanación al ambiente de H ₂ S con daño a las personas y medio ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección y programa de mantenimiento a líneas de vapores (medición espesores) • Cierre automático de electroválvula y apagado de la bomba de despacho por activación del sensor de sobrellenado de la cisterna. • Activación manual del sistema de parada de emergencia (ESD) • Activación del plan de emergencia |
| Sistema contraincendios y agua fresca | Baja presión de la red contraincendios | Fuga de agua por corrosión en tubería de la red contra incendio | Pérdida de agua para enfrentar alguna contingencia con implicaciones a las personas | <ul style="list-style-type: none"> • Recubrimiento externo con sistema de pintura anticorrosiva. • Inspección y mantenimiento de tubería contraincendios. (medición de espesores) • Sectorizar redes para dar mantenimiento sin indisponer el sistema en su totalidad. • Tablero de arranque de la bomba Jockey activándolo continuamente para presurizar |
| Sistema contraincendios y agua fresca | Golpes externos por actividades simultáneas | Golpes externos por terceros (tránsito vehicular) | Pérdida de la capacidad del sistema para enfrentar una contingencia. | <ul style="list-style-type: none"> • Barreras físicas en área de líneas contraincendios • Señalización para el tránsito vehicular y colocación de vallas de delimitación en áreas de trabajo durante la operación. |

Fuente: Elaboración propia

V. Conclusiones

- En el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se describe la operación de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos, en la cual se demuestra que el planeamiento y los parámetros operativos tiene un impacto significativo en la optimización de las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos
- Se concluye la importancia del planeamiento operativo en toda la operación, el cual involucra coordinaciones con el buque previo al arribo, con la finalidad de dar a conocer las condiciones de operatividad entre la terminal y el buque. De igual forma las mediciones de nivel de los tanques de la terminal, para calcular las cantidades a recibir de cada cliente, verificando los niveles máximos de trabajo.
- Se concluye la importancia del control de los parámetros operativos durante toda la operación de recepción de producto como por ejemplo el régimen de descarga (rate) y la presión de descarga, de igual forma los parámetros durante el almacenamiento de producto como son los niveles de recepción usando la tabla de cubicación de cada tanque y la temperatura de producto. Y por último los parámetros durante el despacho de camiones cisterna, como el control de las cantidades despachadas desde el SCADA en sala de control y a través del flujómetro instalado en el puente de despacho. De igual forma la importancia de la instrumentación como parte de la seguridad de proceso, para la manipulación de este tipo de producto, considerando la seguridad desde el diseño hasta las condiciones de operatividad.

VI. Recomendaciones

- Para las operaciones con químicos peligrosos, se recomiendan realizar estudios de evaluaciones de riesgos, que involucren todos los escenarios existentes que puedan afectar a la seguridad del proceso, como por ejemplo el daño a la salud de los trabajadores, daño al medio ambiente y daño a la reputación de la terminal, con el objetivo de implementar acciones de mejora continua para la seguridad.
- Se recomienda realizar inspecciones externas por entidades con certificación internacional, para evidenciar las buenas prácticas alineadas con los procedimientos operativos y verificar el funcionamiento correcto de los instrumentos instalados en todas las etapas del proceso.
- Se recomienda analizar la influencia de los factores externos, como son los conflictos sociales que conlleva a los cierres de puertos y bloqueos de vías, afectando directamente en el planeamiento operativo para la recepción de buque y para el despacho de camiones cisterna hacia los clientes.

VII. Referencias bibliográficas

Aparicio, A. (2022). Buque quimiquero 19.000 PM.

https://oa.upm.es/71294/3/TFM_ADRIAN_APARICIO_MERINERO.pdf

API. (2003). Welded Steel Tanks for Oil Storage. In American Petroleum Institute (Ed.), Welded Steel Tanks for Oil Storage (10th ed.). 2003.

<https://drive.google.com/file/d/0Bzx8Vj6lHfXadIJtQWN6cFlpNWc/edit?resourcekey=0-Du8U-MacIJJSQ3m2XvZPXg>

API. (2005). API 2350: Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities.

<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/api.2350.2005.pdf>

APN. (2006). Requisitos para certificar áreas específicas dentro de una Instalación

Portuaria como Instalación Portuaria Especial (IPE); RAD 003-2006-APN-DIR, 4–6.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1228877/REQUISITOS_PARA_CERTIFICAR_DENTRO_DE_UNA_INSTALACION_PORTUARIA_UNA_INSTALACION_PORTUARIA_ESPECIAL.pdf

Cuadrimex Chemical. (2022). Sulfhydrate of Sodium NaHS applications.

<https://quadrimex.org/accueil/derives-soufres/sulfhydrate-de-sodium-nahs>

De Larrucea, J. R. (2009). Seguridad buques quimiqueros (Maritime Safety at Chemical Tanks).

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/2511/SEGURIDAD%20BUQUES%20QUIMICUEROS-def.pdf>

DOF. (2016). Especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad

Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Pre-

Arranque, Operación y Mantenimiento de las instalaciones terrestres de

Almacenamiento de Petrolíferos, excepto para Gas Licuado de Petróleo.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5462374&fecha=24/11/2016#gsc.tab=0

EMERSON. (2021a). Guía del ingeniero para la medición de tanques.

<https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-la-gu%EDa-de-inicior%E1pido-del-ingeniero-para-la-medici%F3n-de-tanques-rosemount-es-es4261176.pdf>

EMERSON. (2021b). The Complete Guide to API 2350, 5th Ed. www.api.org

Fortuny, A. (2017). Operaciones de carga y descarga en el B/Q TINERFE

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5938/OPERACIONES+DE+CARGA+Y+DE+SCARGA+EN+EL+BQ+TINERFE.pdf;jsessionid=B323F0359A72E6D54459EE03F9EBB83D?sequence=1>

Gadea, G. R. (2004). Los buques tanque y su clasificación.

<http://biblioteca.iapg.org.ar/archivosadjuntos/petrotecnica/2004-2/losbuques.pdf>

Gómez. (2013). Operaciones y pautas de manejo requeridas en buques tanque quimiqueros.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcig633o/doc/bmfcig633o.pdf>

Gonzalez, J. (2018). Arrestador de flama, aplicación.

<https://docplayer.es/83650336Arrestador-de-flama-fin-de-linea-serie-400y-maxima-proteccion-y-eficiencia-enamplia-gama-de-materiales-de.html>

LQS. (2021). Manual de Operaciones (LQS, Ed.; 2nd ed.).

Mejía, G. (2015). Supervisión de transporte de fluidos hidrocarburos en operaciones marítimas de carga y descarga.

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/12797/Mejia_Hidalgo_Gabriel_Santiago_2015.pdf;jsessionid=531F9CE81874AC53EABB8528C45E9683?sequence=1

Mesta, C. (2005). Planta de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos líquidos a granel.

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/20.500.14076/354/1/mesta_uc.pdf

Meyer, B. (1977). Industrial Uses of Sulfur and Its Compounds. Sulfur, Energy, and Environment, 279–290. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41595-0.50015-2>

MTC. (2006). Estudio de Impacto Ambiental RD-046. In RD-046.

<https://portal.mtc.gob.pe/transportes/socioambientales/documentos%20resoluciones%20directorales/2006,RD-046.pdf>

Oiltanking. (2022). Logística de Químicos del Sur.

<https://www.otamerica.com/#/TerminalPage/17>

OMI. (2016). Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel - CIQ. www.imo.org OSITRAN.

(2018). Puertos - OSITRAN. <https://www.ositran.gob.pe/anterior/puertos/>

PEMEX. (2007). Válvulas de alivio de presión y vacío para tanques de almacenamiento.

<http://oilproduction.net/produccion/procesos-de-produccion/facilidades2/item/525valvulas-de-alivio-de-presion-y-vacio-para-tanques-de-almacenamiento>

Quiroga, M. (2015). Actualización del Plan Nacional de Desarrollo Portuario.

<http://www.apam-peru.com/documentacion/BIBLIOTECA/Presentaciones/alcancesyarticulaciones.pdf>

Rerequeo, M. E. (2009). Procedimientos generales de las operaciones de carga y descarga de un buque tanque petrolero.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49698186/tesis_sobre_carga_y_descarga_de_petroleo-libre.pdf?1476827258=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEscuela_de_Ingenieria_Naval_PROCEDIMIENT.pdf&Expires=1673516843&Signature=FdgJ~mjYD4G0F~cTv2eHSJVwAfn-Ydj2EOMOXUxarTE0RnJ-CAsBchwQKu9Zh5y46XN5GhBKu3xQkQdgdJATLUC3VHHwsFs3sad8dz2oD-5dEzbTTHDoMOrt5fhvZZYH30zIDMS7x-VONRqeOUqvTnLLjFrUzNLt6ENd6djBal~vjoIMnf0xYyrJzwtLTK5oiOjXII7YBUzadB

~vjsH3EE2XOpyEdEzxP2kikp15pP4KkCnsod01CYh1pUhjeecIPwTFPEWI3kQcaZ
FuSbZg33RNeHxIh5c09U-
culdWcHfTVStKua2IIYexIhCywch5ADqiypzCxolmdylQg__&Key-
PairId=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Roos, C.-J. (2013). Llevando la prevención de sobrellenado al siguiente nivel. TANK
STORAGE. [https://www.emerson.com/documents/automation/art%EDculo-
llevandola-prevenci%F3n-de-sobrellenado-al-siguiente-nivel-rosemount-es-es-
81238.pdf](https://www.emerson.com/documents/automation/art%EDculo-llevandola-prevenci%F3n-de-sobrellenado-al-siguiente-nivel-rosemount-es-es-81238.pdf)

Ropp, R. C. (2013). Group 16 (O, S, Se, Te) Alkaline Earth Compounds. Encyclopedia of
the
Alkaline Earth Compounds, 105–197. [https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59550-
8.00003-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59550-8.00003-X)

Rosemount Tank Radar. (2007). Medidor de nivel por radar. Medidor de Nivel Por
Radar, 3, 6–7. www.rosemount-tg.com

Rodríguez, S. (2023). Operaciones de carga en un buque tanque quimiquero.
[https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/29610/Rodr%c3%adguez
z%20Drobinski%2c%20Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/29610/Rodr%c3%adguez%20Drobinski%2c%20Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Schilling, B. (2017). Prevención Sobrellenado. AADECA REVISTA, 4, 34–35.
[https://www.editores-
srl.com.ar/sites/default/files/aa4_schillig_prevencion_sobrellenado.pdf](https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/aa4_schillig_prevencion_sobrellenado.pdf)

Távora, A. (2017). Válvulas de presión/vacío criterios de selección y protección contra
la propagación de las llamas.
[https://www.industriaquimica.es/articulos/20170105/valvulas-presion-vacio-
criteriosseleccion-proteccion-propagacion-llamas](https://www.industriaquimica.es/articulos/20170105/valvulas-presion-vacio-criteriosseleccion-proteccion-propagacion-llamas)

TDC Genesis Energy Company. (2016). MSDS NaHS. 1–8.

Ticona, P. (2016). Aplicación de ensayos no destructivos y control de calidad en
fabricación de tanques de almacenamiento atmosférico.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1914/MTtichp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vega, J. (2014). Análisis, diseño e implementación de un sistema recuperador de gas H₂S en tanques de almacenamiento de NASH en planta de hidrocarburos [Monografía, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12744>

Villanueva, M. (2018). Historia del Químico. <https://docplayer.es/62487331-Historia-delquimico.html>

Anexo

| | |
|---|----|
| Anexo 1: Ficha de datos de seguridad MSDS | 77 |
|---|----|

Anexo 1: Ficha de datos de seguridad MSDS

| | | |
|---|--|--------------|
| 1. Identificación | | |
| Identificador del producto | Solución de hidrosulfuro de sodio | |
| Otros medios de identificación | | |
| Número de producto | GENLP-TDC-001 | |
| Uso recomendado | El producto es un material alcalino único, jugando un papel vital en muchos procesos industriales. | |
| Restricciones recomendadas | Uso de acuerdo con las recomendaciones del proveedor. | |
| Información del fabricante/importador/proveedor/distribuidor | | |
| Fabricante | TDC, L.L.C. y TDC Services, LLC | |
| Dirección | 1916 Farmerville Hwy Ruston, LA 71270 | |
| Teléfono | Servicio al cliente (800) 422-6274 | |
| Correo electrónico | TDCcustomerservice@genlp.com | |
| CHEMTREC: | 800-424-9300 (Local - América del Norte) | |
| CHEMTREC: | +1-703-527-3887 (Internacional) | |
| 2. Identificación de peligro(s) | | |
| Peligros físicos | Corrosivo para los metales | Categoría 1 |
| Peligros para la salud | Toxicidad aguda, por vía oral | Categoría 3 |
| | Corrosión/irritación de la piel | Categoría 1B |
| | Daño ocular grave/ irritación ocular | Categoría 1 |
| Peligros ambientales | Peligroso para el medio acuático, peligro agudo de la categoría 1 | |
| Riesgos definidos por la OSHA | No clasificado. | |
| Elementos de etiqueta |  | |
| Palabra clave | Peligro | |
| Indicación de peligro | Puede ser corrosivo para los metales. Tóxico si se ingiere. Causa quemaduras graves en la piel y daños oculares. Muy tóxico para la vida acuática. | |
| Declaración de precaución | | |
| Prevención | Mantener solo en el recipiente original. No respire niebla o vapor. Lave bien después de manipularlo. No ingiera, beba ni fume cuando use este producto. Evite la liberación al medio ambiente. Use guantes protectores/ ropa protectora/ protección ocular/ protección facial. | |
| Respuesta | Si se ingiere: Llame inmediatamente a un centro de envenenamiento/médico. Enjuagar la boca. NO induzca el vómito. Si tuvo contacto con la piel (o el cabello): Quítese inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuague la piel con agua/ ducha. Lave la ropa contaminada antes de reutilizarla. Si se inhala: Retire a la persona al aire libre y manténgala cómoda para respirar. Si tuvo contacto con los ojos: Enjuague cuidadosamente con agua durante varios minutos. Retire las lentes de contacto, si están presentes y son fáciles de remover. Continúe enjuagando. Llame inmediatamente a un centro de envenenamiento/ médico. Absorba el derrame para evitar daños materiales. | |
| Almacenamiento | Guardar bajo llave. Guardar en un recipiente resistente a la corrosión con un revestimiento interior resistente. | |
| Disposición | Deseche el contenido/contenedor de acuerdo con las regulaciones locales/regionales/nacionales/internacionales. | |
| Peligro(s) no clasificado (HNO) | Ninguno conocido. | |
| Información complementaria | Ninguno. | |
| 3. Composición/información sobre los ingredientes | | |
| Mezclas | | |
| Nombre químico | NÚMERO CAS | % |
| Hidrosulfuro de sodio | 16721-80-5 | 5-49 |
| Carbonato sódico | 497-19-8 | <5 |
| Sulfuro de sodio | 1313-82-2 | <5 |
| Comentarios de composición | Los componentes no enumerados no son peligrosos o están por debajo de los límites de notificación. Todas las concentraciones están en porcentaje por peso a menos que el ingrediente sea un gas. Las concentraciones de gas están en porcentaje por volumen. | |
| 4. Primeros auxilios | | |


| | |
|---|---|
| Inhalación | Moverse a una zona de aire libre. Llame a un médico si los síntomas aumentan o persisten. |
| Contacto con la piel | Quítese inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuague la piel con agua/ ducha. Llame a un médico o centro de control de envenenamientos inmediatamente. Las quemaduras químicas deben ser tratadas por un médico. Lave la ropa contaminada antes de reutilizarla. |
| Contacto con los ojos | Enjuague inmediatamente los ojos con agua abundante durante al menos 15 minutos. Retire lentes de contacto, si están presentes y son fáciles de remover. Continúe enjuagando. Llame a un médico o centro de control de envenenamientos inmediatamente. |
| Ingestión | Llame a un médico o centro de control de envenenamientos inmediatamente. Enjuagar la boca. No induzca el vómito. Si hay vómitos, mantenga la cabeza baja para que el contenido estomacal no llegue a los pulmones. No dé reanimación boca a boca. Inducir la respiración artificial con la ayuda de una máscara de bolsillo equipada con una válvula de una vía u otro dispositivo médico respiratorio adecuado. |
| Síntomas/efectos más importantes, agudos y retardados | Dolor ardiente y daño severo corrosivo de la piel. Causa daño ocular grave. Los síntomas pueden incluir escozor, lagrimeo, enrojecimiento, hinchazón y visión borrosa. El resultado podría ser daño ocular permanente, incluyendo ceguera. Tóxico si se ingiere. Causa quemaduras en el tracto digestivo. |
| Indicación de atención médica inmediata y tratamiento especial necesario | Proporcione medidas generales de apoyo y trate los síntomas. Quemaduras químicas: Enjuague con agua inmediatamente. Durante el lavado, retire la ropa que no se adhiere a la zona afectada. Llamar a una ambulancia. Continúe limpiando durante el transporte al hospital. Mantenga abrigada a la víctima. Mantenga a la víctima en observación. Los síntomas podrían retrasarse. |
| Información general | Asegúrese de que el personal médico esté al tanto del material (s) involucrado y tome precauciones para protegerse. Muestre esta hoja de datos de seguridad al médico que asiste. |
| 5. Medidas de lucha contra incendios | |
| Medios de extinción adecuados | Utilice medios de extinción de incendios apropiados para los materiales circundantes. |
| Medios de extinción inadecuados | No se conocen restricciones. |
| Riesgos específicos derivados del producto químico | Durante algún incendio pueden formarse gases peligrosos para la salud. El sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) puede desprenderse cuando este material se calienta. No dependa del sentido del olfato para su advertencia. |
| Equipo de protección especial y precauciones para bomberos | En caso de incendio, deberán utilizarse aparatos de respiración autónomos y ropa de protección completa. |
| Equipo/instrucciones de lucha contra incendios | Enfriar los recipientes expuestos al calor con pulverización de agua y retirar el recipiente, si no hay riesgo. |
| Métodos específicos | Use procedimientos estándar de extinción de incendios y considere los peligros de otros materiales involucrados. |
| 6. Medidas de liberación accidental | |
| Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia | Mantenga alejado al personal innecesario. Mantenga a la gente alejada y contra el viento de derrame/ fuga. Use equipo de protección y ropa apropiados durante la limpieza. No respire niebla o vapor. No toque los contenedores dañados o el material derramado a menos que use ropa protectora apropiada. Asegure una ventilación adecuada. Se debe informar a las autoridades locales si no se pueden contener derrames significativos. Para la protección personal, véase la sección 8 de la FDS. |
| Métodos y materiales de contención y limpieza | <p>Este material está clasificado como contaminante del agua en virtud de la Ley de aguas limpias y debe evitarse que contamine el suelo o entre en los sistemas de alcantarillado y drenaje que conducen a los cursos de agua.</p> <p>Derrames grandes: Detener el flujo de material, si esto es sin riesgo. Dique el material derramado, donde esto es posible. Absorba el derrame para evitar daños materiales. Utilice un material incombustible como vermiculita, arena o tierra para absorber el producto y colocarlo en un recipiente para su posterior eliminación. Recuperar tanto material como sea posible.</p> <p>Derrames pequeños: Limpie con material absorbente (p. ej., tela, lana). Limpie la superficie a fondo para eliminar la contaminación residual. Para la eliminación de desechos, véase la sección 13 de la Estrategia. Recupere el producto y colóquelo en un recipiente adecuado para su reutilización. Neutralización/oxidación de residuos mediante lejía diluida o peróxido. Recuperar tanto producto como sea posible.</p> |
| Precauciones ambientales | Evite la liberación al medio ambiente. Informar al personal directivo o de supervisión pertinente de todas las liberaciones ambientales. Evite fugas o derrames adicionales si es seguro hacerlo. Evite la descarga en drenajes, cursos de agua o en el suelo. |
| 7. Manipulación y almacenamiento | |
| Precauciones para un manejo seguro | No respire niebla o vapor. No entre en los ojos, en la piel o en la ropa. No saboree ni trague. El sulfuro de hidrógeno, un gas muy tóxico, puede estar presente con este material. |


| | | | |
|---|--|---|----------|
| | Mantenga la cara alejada de las aberturas de los tanques y/o tanques. Cuando use, no coma, beba ni fume. Proporcionar una ventilación adecuada. Use equipo de protección personal apropiado. Lávese bien las manos después de manipularlas. Evite la liberación al medio ambiente. Observar buenas prácticas de higiene industrial. | | |
| Condiciones para un almacenamiento seguro, incluidas las incompatibilidades | Guarde bajo llave. Guárdelo en un lugar fresco y seco fuera de la luz solar directa. Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión con un revestimiento interior resistente. Conservar solo en el recipiente original. Almacenar los materiales incompatibles (véase la sección 10 de la FDS). Proteja del calor y de la luz solar directa. Almacenar a una temperatura inferior a 150°F. Proporcionar una contención secundaria adecuada. | | |
| 8. Controles de exposición/protección personal | | | |
| Límites de exposición profesional | | | |
| | EE.UU. Tabla OSHA Z-2 (29 CFR 1910.1000) | | |
| | Componentes | Tipo | Valor |
| | Sulfuro de hidrógeno (CAS 7783-06-4) | Ceiling | 20 ppm |
| | EE.UU. Valores límite de umbral ACGIH | | |
| | Componentes | Tipo | Valor |
| | Sulfuro de hidrógeno (CAS 7783-06-4) | STEL | 5 ppm |
| | | TWA | 1 ppm |
| | EE.UU. NIOSH: Guía de bolsillo sobre peligros químicos | | |
| | Componentes | Tipo | Valor |
| | Sulfuro de hidrógeno (CAS 7783-06-4) | Ceiling | 15 mg/m3 |
| | | | 10 ppm |
| Valores límite biológicos | No hay límites de exposición biológica para el ingrediente(s). | | |
| Controles técnicos adecuados | Debe utilizarse una buena ventilación general. Las tasas de ventilación deben ajustarse a las condiciones. Si procede, utilice recintos de proceso, ventilación de escape local u otros controles de ingeniería para mantener los niveles en el aire por debajo de los límites de exposición recomendados. Si no se han establecido límites de exposición, mantener los niveles en el aire a un nivel aceptable. Las instalaciones de lavado ocular y la ducha de emergencia deben estar disponibles cuando se manipule este producto. | | |
| Medidas de protección individual, como equipos de protección individual | | | |
| | Protección ocular/facial | Use gafas de salpicaduras químicas y protector facial. | |
| | Protección de la piel | | |
| | Protección de manos | Se recomiendan guantes de neopreno. Use guantes resistentes a químicos apropiados. | |
| | Protección de la piel | | |
| | Otros | Use ropa apropiada resistente a químicos. | |
| | Protección respiratoria | No respirar polvo/humo/gas/niebla/vapores/pulverización. En caso de ventilación insuficiente, use equipo respiratorio adecuado. Utilice un respirador de aire a presión positiva si hay alguna posibilidad de liberación no controlada, no se conocen los niveles de exposición o cualquier otra circunstancia en la que los respiradores purificadores de aire no puedan proporcionar una protección adecuada. | |
| | Peligros térmicos | Use el equipo de protección térmica apropiado. | |
| Consideraciones generales de higiene | Manténgase alejado de la comida y la bebida. Siempre observe buenas medidas de higiene personal, como lavarse después de manipular el material y antes de comer, beber y/o fumar. Lave rutinariamente la ropa de trabajo y el equipo de protección para eliminar los contaminantes. | | |
| 9. Propiedades físicas y químicas | | | |
| Apariencia | | | |
| | Estado físico | Líquido. | |
| | Forma | Líquido. | |
| | Color | Amarillo a rojo a verde oscuro o negro. | |
| Olor | | Huevo podrido u olor mercaptano típico. | |
| Umbral de olor | | No disponible. | |
| pH | | 11.5 - 12.5 | |
| Punto de fusión/congelación | | No disponible | |
| Punto de ebullición inicial y rango de ebullición | | 253 - 269 °F (122.8 - 131.7 °C) | |
| Punto de inflamación | | No disponible. | |
| Tasa de evaporación | | No disponible. | |
| Inflamabilidad (sólido, gas) | | No aplicable. | |

| Límite superior/inferior de inflamabilidad o explosividad | | |
|---|---------------------------------|---|
| | Límite explosivo - inferior (%) | 4 % (sulfuro de hidrógeno) |
| | Límite explosivo - superior (%) | 46 % (sulfuro de hidrógeno) |
| Presión de vapor | | 17 mm Hg (68 °F (20 °C)) |
| Densidad de vapor | | 1.17 (Aire = 1) |
| Densidad relativa | | 1.152 - 1.331 (H2O=1) |
| Solubilidad(es) | | |
| | Solubilidad (agua) | Completamente soluble en agua. |
| Coeficiente de reparto (n-octanol/agua) | | No disponible. |
| Temperatura de encendido automático | | No disponible. |
| Temperatura de descomposición | | No disponible. |
| Viscosidad | | No disponible. |
| Otra información | | |
| | Propiedades explosivas | No explosivo. |
| | Propiedades oxidantes | No oxidante. |
| | Libras por galón | 9.6 - 11.1 lb/gal |
| 10. Estabilidad y reactividad | | |
| Reactividad | | Reacciona violentamente con ácidos fuertes. Este producto reaccionará con agentes oxidantes. Puede ser corrosivo para los metales. Reacciona violentamente con sales de diazonio. |
| Estabilidad química | | El material es estable en condiciones normales. |
| Posibilidad de reacciones peligrosas | | El calentamiento de este producto generará humos tóxicos de sulfuro de hidrógeno, sulfóxidos y óxido de sodio. Las condiciones de fuego también causarán la producción de dióxido de azufre. El contacto con ácidos aumenta la formación de sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno puede formar mezclas inflamables con el aire. El calentamiento para descomposición emite humos tóxicos de sulfóxido y óxido de sodio. |
| Condiciones para evitar materiales incompatibles | | Contacto con materiales incompatibles. No mezclar con otros productos químicos. Ácidos, álcalis, agentes oxidantes, metales ligeros, aldehídos o anhídridos orgánicos. Óxidos de alquileño. Aldehídos. Alcoholes. Glicoles. Fenoles. |
| Productos de descomposición peligrosos | | El calentamiento incontrolado de este producto evolucionará humos tóxicos de sulfuro de hidrógeno, sulfóxidos y óxido de sodio. Las condiciones de fuego también causarán la producción de dióxido de azufre. |
| 11. Información toxicológica | | |
| Información sobre las vías probables de exposición | | |
| | Inhalación | Puede causar irritación del sistema respiratorio. |
| | Contacto con la piel | Causa quemaduras graves en la piel. |
| | Contacto visual | Causa daño ocular grave. |
| | Ingestión | Tóxico si se ingiere. Causa quemaduras en el tracto digestivo. |
| Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas | | Dolor ardiente y daño corrosivo severo en la piel. Causa daño ocular grave. Los síntomas pueden incluir escozor, lagrimeo, enrojecimiento, hinchazón y visión borrosa. El resultado podría ser daño ocular permanente, incluyendo ceguera. Tóxico si se ingiere. Causa quemaduras en el tracto digestivo. |
| Información sobre los efectos toxicológicos | | |
| Toxicidad aguda | | Tóxico si se ingiere. |
| Componentes | Especies | Resultados de las pruebas |
| Carbonato de sodio (CAS 497-19-8) | | |
| | Agudo | |
| | Dérmico | |
| | LD50 | Conejo > 2000 mg/kg |
| | Oral | |
| | LD50 | Rata 2080 mg/kg |
| Hidrosulfuro de sodio (CAS 16721-80-5) | | |
| | Agudo | |
| | Oral | |
| | LD50 | Rata 100 - 215 mg/kg |
| Sulfuro de sodio (CAS 1313-82-2) | | |
| | Agudo | |

| | | | |
|---|--|--|---------------------------|
| | Oral | | |
| | LD50 | Rata | 208 mg/kg |
| Corrosión/irritación de la piel | | Causa quemaduras graves en la piel. | |
| Daño/irritación ocular grave | | Causa daño ocular grave. | |
| Sensibilización respiratoria o cutánea | | | |
| | Sensibilización respiratoria | No es un sensibilizador respiratorio. | |
| | Sensibilización cutánea | No se espera que este producto cause sensibilización cutánea. | |
| Mutagenicidad de las células germinales | | No hay datos disponibles para indicar el producto o cualquier componente presente en más de 0,1% es mutagénico o genotóxico. | |
| Carcinogenicidad | | Este producto no se considera un carcinógeno por IARC, ACGIH, NTP, o OSHA. | |
| | Monografías IARC. Evaluación general de la carcinogenicidad | | |
| | No enumerado. | | |
| | NTP Informe sobre carcinógenos | | |
| | No enumerado. | | |
| | Sustancias reguladas específicamente por la OSHA (29 CFR 1910.1001-1053) | | |
| | No enumerado. | | |
| Toxicidad para la reproducción | | No se espera que este producto cause efectos reproductivos o de desarrollo. | |
| Toxicidad específica del órgano diana - exposición única | | No clasificado. | |
| Toxicidad específica del órgano diana - exposición repetida | | No clasificado. | |
| Peligro de aspiración | | No es un riesgo de aspiración. | |
| Más información | | No se han observado otros efectos específicos agudos o crónicos en la salud. | |
| 12. Información ecológica | | | |
| Ecotoxicidad | | Muy tóxico para la vida acuática. | |
| | Componentes | | Especies |
| | Carbonato de sodio (CAS 497-19-8) | | Resultados de las pruebas |
| | Acuático | | |
| | Agudo | | |
| | Crustáceos | EC50 | Ceriodaphnia dubia |
| | Pez | LC50 | Lepomis macrochirus |
| | Hidrosulfuro de sodio (CAS 16721-80-5) | | |
| | Acuático | | |
| | Agudo | | |
| | Pez | LC50 | Lepomis macrochirus |
| | Crónico | | |
| | Pez | LOAEL | Lepomis macrochirus |
| | Sulfuro de sodio (CAS 1313-82-2) | | |
| | Acuático | | |
| | Agudo | | |
| | Crustáceos | LC50 | Crustáceos |
| | | | 0,08 mg/l, 48 horas |
| Persistencia y degradabilidad | | No se dispone de datos sobre la degradabilidad de este producto. | |
| Potencial bioacumulativo | | No se dispone de datos. | |
| Movilidad en el suelo | | Este producto es soluble en agua y puede dispersarse en el suelo. | |
| Otros efectos adversos | | El producto puede afectar la acidez (factor pH) en el agua con riesgo de efectos nocivos para los organismos acuáticos. | |
| 13. Consideraciones relativas a la eliminación | | | |
| Instrucciones de eliminación | | Recoger y recuperar o desechar en contenedores sellados en campos de eliminación de residuos con licencia. No permita que este material drene en alcantarillas/suministros de agua. No contamine estanques, vías fluviales o zanjas con químicos o contenedores usados. Deseche el contenido/contenedor de acuerdo con las regulaciones locales/regionales/nacionales/internacionales. | |
| Normas locales de disposición | | Disponer de acuerdo con todas las regulaciones aplicables. | |
| Código de residuos peligrosos | | D002: Residuos Material corrosivo [pH <=2 o >=12.5, o corrosivo al acero] D003: Residuos de material reactivo El código de residuos debe asignarse en el debate entre el usuario, el productor y la empresa de eliminación de residuos. | |
| Residuos de residuos/ productos no utilizados | | Disponer de acuerdo con las normas locales. Los envases o revestimientos vacíos pueden retener algunos residuos del producto. Este material y su contenedor deben eliminarse de forma segura. | |

| | | | |
|--|---|---|----------|
| Embalaje contaminado | | Dado que los envases vacíos pueden retener residuos del producto, siga las advertencias de la etiqueta incluso después de vaciar el contenedor. Los contenedores vacíos deben trasladarse a un lugar autorizado de tratamiento de residuos para su reciclado o eliminación. | |
| 14. Información sobre el transporte | | | |
| DOT (Departamento de Transporte) | | | |
| | Número ONU | UN2922 | |
| | Nombre de envío apropiado ONU | Líquidos corrosivos, tóxicos (sin indicación contraria) (Hidrosulfuro de sodio) | |
| Clase(es) de peligro para el transporte | | | |
| | Clase | 8 | |
| | Riesgo subsidiario | 6.1 | |
| | Etiqueta(s) | 8, 6.1 | |
| | Grupo de embalaje | II | |
| Peligros ambientales | | | |
| | Contaminante marino | Sí | |
| | Precauciones especiales para el usuario | Lea las instrucciones de seguridad, FDS y procedimientos de emergencia antes de manipular. | |
| | Disposiciones especiales | B3, IB2, T7, TP2 | |
| | Excepciones de embalaje | 154 | |
| | Embalaje no a granel | 202 | |
| | Embalaje a granel | 243 | |
| IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo) | | | |
| | Número ONU | UN2922 | |
| | Nombre de envío apropiado ONU | Líquidos corrosivos, tóxicos (sin indicación contraria) (Hidrosulfuro de sodio) | |
| Clase(es) de peligro para el transporte | | | |
| | Clase | 8 | |
| | Riesgo subsidiario | 6.1 | |
| | Etiqueta(s) | 8, 6.1 | |
| | Grupo de embalaje | II | |
| | Peligros ambientales | Sí | |
| | Código ERG (Guía de respuesta a emergencias) | 8P | |
| | Precauciones especiales para el usuario | Lea las instrucciones de seguridad, FDS y procedimientos de emergencia antes de manipular. | |
| IMDG (Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas) | | | |
| | Número ONU | UN2922 | |
| | Nombre de envío apropiado ONU | LÍQUIDO CORROSIVO, TÓXICO (SIN INDICACIÓN CONTRARIA) (HIDROSULFURO DE SODIO) | |
| Clase(es) de peligro para el transporte | | | |
| | Clase | 8 | |
| | Riesgo subsidiario | 6.1 | |
| | Grupo de embalaje | II | |
| Peligros ambientales | | | |
| | Contaminante marino | Sí | |
| | EmS (Servicios Médicos de Emergencia) | F-A, S-B | |
| | Precauciones especiales para el usuario | Lea las instrucciones de seguridad, FDS y procedimientos de emergencia antes de manipular. | |
| | Transporte a granel según el Anexo II de MARPOL 73/78 y el Código IBC | No corresponde. | |
| | Información general | Contaminante marino regulado por el Departamento de Transporte. | |
| 15. Información regulatoria | | | |
| Regulaciones federales de EEUU | | Este producto es un "Químico Peligroso" tal como lo define el Estándar de Comunicación de Riesgos de la OSHA, 29 CFR 1910.1200 | |
| TSCA Sección 12(b) Notificación de Exportación (40 CFR 707, Subpt. D) | | | |
| | No regulado. | | |
| Lista de sustancias peligrosas de CERCLA (40 CFR 302.4) | | | |
| | Hidrosulfuro de Sodio (CAS 16721-80-5) | | Listado. |

| | | |
|---|---|---|
| SARA 304 Notificación de liberación de emergencia | | |
| No regulado. | | |
| Sustancias reguladas específicamente por OSHA (29 CFR 1910.1001-1053) | | |
| No listado. | | |
| Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA) | Todos los componentes de la mezcla en el inventario TSCA 8(b) se designan como "activos". | |
| Enmiendas y Ley de Reautorización Superfund de 1986 (SARA) | | |
| SARA 302 Sustancia extremadamente peligrosa | | |
| No regulado. | | |
| Producto químico peligroso SARA 311/312 | Sí | |
| Categorías de peligro clasificadas | Corrosivo al metal Toxicidad aguda (cualquier vía de exposición) Corrosión o irritación de la piel Daño ocular grave o irritación ocular | |
| SARA 313 (Informe TRI) | | |
| No regulado. | | |
| Otras regulaciones federales | | |
| Ley de Aire Limpio (CAA) Sección 112 Lista de contaminantes peligrosos del aire (HAP) | | |
| No regulado. | | |
| Ley de Aire Limpio (CAA) Sección 112(r) Prevención de Liberación Accidental (40 CFR 68.130) | | |
| No regulado. | | |
| Ley de Agua Potable Segura (SDWA) | Contiene componente(s) regulado(s) bajo la Ley de Agua Potable Segura. | |
| Regulaciones estatales de EEUU | | |
| EEUU Massachusetts Right-To-Know (Derecho a saber) – Lista de sustancias | | |
| Hidrosulfuro de sodio (CAS 16721-80-5) Sulfuro de sodio (CAS 1313-82-2) | | |
| EEUU Nueva Jersey Decreto de derecho a saber de los trabajadores y la comunidad | | |
| Hidrosulfuro de sodio (CAS 16721-80-5) Sulfuro de sodio (CAS 1313-82-2) | | |
| EEUU Pennsylvania Jersey Ley de derecho a saber de los trabajadores y la comunidad | | |
| Hidrosulfuro de sodio (CAS 16721-80-5) | | |
| EEUU Rhode Island Right-To-Know (Derecho a saber) | | |
| Hidrosulfuro de sodio (CAS 16721-80-5) | | |
| Propuesta 65 California | | |
|  | ATENCIÓN: | Este producto puede exponerlo a trazas de químicos, que el Estado de California reconoce como causantes de cáncer y defectos de nacimiento u otros daños reproductivos. Para más información acceder a: a www.P65Warnings.ca.gov . |
| Inventarios internacionales | | |
| País(es) o región | Nombre del inventario | En inventario (sí/no)* |
| Australia | Inventario Australiano de Sustancias Químicas (AICS) | Sí |
| Canadá | Lista de Sustancias Domésticas (DSL) | Sí |
| Canadá | Lista de Sustancias No Domésticas (NDSL) | No |
| China | Inventario de Sustancias Químicas Existentes en China (IECSC) | Sí |
| Europa | Inventario Europeo de Sustancias Químicas Comerciales Existentes (EINECS) | Sí |
| Europa | Lista Europea de Sustancias Químicas Notificadas (ELINCS) | No |
| Japón | Inventario de Sustancias Químicas Nuevas y Existentes (ENCS) | Sí |
| Corea | Lista de productos químicos existentes (ECL) | Sí |
| Nueva Zelanda | Inventario de Nueva Zelanda | Sí |
| Filipinas | Inventario filipino de productos y sustancias químicas (PICCS) | Sí |
| Taiwán | Inventario de sustancias químicas de Taiwán (TCSI) | Sí |
| Estados Unidos y Puerto Rico | Inventario de la Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA) | Sí |
| *Un "Sí" indica que este producto cumple con los requisitos de inventario administrados por los países gobernantes. | | |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | Un "No" indica que uno o más componentes del producto no están listados o están exentos de listado en el inventario administrado por el(los) país(es) gobernante(s). | | |
| | | | |
| 16. Otra información, incluyendo fecha de preparación y última revisión | | | |
| Fecha de publicación | 16-Agosto-2016 | | |
| Fecha de revisión | 04-Mayo-2020 | | |
| Versión | 02 | | |
| Clasificación NFPA |  | | |
| Lista de abreviaturas | <p>EC50: Concentración Efectiva, 50%.</p> <p>LOAEC: Concentración con el efecto adverso más bajo observado.</p> <p>CL50: Concentración Letal, 50%.</p> <p>IC50: Concentración inhibitoria, 50%.</p> <p>TWA: Promedio ponderado en el tiempo.</p> <p>STEL: Límite de exposición a corto plazo.</p> | | |
| Descargo de responsabilidad | <p>TDC, LLC no puede anticipar todas las condiciones bajo las cuales se puede usar esta información y su producto, o los productos de otros fabricantes en combinación con su producto. Es responsabilidad del usuario garantizar condiciones seguras para el manejo, almacenamiento y eliminación del producto, y asumir la responsabilidad por pérdidas, lesiones, daños o gastos debido al uso inadecuado. La información en la hoja fue escrita con base en el mejor conocimiento y experiencia actualmente disponible.</p> | | |