

# **Análisis de la operación de carga-descarga en un buque petroquímico**

**Trabajo Fin de Grado**

Grado en NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Julio de 2023

Autor:

**DIEGO GARCÍA RODRÍGUEZ**

Tutor:

Prof. Dr. AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería**

**Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval**

Universidad de La Laguna

---



D. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de Marina Civil, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **DIEGO GARCÍA RODRÍGUEZ**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: ANÁLISIS EN LA OPERACIÓN DE CARGA-DESCARGA EN UN BUQUE PETRO-QUÍMICO.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 16 de julio de 2023.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.



García Rodríguez, Diego. (2022/2023). *Análisis de la operación de carga-descarga en un buque petroquímico*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## RESUMEN

En el presente trabajo, se pretende dar a conocer cómo se realiza de manera eficaz y segura tanto para la vida de las personas como para el medio marino una operación de carga y de descarga de productos derivados del petróleo. La mayoría de la información está basada en conceptos adquiridos en el buque petroquímico Virgen del Cisne, en el cual estuve embarcado seis meses de manera ininterrumpida aprendiendo la metodología de trabajo en este tipo de buques tanques y aplicando conceptos adquiridos en la Universidad, pero sobre todo, viviendo una experiencia personal irreplicable conviviendo y formándome con compañeros de distinta cultura e idioma.

Al comienzo del trabajo, se reflejan unos datos de carácter técnico para situar al lector y familiarizarlo con el tipo de buque que se está tratando para finalmente, explicar de manera detallada en qué consiste un trasiego de una carga tan peligrosa como es el petróleo, así como sus múltiples riesgos y sus métodos de contención.

A continuación, se desarrollan muchos de los conceptos obtenidos durante esta experiencia, la que de alguna manera quería compartir con los demás a través de estas líneas.

Cabe destacar que las imágenes tomadas en cubierta han sido con un teléfono móvil de seguridad aprobado por la empresa.

Palabras claves: [carga, descarga, seguridad, colector, normativa].



García Rodríguez, Diego. (2022/2023). *Análisis de la operación de carga-descarga en un buque petroquímico*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## **ABSTRACT**

The purpose of this assignment is about to explain the correct way to carry out a loading and discharge using an Oil/Chemical vessel like Virgen del Cisne, where I have been on board during 6 months learning and familiarizing how is the work in this kind of vessel. I was there as deck cadet and working with people from different nationalities like philippines, indian and rumanian so the language on board was totally english. This coursework has been filled with knowledge and tips that they taught to me during this adventure and also a lot of them i have learnt reading so many manuals.

At first, we can read some pieces of information from the ship's articulars to introduce the reader into the vessel, but later on i will explain the procedure about how to make a safety loading or discharge, according to the message that we can read in the main deck of the vessel about safety first.

Personally, this adventure will be unforgettable because of many reasons, the first one, on board i have learn lot of knowledge that i am sure i will need in the future as a professional.

It is important that the pictures taken in this document, it has been taken using a safety mobile phone from the company.

Keywords: [loading, discharge, safety, manifold, regulations].

## AGRADECIMIENTOS

---

*Con esta presentación se pretende cerrar una etapa inolvidable de gran aprendizaje en todos los sentidos.*

*Observando el horizonte, me gustaría agradecer a todos aquellos que me han acompañado durante este viaje, a mi madre por ser el motor que me mantiene avante navegando a contracorriente y a mis familiares por ser el ancla que nunca garrea.*

*Sin olvidarme de los profesores de la Universidad de La Laguna, que me han brindado las herramientas para poco a poco empezar a construir el camino.*

---

---

# Índice del TFG

---

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Información y clasificación del buque .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Sistema y equipos para la carga - descarga.....</b>	<b>4</b>
2.1. Tipos de carga transportada y sus peligros.....	6
2.2. Plan de estiba .....	8
2.3. Tanques de carga.....	10
2.4. Líneas de carga .....	13
2.5. Manifolds. Particularidad del crossover.....	15
2.6. Tipos de bombas y sus características. ....	20
<b>3. Análisis de vacíos y monitorizaciones durante la carga y descarga.....</b>	<b>21</b>
3.1. Conexión sonda – radar.....	22
3.2. Panel de control TankRadar Star .....	25
3.3. Estabilidad del buque.....	26
3.3.1. Monitorización de los tanques de lastre .....	27
<b>4. Procedimientos de carga y descarga del buque.....</b>	<b>29</b>
4.1. Consideraciones de seguridad previas a la operación. ....	32
4.2. Objetivo de la operación. Relación fletador-buque-terminal.....	34
4.3. Operación de carga. ....	37
4.4. Operación de descarga.....	47
4.5. Sistema de gas inerte. ....	51

4.6. Reacondicionado de tanques para cargas posteriores.....	54
<b>5. Posibles emergencias durante la operativa de carga y descarga. ....</b>	<b>58</b>
5.1. Parado de bombas en emergencia. ....	59
5.2. Incendio a bordo. ....	60
5.3. Derrames contra el medio marino. ....	64
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>67</b>
<b>7. Conclusions.....</b>	<b>67</b>
<b>8. Bibliografía. ....</b>	<b>69</b>

## Índice de ilustraciones

---

Ilustración 1: Imagen en la magistral del buque. Fuente: Trabajo de campo .....	2
Ilustración 2: Terminal de Texas. Fuente: archivo Diego García.....	3
Ilustración 3 Casco del buque. Fuente: Trabajo de campo. ....	4
Ilustración 4: Área de manifolds. Fuente: Trabajo de campo. ....	5
Ilustración 5: Pizarra informativa del puente. Fuente: Trabajo de campo.....	6
Ilustración 6: Triángulo del fuego. Fuente: <a href="http://www.aelaf.es/el-triangulo-del-fuego/">http://www.aelaf.es/el-triangulo-del-fuego/</a> .....	7
Ilustración 7: Reacciones en el interior de un tanque de carga. Fuente: <a href="https://ingenieromarino.com/">https://ingenieromarino.com/</a> .....	7
Ilustración 8: Plan de carga Virgen del Cisne. Fuente: Trabajo de campo. ....	9
Ilustración 9: Cubierta del buque -fondeadero Panamá-. Fuente: Trabajo de campo. ....	10
Ilustración 10: Tanque Slop Estribor. Fuente: Trabajo de campo .....	11
Ilustración 11: Panel de High Level y Overfill. Fuente: Trabajo de campo .....	12
Ilustración 12: Buque en operación -terminal Nueva Orleans-. Fuente: Trabajo de campo...	13

---

---

Ilustración 13: Bandeja del manifold. Fuente: Trabajo de campo.....	14
Ilustración 14: Transferencia de carga remanente al Slop. Fuente: Trabajo de campo.....	15
Ilustración 15: Buque en operaciones. Fuente: Trabajo de campo. ....	16
Ilustración 16: Sistema de crossover. Fuente: Trabajo de campo.....	17
Ilustración 17: Operación Ship to Sip con buque OWL 3. Fuente: Trabajo de campo.....	18
Ilustración 18: Válvula de segregación. Fuente: Trabajo de campo.....	19
Ilustración 19: Conexión sonda-radar. Fuente: buque Loukkas I .....	22
Ilustración 20: Sala de control de la carga. Fuente: Trabajo de campo.....	23
Ilustración 21: UTI. Fuente: Trabajo de campo.....	24
Ilustración 22: Programa TankRadar Star. Fuente: Trabajo de campo. ....	25
Ilustración 23: Monitorización estabilidad del buque. Fuente: Trabajo de campo.....	27
Ilustración 24: Control del lastre desde la CCR. Fuente: Trabajo de campo .....	28
Ilustración 25: Brazos de carga. Fuente: Trabajo de campo.....	29
Ilustración 26: Terminal en Talara-Perú. Fuente: Trabajo de campo .....	30
Ilustración 27: Buque acoplado a mangueras de carga. Fuente: Trabajo de campo.....	31
Ilustración 28: Material SOPEP durante la operativa. Fuente: Trabajo de campo.....	33
Ilustración 29: Operación llevándose a cabo en Houston. Fuente: Trabajo de campo.....	35
Ilustración 30: Programa Ratecalculator. Fuente: Trabajo de campo.....	36
Ilustración 31: Control remoto de válvulas de carga/descarga. Fuente: Trabajo de campo. .	37
Ilustración 32: Manifold durante la operativa. Fuente: Trabajo de campo .....	39
Ilustración 33: P/V Valve. Fuente: Trabajo de campo. ....	41
Ilustración 34: Mast Riser. Fuente: Trabajo de campo.....	42
Ilustración 35: P/V Breaker. Fuente: Trabajo de campo.....	43
Ilustración 36: Línea de bajada -drop line-. Fuente: Trabajo de campo .....	44

---

Ilustración 37: Sonda del tanque de lastre. Fuente: Trabajo de campo .....	46
Ilustración 38: Material previo a operación de limpieza de tanques. Fuente: Trabajo de campo. .....	49
Ilustración 39: Vista desde la magistral durante operativa. Fuente: Trabajo de campo.....	50
Ilustración 40: Panel de monitorización gas inerte. Fuente: Trabajo de campo. ....	52
Ilustración 41: Gas inerte por dilución. Fuente: Ingeniero marino. ....	53
Ilustración 42: Gas inerte por desplazamiento. Fuente: Ingeniero marino.....	54
Ilustración 43: Detector de gases nocivos. Fuente: Trabajo de campo. ....	57
Ilustración 44: Wilden Pump. Fuente: Trabajo de campo.....	57
Ilustración 45: Plan contra incendios buque. Fuente: Trabajo de campo. ....	58
Ilustración 46: Válvula de parado en emergencia. Fuente: Trabajo de campo.....	59
Ilustración 47: Parte de la tripulación en simulacro contra incendios. Fuente: Trabajo de campo .....	60
Ilustración 48: Fire Plans previo a la operación. Fuente: Trabajo de campo. ....	61
Ilustración 49: Panel contra incendios. Fuente: Trabajo de campo.....	62
Ilustración 50: Cañón de espumógeno fijo cubierta. Fuente: Trabajo de campo. ....	63
Ilustración 51: Barreras de contención de derrames. Fuente: <a href="https://infopuertos.com/">https://infopuertos.com/</a> .....	65
Ilustración 52: Material SOPEP. Fuente: Trabajo de campo.....	66

## Introducción

Es necesario remontar hasta el siglo XIX para conocer el transporte comercial de crudo y derivados del petróleo a gran escala. A medida que acontecía la Revolución Industrial y por ende, aumentaba la demanda, se comenzó a investigar una manera eficiente y segura de transportar grandes volúmenes del producto. En sus primeras etapas, el transporte de petróleo se realizaba en barriles o tambores que se cargaban en barcos de carga convencionales. Sin embargo, este método era ineficiente y presentaba numerosos desafíos logísticos, por lo que, en la década de 1860, se introdujeron los primeros buques petroleros dedicados exclusivamente al transporte de petróleo a granel.

En los primeros años, los buques petroleros eran impulsados por velas y contaban con tanques de carga rudimentarios en su interior. Posteriormente, con el desarrollo de la propulsión a vapor y motores de combustión interna, los buques petroleros se modernizaron y se mejoraron sus sistemas de almacenamiento y carga. A lo largo del siglo XX, los buques petroleros aumentaron en tamaño y capacidad, permitiendo el transporte de volúmenes aún mayores, por lo tanto, la seguridad y la protección del medio ambiente se convirtieron en preocupaciones importantes en la industria de los buques petroleros. Posteriormente, se implementaron regulaciones y normas internacionales para mejorar la seguridad y reducir los riesgos de derrames y contaminación. Esto incluyó la introducción de requisitos de doble casco, sistemas de control de carga y descarga más avanzados, y planes de respuesta a emergencias en caso de derrames contra el medio.

A continuación, se detallará cómo debe realizarse una operación de carga y descarga en este tipo de buques atendiendo a la normativa vigente cerciorándose de que se lleva a cabo con un alto grado de eficacia y seguridad.

## 1. Información y clasificación del buque

El buque Virgen del Cisne está clasificado como petrolero de tipo Medium Range, acorde a la escala AFRA [1], así como quimiquero de tipo 2 según el código IBC [2] ; por lo tanto, está capacitado tanto para transportar derivados del petróleo como productos químicos. El trabajo se basa en la experiencia del autor vivida a bordo, en la que se transportaron derivados del petróleo y por esto por lo que el trabajo se basará en la carga y descarga de esta mercancía. En cuanto a las dimensiones del buque, este cuenta con 183,09 m de eslora y 32,20 m de manga. Un calado máximo de verano de 11,139 m y una altura desde la quilla hasta la antena de 47,882 m.

La distribución de carga está formada por las siguientes líneas (que se explicará de forma detallada en las siguientes páginas), tanto en la banda de babor como en la de estribor:

- Dos líneas de vapor
- Línea M.DO
- Línea H.FO
- Línea SLOP
- Seis líneas de carga (desde 1 P/S hasta 6 P/S)

Constituyendo una capacidad máxima de carga (98%) de 53527,355 m<sup>3</sup>.

Con respecto a la propulsión del buque, el Virgen del Cisne cuenta con un motor principal MAN B&W de 12900 BHP (9480KW) x 127.00 RPM además de un motor auxiliar de 10,965 BHP (8,058KW) x 120.30 RPM capaces de generar una velocidad máxima de 15 nudos.



*Ilustración 1: Imagen en la magistral del buque. Fuente: Trabajo de campo*

Durante la experiencia vivida, el buque navegó por aguas pertenecientes al Mar Caribe, Océanos Pacífico y Atlántico, además de ríos y canales, siendo los más destacados el Canal de Panamá y el Río Mississippi. A bordo del buque se encuentran veinticuatro tripulantes de diferentes nacionalidades: filipina, hindú, rumana y tres alumnos de puente españoles por lo que el medio de comunicación es a través del inglés, lo que exige un buen nivel del mismo ya que la comunicación a bordo es fundamental en cada situación. Algunos de los puertos más destacados en los que se realizó alguna operación de carga - descarga fueron los siguientes:

- Puerto de Balboa (Panamá)
- Puerto de Cristóbal (Panamá)
- Port Arthur (Texas, EEUU)
- Corpus Christi (Houston, EEUU)
- Mollendo (Perú)
- Esmeraldas (Ecuador)

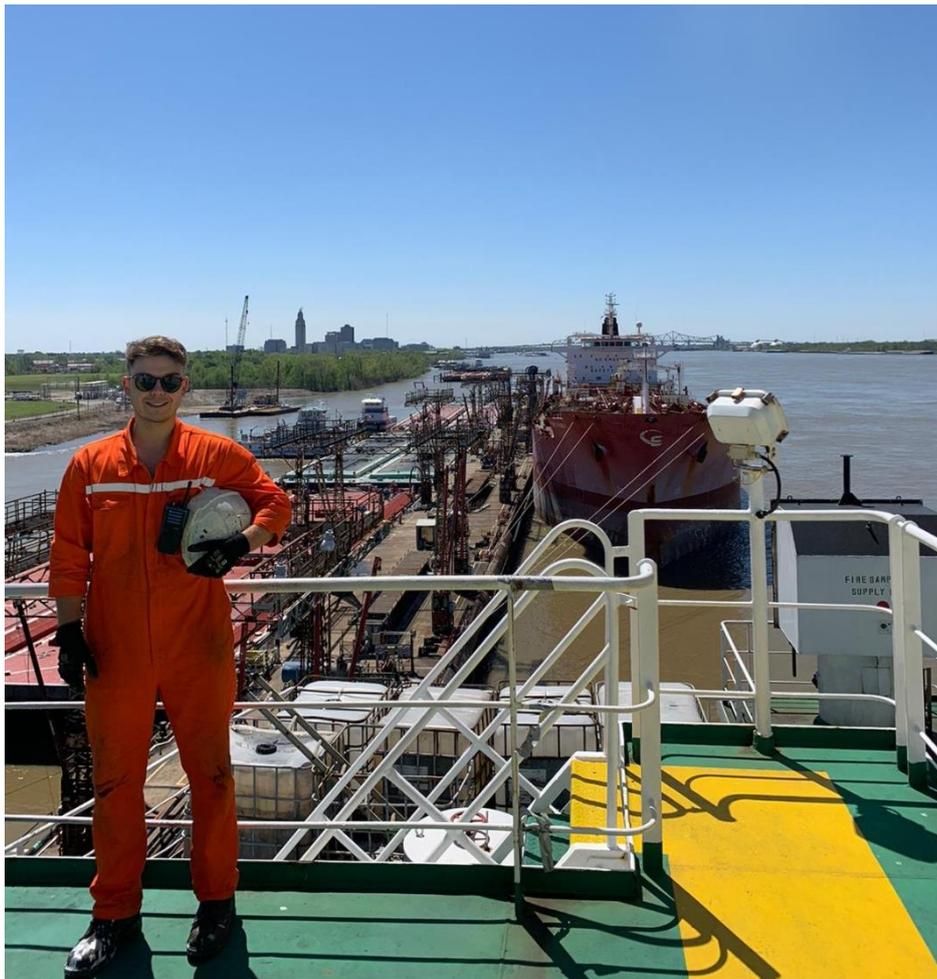


Ilustración 2: Terminal de Texas. Fuente: archivo Diego García

Cabe destacar que tanto en Perú como en Ecuador las operaciones se realizaban en campos de boyas “MBM” o de buque a buque “STS”.



*Ilustración 3 Casco del buque. Fuente: Trabajo de campo.*

## **2. Sistema y equipos para la carga - descarga**

A continuación, se procederá a explicar de forma detallada tanto los equipos que se tienen a bordo para la correcta y segura realización de una operación de carga y de descarga, así como el procedimiento que se sigue para ejecutar la misma.

El principal medio del buque para rentabilizar su inversión así como generar beneficios al armador y al fletador, es mediante el intercambio de mercancía. Como se ha mencionado con anterioridad, este es un buque tanque el cual vive del transporte de derivados del petróleo, generalmente ULSD (Ultra Low Sulphur Diesel) y JET-OIL; el primero es comúnmente utilizado para el abastecimiento de vehículos mientras que el segundo está destinado para las aviaciones. Para recibir este producto, habitualmente de las terminales, el buque cuenta con seis líneas de carga que derivan en tanques por cada banda, es decir, en la banda de estribor

el buque cuenta con seis líneas y en la banda de babor otras seis líneas de carga que derivan en otros tanques. Cabe destacar que el Virgen del Cisne tiene un sistema de Crossover, que es un colector transversal que permite transportar carga desde una línea de babor a una de estribor y viceversa, lo que beneficia al buque en gran medida ya que independientemente de que la carga se esté realizando por una banda, se puede cargar de manera simultánea la banda contraria.

Por donde se recibe la carga es por los denominados Manifolds o colectores, que a su vez van conectados a las líneas de carga ya mencionadas anteriormente. En cada banda, el buque cuenta con seis manifolds de carga (uno para cada línea) además de los Manifolds destinados a las líneas del SLOP, H.DO, M.DO y a las dos de Vapor. En siguientes apartados se profundizará en los colectores para su mejor entendimiento.



Ilustración 4: Área de manifolds. Fuente: Trabajo de campo.

## 2.1. Tipos de carga transportada y sus peligros

Tal y como se mencionó anteriormente, el buque transporta habitualmente ULSD, que es un diésel con muy bajo nivel de azufre, pensado para mejorar los niveles de contaminación. Además del JET-OIL, un lubricante generalmente empleado en las turbinas de gas aeronáuticas. Ambos productos, su punto de inflamación es menor de 60°C, además de su rápida vaporización y facilidad de inflamación. por lo que se consideran volátiles. [3] IMDG CODE

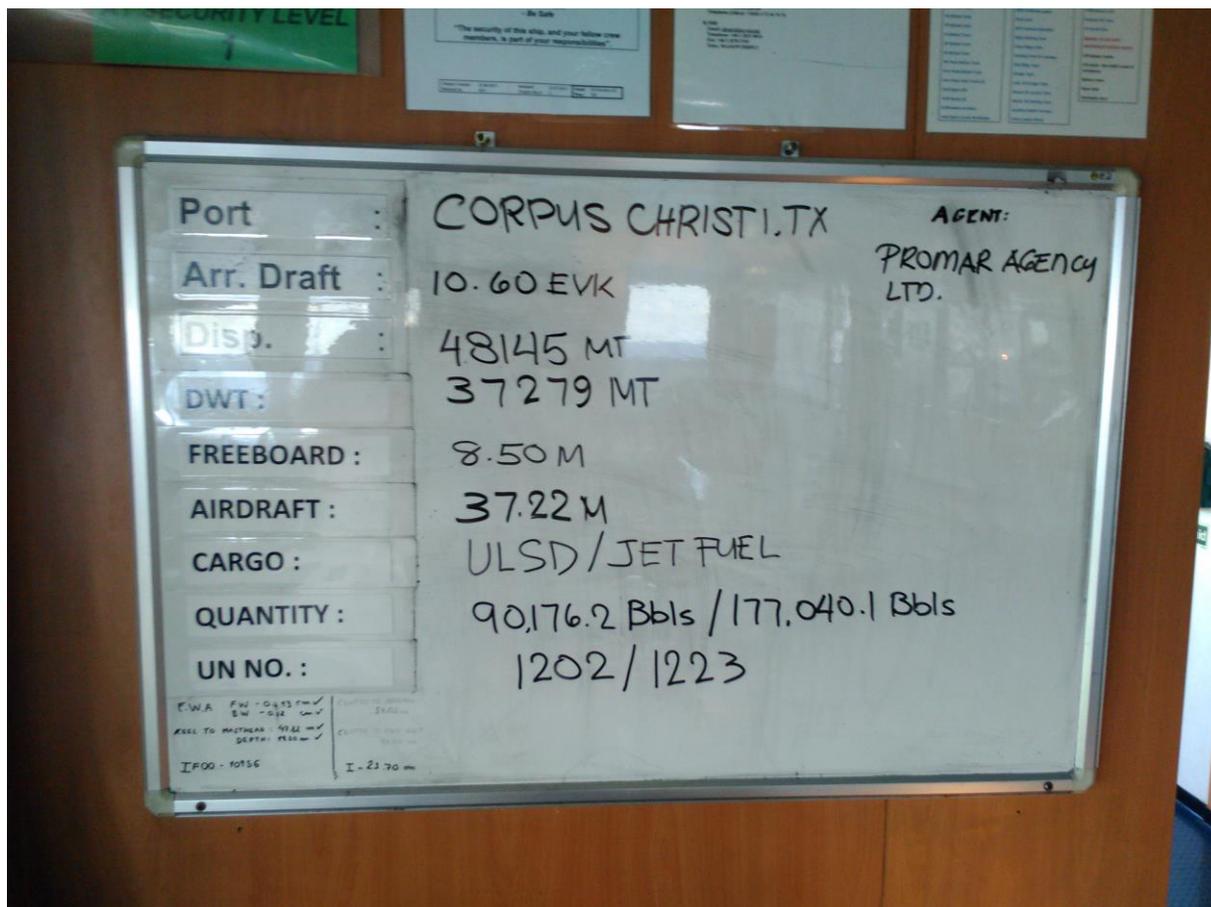


Ilustración 5: Pizarra informativa del puente. Fuente: Trabajo de campo.

Con respecto a sus peligros de ignición, según el triángulo del fuego, para dar lugar a una combustión hace falta la combinación de un comburente, una fuente de ignición y el combustible. En el instante en que uno de estos elementos no se encuentre presente, no se originará la reacción que dará lugar a la llama de fuego.



Ilustración 6: Triángulo del fuego. Fuente: <http://www.aelaf.es/el-triangulo-del-fuego/>.

Es de vital importancia llevar un control continuo de los gases que genera la carga en el interior de los tanques, ya que el petróleo no es capaz de arder por su propio líquido sino por la reacción de los gases con el oxígeno del aire. Es por esto por lo que previa a la operación de carga, se realiza una inspección de la atmósfera en el interior de los tanques.

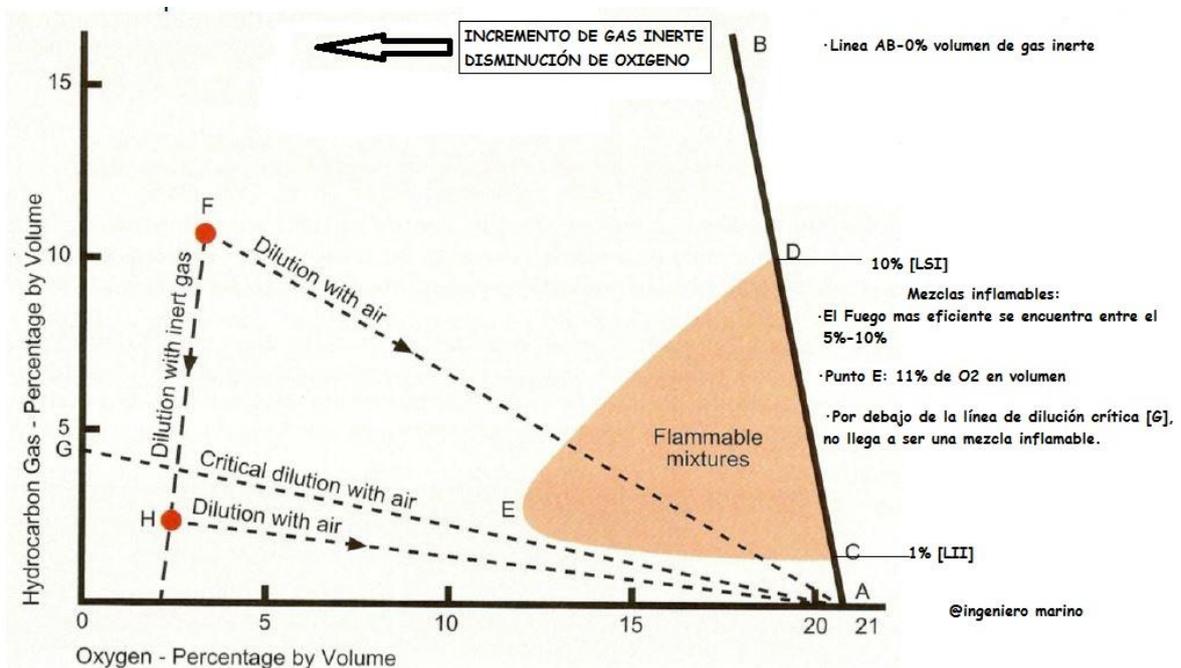


Ilustración 7: Reacciones en el interior de un tanque de carga. Fuente: <https://ingenieromarino.com/>

## 2.2. Plan de estiba

La planificación es una parte esencial para garantizar la seguridad y eficiencia en las operaciones de carga en una terminal portuaria. La planificación debe incluir una evaluación detallada de todos los aspectos involucrados en la operación, desde la llegada del buque hasta la salida.

El primer oficial tiene la responsabilidad de preparar el plan de carga, el cual debe incluir lo siguiente:

- Fecha de la operación.
- Puerto de carga y descarga.
- Grados API (“American Petroleum Institute” unidad de medida de densidad de fracciones extraídas del petróleo).
- Volumen en barriles y en porcentaje del producto por tanque.
- Peso del producto por tanque en m.t.
- Calado.

API (“American Petroleum Institute”) unidad de medida de densidad de fracciones extraídas del petróleo la cual permite conocer su flotabilidad en el agua. Si el producto es superior a 10 grados API, flotaría ya que es más liviano que el agua.

Durante la operación de carga, a bordo se recibe al “Surveyor” que es el supervisor de la carga y juega un papel neutral entre el vendedor y el comprador de la misma, que también se reciben a bordo y entre los tres llevan a cabo el plan de estiba que el buque, y en especial el primer oficial, ha elaborado acorde a la capacidad de carga del buque y al “Rating” que es el flujo al que el buque es capaz de cargar, en concreto en el Virgen del Cisne es de 1520 Metros cúbicos cada hora en cada manifold o colector (desde el 1 al 6) también en concordancia con la terminal de tierra. [4]

Este proceso es una negociación continua que ocurre entre los tres miembros ya mencionados, debido a que en juego hay gran cantidad de dinero e intereses. Los principales factores que se tienen en cuenta son los barriles de carga, estos deben coincidir o aproximarse lo máximo posible a lo que se ha pactado previamente entre el vendedor y el comprador; el segundo factor clave es la monitorización continua de la temperatura de la carga ya que al esta variar, también varía la viscosidad. Si el producto se encuentra a mayor temperatura, disminuye su viscosidad mientras que, si la temperatura es menor de la acordada, su viscosidad aumentará, lo que se verá reflejado en menor cantidad de carga y por lo tanto menos barriles al final de la operación.

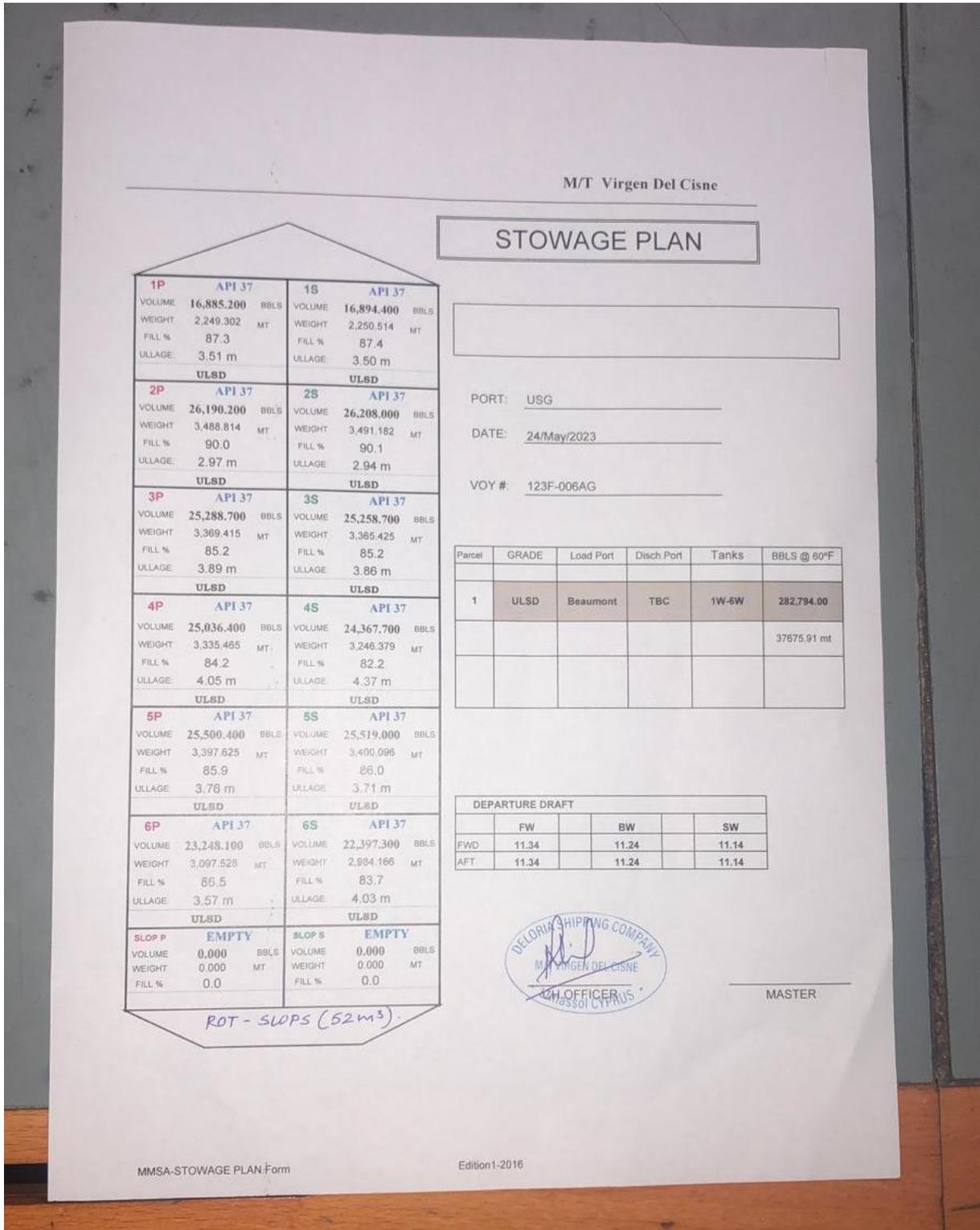
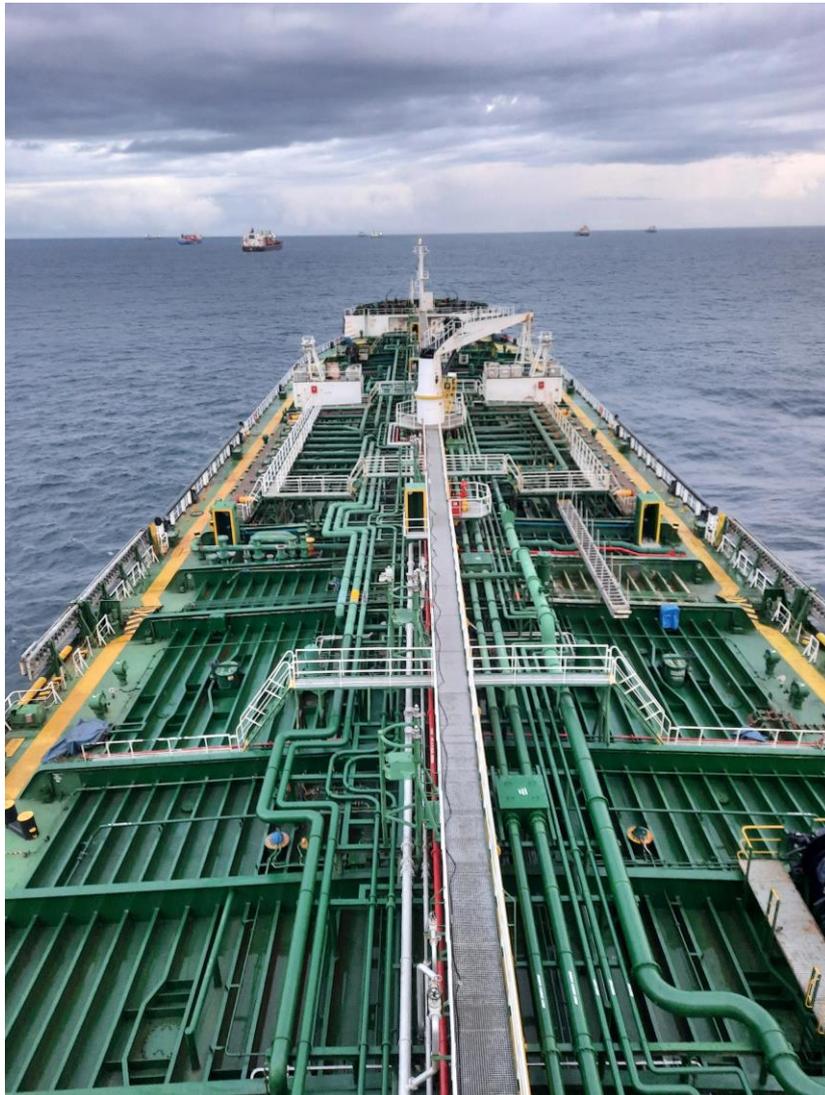


Ilustración 8: Plan de carga Virgen del Cisne. Fuente: Trabajo de campo.

## 2.3. Tanques de carga

Transversalmente y de popa a proa, el buque se divide en las siguientes secciones:

- Peak de popa.
- Sala de máquinas.
- Tanques de almacenamiento de HFO.
- 2 tanques de Slop y uno residual.
- 12 tanques de carga (dos tanques en cada sección transversal; uno a babor y otro a estribor) de manera que desde popa hacia proa se encuentran de la siguiente manera: SLOP P/SLOP S; 6P/6S; 5P/5S; 4P/4S; 3P/3S; 2P/2S; 1P/1S siendo P= "Port" o Babor en castellano y S= "Starboard" o Estribor.
- Peak de proa.



*Ilustración 9: Cubierta del buque -fondeadero Panamá-. Fuente: Trabajo de campo.*

Habitualmente, los tanques en los que se almacenan los restos de la carga anterior, así como los productos oleosos que general el buque son en los Slops; no obstante, también se pueden dedicar estos tanques para la carga aunque tienen unas dimensiones menores. El tanque residual únicamente está habilitado para almacenar los residuos del buque, como son las aguas negras.



Ilustración 10: Tanque Slop Estribor. Fuente: Trabajo de campo

Los tanques de carga del Virgen del Cisne tienen unas dimensiones de 22 metros de altura, 18 metros de largo y 12 metros de ancho. Cargados al 98% de la capacidad se puede transportar hasta 53527,355 m<sup>3</sup> [4]; más de este porcentaje de carga no es seguro su transporte según la normativa internacional marítima IMO [5]. En su interior, podemos encontrar:

- Sensor de “High Level” (95% de llenado del tanque)
- Sensor “Overfill” (98% de llenado)
- La línea de carga o “Drop Valve” que conduce hasta el tanque desde los colectores de la cubierta principal, por donde se recibe el producto.
- Bomba de succión que es eléctrica y sumergida para las labores de limpieza del tanque.
- Pozo de succión, hasta donde se transporta el resto de carga succionado por la bomba o achicado manualmente en el proceso de limpieza del tanque.



Ilustración 11: Panel de High Level y Overfill. Fuente: Trabajo de campo

## 2.4. Líneas de carga

El “manifold” o colector es un conjunto de tuberías y válvulas situado en la cubierta del buque, donde se conectan las mangueras o brazos armados que se utilizan para la carga y descarga de los diferentes tipos de productos que se transportan en los tanques del buque.

Los tramos principales del “manifold” suelen estar situados a mitad de la eslora del buque a ambas bandas, aunque su ubicación exacta puede variar en función del diseño del buque y de la carga que se esté transportando.

El diámetro de los tramos del “manifold” dependerá del tipo de producto que se esté transportando y del tamaño de los tanques del buque. En general, si el tanque es pequeño, el diámetro del manifold será más pequeño en comparación con los que transfieren a tanques de mayores dimensiones. Esto se debe a que los tanques más grandes requieren una mayor capacidad de flujo para la carga y descarga de los productos, por lo que necesitan tuberías de mayor diámetro para poder manejar grandes cantidades de líquido.

Cada colector está serigrafiado en un costado con su número y con su diámetro para no dar lugar a la confusión.

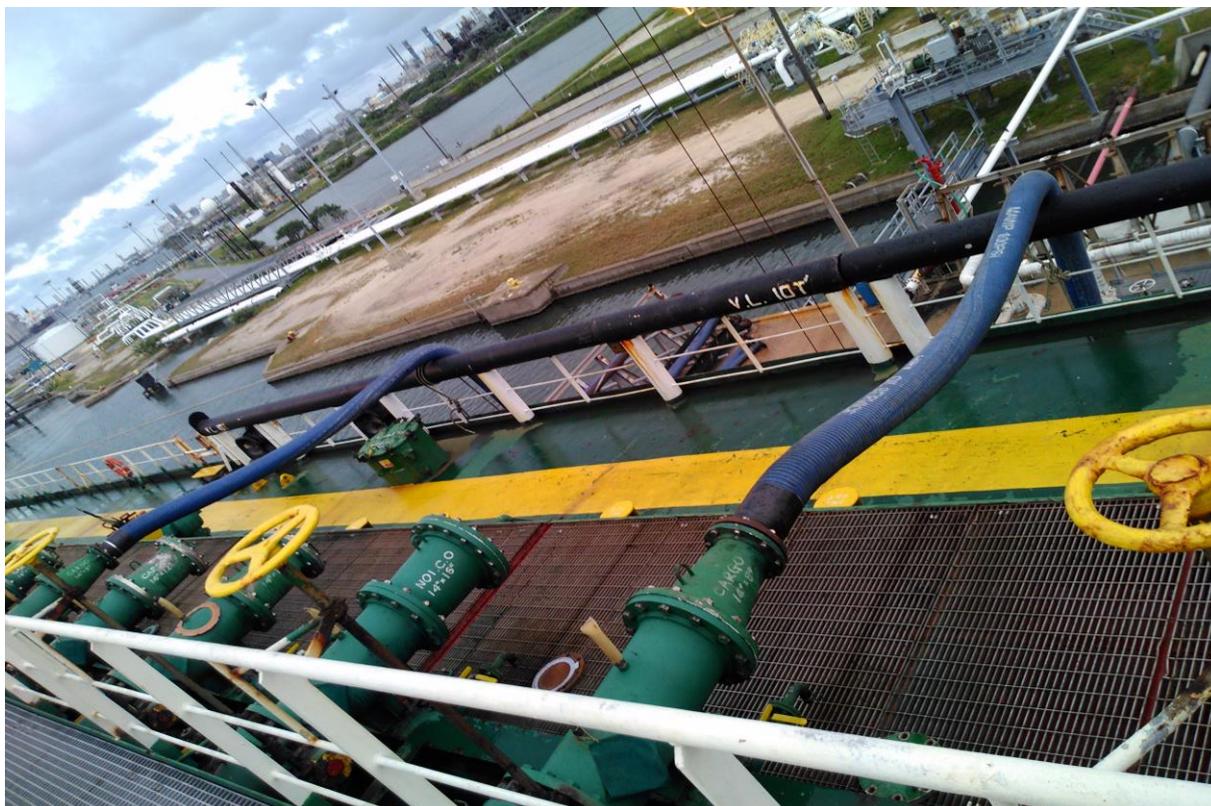


Ilustración 12: Buque en operación -terminal Nueva Orleans-. Fuente: Trabajo de campo

Los manifold de H.FO (Heavy Fuel Oil) y M.DO (Marine Diesel Oil) son utilizados en operaciones de bunkering, que es el suministro de combustible a los buques. El combustible se suministra a través de mangueras o brazos armados que se conectan al manifold correspondiente.

Por otro lado, el SLOP es un término que se refiere a las aguas oleosas que se generan en el proceso de limpieza de los tanques del buque y que contienen restos de hidrocarburos. Estas aguas oleosas se almacenan en un tanque separado y se pueden transferir a través del manifold a una instalación a tierra u otro buque para su tratamiento o eliminación.

También es posible utilizar el SLOP para transferir el remanente de carga a bordo para ser transferido a otro tanque, pero siempre cumpliendo con las normas y regulaciones ambientales y de seguridad pertinentes para evitar la contaminación del medio ambiente.



*Ilustración 13: Bandeja del manifold. Fuente: Trabajo de campo*



Ilustración 14: Transferencia de carga remanente al Slop. Fuente: Trabajo de campo.

## 2.5. Manifolds. Particularidad del crossover.

El buque Virgen del Cisne tiene la capacidad de cargar varios tipos de carga simultáneamente gracias a los “Manifolds”. Estos se encuentran en el centro de la cubierta principal y tanto en estribor como en babor tenemos 6 colectores de carga, además de los destinados a los tanques residuales, al “bunkering” y a la línea de vapor formando un total de 12 colectores por cada banda del buque. El diámetro de cada colector es proporcional a la dimensión del tanque, por lo que el colector destinado a los tanques de carga tendrá un mayor diámetro nominal que los empleados para, por ejemplo, el “bunkering”. Cabe destacar que cada colector está conectado con su pareja de la otra banda del barco, es decir, el tanque 3S por ejemplo, está conectado con la línea del colector 3 tanto por babor como por estribor lo que permite cargar aisladamente este tanque en caso de ser necesario.



*Ilustración 15: Buque en operaciones. Fuente: Trabajo de campo.*

En cuanto al crossover, este es un colector transversal que conecta todos los manifold o colectores de carga en la cubierta del buque. El propósito del crossover es permitir la carga simultánea de varios tanques con diferentes productos, sin la necesidad de estar cambiando

constantemente la manguera por la que recibimos la carga o el brazo de la terminal, mediante el uso de válvulas agrupadas y un sistema de tuberías que conecta el crossover con cada uno de los manifold de carga.

El uso del crossover es una característica común en los buques tanque, ya que permite una mayor eficiencia en la carga y descarga de los productos, al permitir la carga simultánea de varios tanques. Sin embargo, es importante seguir los procedimientos adecuados de carga y descarga para evitar la contaminación cruzada de los productos y garantizar la seguridad de la tripulación y del buque.

Para facilitar la operación en terminal, el buque cuenta con diferentes acoples de distinto diámetro nominal para de esta manera, poder encajar los brazos de la terminal, de la boya o incluso de otro barco, en operaciones de “Ship to Ship” con los colectores de a bordo. Estos datos se proporcionan previamente a la llegada para una vez el buque esté hecho firme en la terminal, comenzar con la operativa.



*Ilustración 16: Sistema de crossover. Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 17: Operación Ship to Ship con buque OWL 3. Fuente: Trabajo de campo*

Es importante señalar que el crossover de doble válvula que se utiliza en el buque se conoce comúnmente como "válvulas de segregación". Estas válvulas tienen la función de

evitar que productos incompatibles entren en contacto durante la carga simultánea de diferentes tanques.

Las válvulas de segregación funcionan de la siguiente manera: cuando se carga un producto en un tanque a través de una línea de carga, la válvula correspondiente se abre mientras que la válvula del otro lado de la línea de carga permanece cerrada. De esta manera, se evita que el producto entre en contacto con el producto que se está cargando en el tanque adyacente.

El uso de válvulas de segregación en el crossover es una medida importante para garantizar la seguridad en la carga de los productos en un buque tanque, especialmente cuando se trata de productos incompatibles.



*Ilustración 18: Válvula de segregación. Fuente: Trabajo de campo*

## **2.6. Tipos de bombas y sus características.**

Las bombas centrífugas con las que opera el buque son del fabricante FRAMO y utilizan un sistema hidráulico para su funcionamiento, a diferencia de otras bombas centrífugas que utilizan sistemas eléctricos como las MARFLEX.

Una de las principales diferencias entre las bombas FRAMO y las MARFLEX es que las primeras requieren trabajar con la presión del líquido, ya que el vacío puede dañarlas. Por esta razón, el motor de las bombas FRAMO está sumergido en el tanque, mientras que en las MARFLEX el motor se encuentra en la superficie del mismo. [6] [7]

Otra diferencia importante es que las bombas FRAMO tienen un sistema hidráulico que utiliza el líquido cargado en el tanque como fuente de energía para la bomba, mientras que las bombas MARFLEX utilizan un motor eléctrico para su funcionamiento.

El objetivo principal de las bombas centrífugas es convertir la presión ejercida por el impulsor en velocidad, con el fin de impulsar la carga líquida. Esto se logra transformando el movimiento rotativo de la bomba en energía cinética, que se utiliza para bombear cualquier tipo de carga líquida, sin importar su sensibilidad o viscosidad.

Es importante tener en cuenta que la presión máxima de trabajo para este sistema es de 220 bar. Sin embargo, la presión de trabajo para cada bomba debe ser 20 bar menos que la presión máxima para garantizar la seguridad del sistema y evitar daños a las bombas. [4]

	Número	Tipo	Rate	Tanques en los que trabaja
<b>Bombas de Carga</b>	12	Centrífuga Sumergida	600 m3/h	Tanques de carga 1-6 (Br/Er)
<b>Bombas Slop</b>	2	Centrífuga Sumergida	300 m3/h	SLOP (Br/Er)
<b>Bomba de Carga de Emergencia</b>	1	Centrífuga Portátil	150 m3/h	Cualquiera en el que la bomba principal no esté funcionando
<b>Bomba de Diafragma</b>	1	Neumática Portátil	10 m3/h	Para el drenado de líneas y bandeja de manifolds
<b>Power Packs</b>	2	Eléctricas		
	2	Diésel		
<b>Bombas de Lastre</b>	4	Centrífuga Sumergida		

Tabla 1 Bombas del buque. Fuente: Marflet Marine S.A.

### 3. Análisis de vacíos y monitorizaciones durante la carga y descarga

Llevar a cabo los análisis de vacíos correspondientes en cada operación de carga y descarga es una tarea vital para el correcto funcionamiento de la misma, el oficial de guardia es el encargado y para ello, es fundamental un buen estado de funcionamiento de la sonda-

radar ya que permitirá el control de parámetros como el vacío, la temperatura y la presión a medida que se ejecuta la operativa de carga-descarga.

### 3.1. Conexión sonda – radar.

La sonda-radar es un sensor ubicado en la cubierta y adjunto a cada tanque de carga, que enlaza cada uno de estos con una sonda y utiliza ondas de radar para medir la distancia entre el transductor y la superficie del líquido en el tanque y proporciona información sobre el nivel de líquido en los tanques. Esto es crucial para asegurar que los tanques no se sobrecarguen o se vacíen demasiado durante las operaciones. Estos equipos están situados en el interior de los tanques de carga y su funcionamiento está basado en la emisión de ondas que al contactar con el producto se generan unos ecos que son los que, tras ser informatizados y contrastados, se ven reflejados en las pantallas de control que se tienen en la Sala de Control de Carga o comúnmente conocida a bordo como CCR por sus iniciales en inglés. [7]



*Ilustración 19: Conexión sonda-radar. Fuente: buque Loukkas I*

Además, tal y como se mencionó anteriormente, también es capaz de detectar tanto la temperatura como la presión a la que se encuentra la carga en todo momento.



Ilustración 20: Sala de control de la carga. Fuente: Trabajo de campo.

No obstante, esto es un sensor informatizado, y la tecnología en ocasiones, puede fallar. Por esta razón, a bordo se cuenta con varios equipos denominados UTI de sus siglas en inglés “Ullage and Temperature and Interference” que realizan la misma función que el sensor explicado, pero de una manera más tradicional. Consiste en una pantalla de lectura y una sonda que se arría hasta el interior del tanque por la conexión de los registros de vapores situado en cubierta anexo a cada tanque de carga. Al entrar en contacto con el producto, proporciona en la pantalla los parámetros de temperatura, el vacío y la interface, que es la cantidad de agua restante en la superficie del producto como consecuencia de una evaporación.



Ilustración 21: UTI. Fuente: Trabajo de campo.

### 3.2. Panel de control TankRadar Star

El buque cuenta con un programa llamado TankRadar Star, que canaliza toda la información recibida por el eco explicado anteriormente y la proyecta en un monitor ubicado en la CCR.

El programa Tankradar Star es muy útil para el oficial de guardia, ya que le permite monitorear las diferentes fases de las operaciones simplemente observando la pantalla en tiempo real. La información proporcionada por el programa es clara y detallada, lo que permite al operario tomar decisiones informadas sobre cómo manejar las operaciones.

Además, la capacidad del programa para nombrar el tipo de carga contenida en cada tanque y cambiar el color de los tanques en caso de que se trate de diferentes productos, ayuda a facilitar la distinción de la carga para el operario. Esto puede ser especialmente útil en situaciones donde hay múltiples tanques y tipos de carga para monitorear.



Ilustración 22: Programa TankRadar Star. Fuente: Trabajo de campo.

### 3.3. Estabilidad del buque.

La estabilidad de un buque durante la operación de carga o descarga es de vital importancia para que se pueda llevar a cabo de manera satisfactoria. El objetivo principal es asegurar que el buque sea capaz de mantener su equilibrio y estabilidad, así como su asiento en todo momento, incluso cuando se está realizando la operación.

Para lograr esto, se utilizan una serie de medidas de seguridad y procedimientos en el que destaca el siguiente:

- Cálculo de la estabilidad del buque: Antes de iniciar la operación de carga o descarga, se debe calcular la estabilidad del buque para determinar la cantidad máxima de carga que se puede cargar, va incluido en el plan de estiba, sin poner en peligro la estabilidad del buque. Se deben tener en cuenta factores como el peso y la ubicación de la carga, así como el estado de la mar y el viento. En el buque Virgen del Cisne, estos cálculos se realizan cada hora ya que en este periodo de tiempo se ha cargado un gran tonelaje de producto que podría variar la estabilidad. A bordo se dispone de un programa informático el cual automáticamente, insertando los valores de carga hasta el momento, es capaz de dar el valor GM, que es la distancia entre el centro de gravedad y el metacentro.

Esta unidad es muy conocida a bordo ya que es vital en la estabilidad, un GM más alto del adecuado hace al buque demasiado rígido y tendrá dificultad para volver a su estado inicial de equilibrio después de ser escorado; mientras que, si el GM está por debajo de lo recomendado, el buque será inestable y escorará fácilmente.

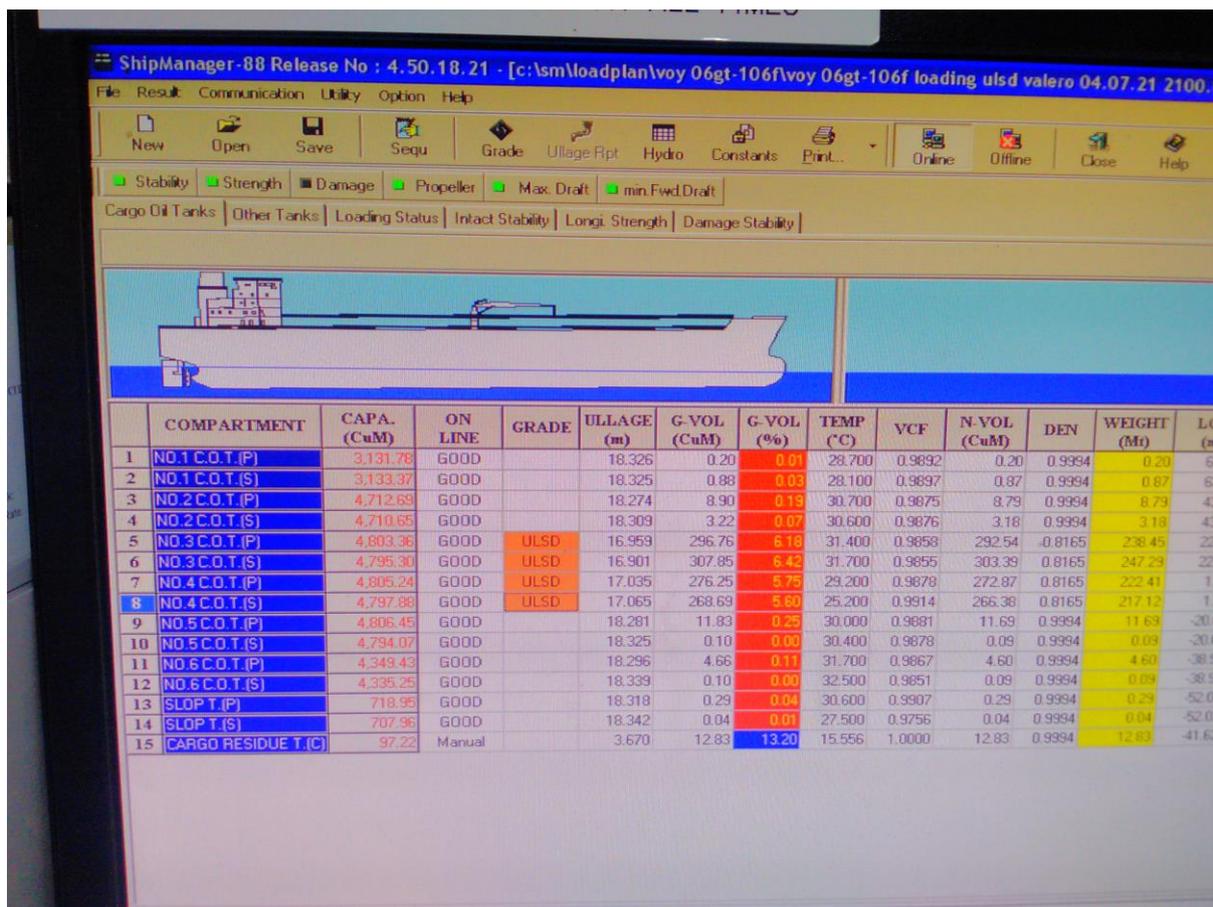


Ilustración 23: Monitorización estabilidad del buque. Fuente: Trabajo de campo.

### 3.3.1. Monitorización de los tanques de lastre

Para poder llevar a cabo lo explicado en el apartado anterior referente a la estabilidad del buque, se deben tener en cuenta los tanques de lastre ya que este es el medio que se tiene para contrarrestar el peso de la carga y su posible escora o asiento.

- Ajuste de los tanques de lastre: Durante la carga o descarga, se pueden ajustar los tanques de lastre del buque para mantener el equilibrio y la estabilidad del buque. a los tanques de lastre se llenan o vacían según sea necesario para contrarrestar el peso de la carga y mantener el buque nivelado mediante válvulas de control remoto ubicadas en la CCR que permiten el paso o el cierre de lastre al tanque. En caso de que dichas válvulas no funcionen remotamente, también se pueden abrir de forma manual desde la sala de máquinas. Es importante el mantenimiento tanto de las válvulas como de los sensores ya que, en caso de error, pueden confundir al oficial de guardia haciéndole creer que una válvula se encuentra abierta cuando no lo está o viceversa.

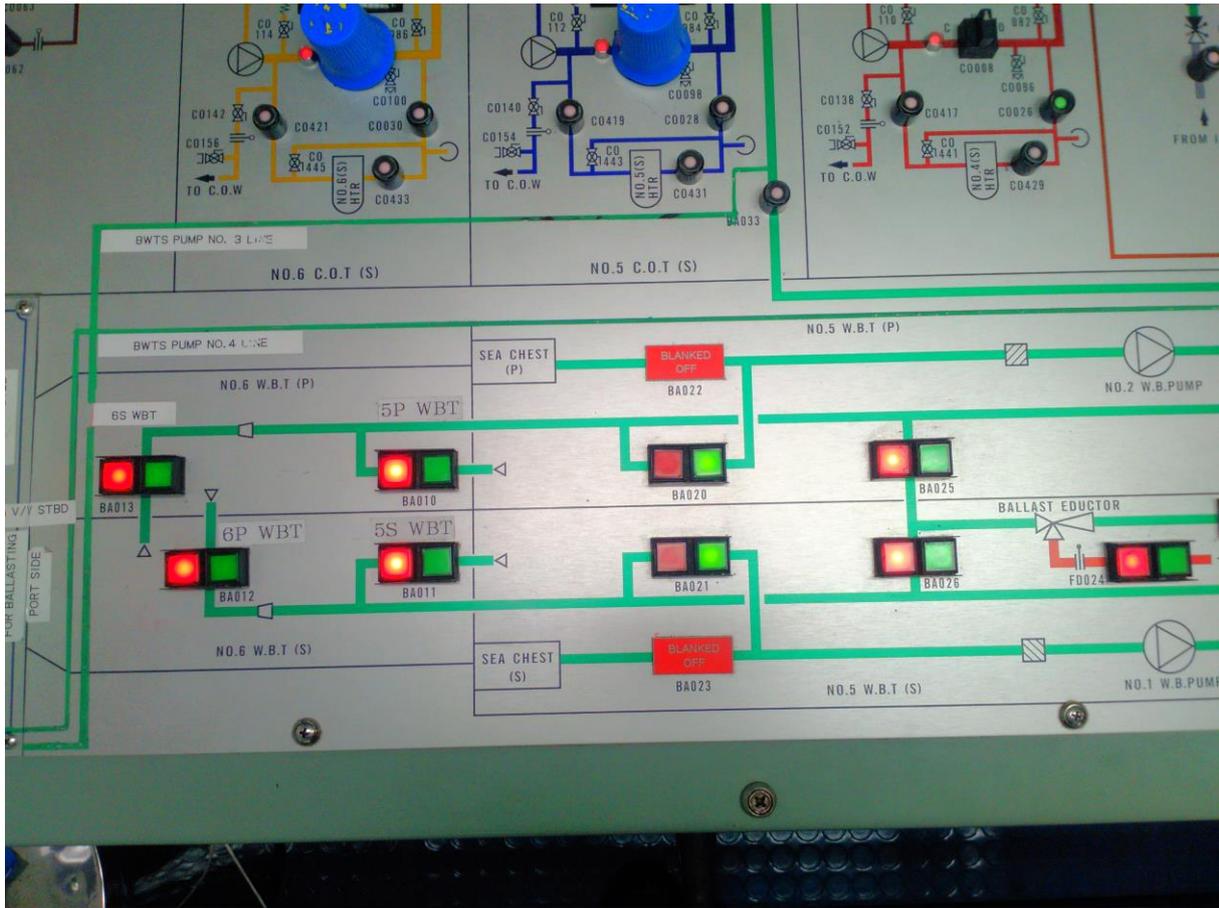


Ilustración 24: Control del lastre desde la CCR. Fuente: Trabajo de campo

## 4. Procedimientos de carga y descarga del buque.

Las operaciones de carga y descarga del buque se llevan a cabo en las terminales, que son lugares específicos designados para la carga y descarga de buques tanques. Estas terminales se ubican estratégicamente cerca de las refinerías y centros de distribución para facilitar la transferencia de petróleo y sus derivados.

Existen dos tipos de terminales: las instalaciones en tierra, donde el Virgen del Cisne operó mayoritariamente durante mi estancia a bordo, y las instalaciones mar adentro o también llamadas “off-shore”. Las terminales en tierra se conectan a la tubería principal de la refinería o al centro de distribución, mientras que las instalaciones costa afuera están ubicadas cerca de las plataformas petroleras en el mar.

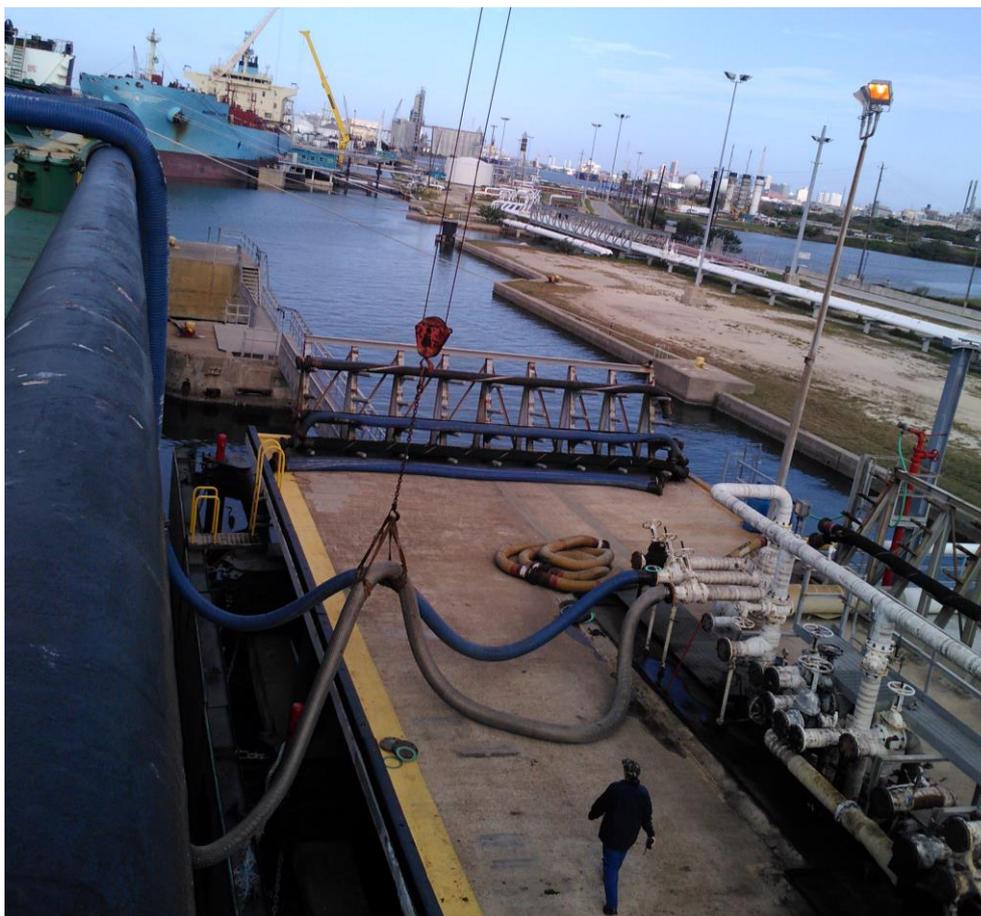


*Ilustración 25: Brazos de carga. Fuente: Trabajo de campo*



Ilustración 26: Terminal en Talara-Perú. Fuente: Trabajo de campo

Las conexiones de carga más comunes utilizadas por las terminales son las mangueras, que son provistas por tierra y se conectan al manifold por medio de operarios designados por la terminal o por los marineros de cubierta, a excepción de en Estados Unidos, en las que la mayoría de las operaciones se ejecutaron mediante los brazos de carga. Para maniobrar la manguera, se emplea la grúa del buque, dirigiéndose hacia el manifold designado. Un aspecto importante a tener en cuenta es el siguiente: a la hora de atracar en una terminal, previamente en el plan de estiba se conoce en qué manifold se conectará la manguera o se acoplará el brazo, para en el momento del atraque, tanto el capitán como el práctico sepan cuál es exactamente la posición del mismo. Esto se señala poniendo una bandera a la altura del “manifold” que se usará posteriormente, para así hacer una señal visual tanto al puente como a la terminal de carga. Cabe destacar que los brazos articulados de las terminales, tienen la opción de ser controlados remotamente para ajustarse a los cambios de francobordo del buque, pues a medida que va avanzando la operación de carga, el francobordo es menor puesto que hay mayor cantidad de carga a bordo, y viceversa en el proceso de descarga. Con las mangueras no existe esta variable, pues son flexibles al movimiento.



*Ilustración 27: Buque acoplado a mangueras de carga. Fuente: Trabajo de campo.*

#### **4.1. Consideraciones de seguridad previas a la operación.**

Antes de realizar cualquier operación en una terminal de carga o descarga de buques tanques, es fundamental tomar una serie de medidas de seguridad para prevenir accidentes ya que la carga a transportar es potencialmente peligrosa. Algunas de las medidas más importantes para prevenir accidentes son [8] [7]:

- Realizar una inspección exhaustiva del buque antes de la carga o descarga para detectar cualquier posible fuga o problema en las tuberías y equipos.
- Bombas de carga purgadas, evitando aire dentro de la misma, e imbornales cerrados.
- Chequeo visual de las líneas observando posibles grietas o perforaciones que den lugar a fugas.
- Válvula principal de la planta de gas inerte cerrada. Tanques de carga y SLOP inertizados con un nivel de oxígeno inferior al 8% del volumen del tanque.
- Alarmas de “High level” y “Overfill” testeadas.
- Equipos personales de emergencia preparados como el detector de gases, ducha de emergencia y lavado de ojos.
- Material SOPEP en el sitio.
- Mangueras contra incendios y cañones de agua en la dirección de la operación.
- Comprobar que la carga a transportar es compatible con los materiales de las tuberías y tanques de carga.



Ilustración 28: Material SOPEP durante la operativa. Fuente: Trabajo de campo.

## 4.2. Objetivo de la operación. Relación fletador-buque-terminal.

La seguridad y la protección ambiental son aspectos fundamentales en las operaciones de transporte de carga en buques tanques. Para garantizar que las operaciones se lleven a cabo de manera segura y eficiente, es importante contar con una planificación detallada y precisa de todas las fases involucradas en el proceso.

El primer oficial es el encargado de liderar y coordinar la planificación de las operaciones, asegurándose de que se cumplan todas las normas y procedimientos establecidos para garantizar la seguridad de la tripulación, del buque y del medio ambiente. Es importante que el primer oficial cuente con el apoyo y la colaboración de los demás oficiales y marineros, quienes deben estar debidamente capacitados y entrenados para llevar a cabo sus tareas de manera segura.

Desde el punto de vista del buque, las operaciones de transporte de carga se pueden dividir en tres situaciones principales:

- Carga/Descarga: Durante esta fase, el buque se encuentra en puerto y se lleva a cabo la operación a través de las terminales ya sean en tierra o mar adentro.
- Navegación con la carga: Una vez que se ha cargado la mercancía, el buque debe navegar hasta su destino final. Durante esta fase, se debe mantener una velocidad constante y una dirección precisa, en la medida de lo posible, mientras se asegura de que la carga se mantenga estable y segura. Se deben tomar medidas para evitar la contaminación y proteger el medio ambiente, así como para garantizar la seguridad de la tripulación, para ello, tanto la monitorización de las presiones en el interior del tanque como la de las temperaturas son de gran importancia.
- Preparación de la carga: Antes de que se realice la operación, el buque debe prepararse adecuadamente para recibir el producto realizando los chequeos que se comentan en el apartado anterior.



Ilustración 29: Operación llevándose a cabo en Houston. Fuente: Trabajo de campo.

Con respecto a las relaciones que se producen a bordo durante la operativa, cabe destacar el Bill of Lading o también conocido como conocimiento de embarque que es un documento expedido por un transportista o su agente y que actúa como un recibo para la carga que se transporta. Es un documento crucial en el comercio internacional utilizado para asegurar que el exportador reciba el pago y que el importador reciba la mercancía. En él aparecen detalles de la carga tales como su tipología, cantidad, peso y dimensiones además de puertos de origen y destino, remitente y destinatario.

El Bill of Lading es un documento legal que enumera los detalles de la carga, como el tipo de carga, la cantidad, el peso y las dimensiones, así como los detalles del remitente, el destinatario y los puertos de origen y destino.

Otro documento a tener en cuenta durante la operativa es el Letter of Protest o carta de protesta, es un documento escrito por el capitán o por la terminal portuaria que registra una objeción o queja relacionada con cualquier asunto que pueda afectar la operación del buque o la carga que se transporta.

El propósito principal de una carta de protesta es proteger los intereses del remitente y establecer un registro escrito de las circunstancias que rodean la queja. Esta carta se puede utilizar como prueba en caso de disputas legales posteriores. Habitualmente están relacionadas con la carga, aunque pueden contener múltiples motivos tales como retrasos en el puerto, cambios en la ruta, etc.

Ullage Report (Informe de vacíos): es el que se realiza a bordo en operaciones de cargas y descargas después de tomar medidas en los tanques para conocer los vacíos de los mismos, y de esa manera poder calcular la cantidad cargada/descargada. Estos sondeos podemos compararlos con los que nos proporciona el Tank Radar System.

Pumping Log o Registro de bombeo, es un informe que se completa durante el proceso de descarga de un buque y que se utiliza para registrar los detalles de la operación de bombeo.

En el Pumping Log se deben anotar los rates de descarga (velocidad de descarga) y la presión del manifold cada hora, lo que permitirá calcular la cantidad de carga descargada en un período determinado.

Además, también se pueden registrar otros detalles importantes como la temperatura y la densidad del líquido, el nivel de la carga en los tanques, etc.

**RATECALC - DISCHARGING.**

Print Page 1      Onboard Quantity on Arrival.      Delete data page 1- 4!

Vessel's Name :	Virgen Del Cisne	Port :	BALAO TME BUOY	Date :	6 June 2023	Voy no:	23F-006A					
Discharging Grade :	ULSD	Quantity:	23,848 m3	Mt / m <sup>3</sup> :	0.8383	Quantity in mt. :	19,992 mt					
Commenced Disch. :	6 June 2023	at :	14:18:00 hrs									
Tank Name	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00
NO.1 COT (P)	2,618	2,466	2,317	2,168	2,022	1,888	1,760	1,638	1,497	1,362	1,225	1,085
NO.1 COT (S)	2,623	2,476	2,335	2,194	2,047	1,893	1,750	1,613	1,491	1,364	1,235	1,099
NO.2 COT (P)												
NO.2 COT (S)												
NO.3 COT (P)	4,087	4,087	4,087	4,087	4,087	4,087	4,087	4,087	4,087	4,087	4,087	4,087
NO.3 COT (S)	4,074	4,074	4,074	4,074	4,074	4,074	4,074	4,074	4,074	4,074	4,074	4,074
NO.4 COT (P)												
NO.4 COT (S)												
NO.5 COT (P)	4,042	3,948	3,820	3,685	3,569	3,435	3,305	3,166	3,006	2,866	2,728	2,603
NO.5 COT (S)	4,038	3,904	3,782	3,658	3,519	3,386	3,246	3,104	2,980	2,835	2,693	2,568
NO.6 COT (P)	3,761	3,761	3,761	3,761	3,761	3,761	3,761	3,761	3,761	3,761	3,761	3,761
NO.6 COT (S)	3,615	3,615	3,615	3,615	3,615	3,615	3,615	3,615	3,615	3,615	3,615	3,615
SLOP TK (P)												
SLOP TK (S)												
M <sup>3</sup> UNLOADED	379	906	1,446	1,995	2,543	3,098	3,639	4,179	4,726	5,273	5,819	6,345
MT UNLOADED	318	760	1,212	1,673	2,132	2,597	3,051	3,503	3,962	4,421	4,878	5,319
RATE M <sup>3</sup> / HR	542	527	540	549	548	555	541	540	547	547	546	526
AVER. RATE M <sup>3</sup>	542	534	536	539	541	543	543	543	543	544	544	542
M <sup>3</sup> TO GO	23,469	22,942	22,402	21,853	21,305	20,750	20,209	19,669	19,122	18,575	18,029	17,503
TONS TO GO	19,674	19,232	18,779	18,319	17,860	17,395	16,941	16,488	16,030	15,571	15,114	14,673
C.O.B. M <sup>3</sup>	28,858	28,331	27,791	27,242	26,694	26,139	25,598	25,058	24,511	23,964	23,418	22,892
E.T.C / DATE	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
E.T.C / TIME	10:19	11:31	10:23	09:48	09:52	09:23	10:20	10:26	09:57	*****	*****	*****

Ilustración 30: Programa Ratecalculator. Fuente: Trabajo de campo.

### 4.3. Operación de carga.

La planificación detallada de las operaciones de carga es crucial para garantizar la seguridad y la eficiencia en el transporte de la carga. Además, en la llegada del buque a la terminal es obligatorio que los tanques de carga estén preparados para recibir el producto.

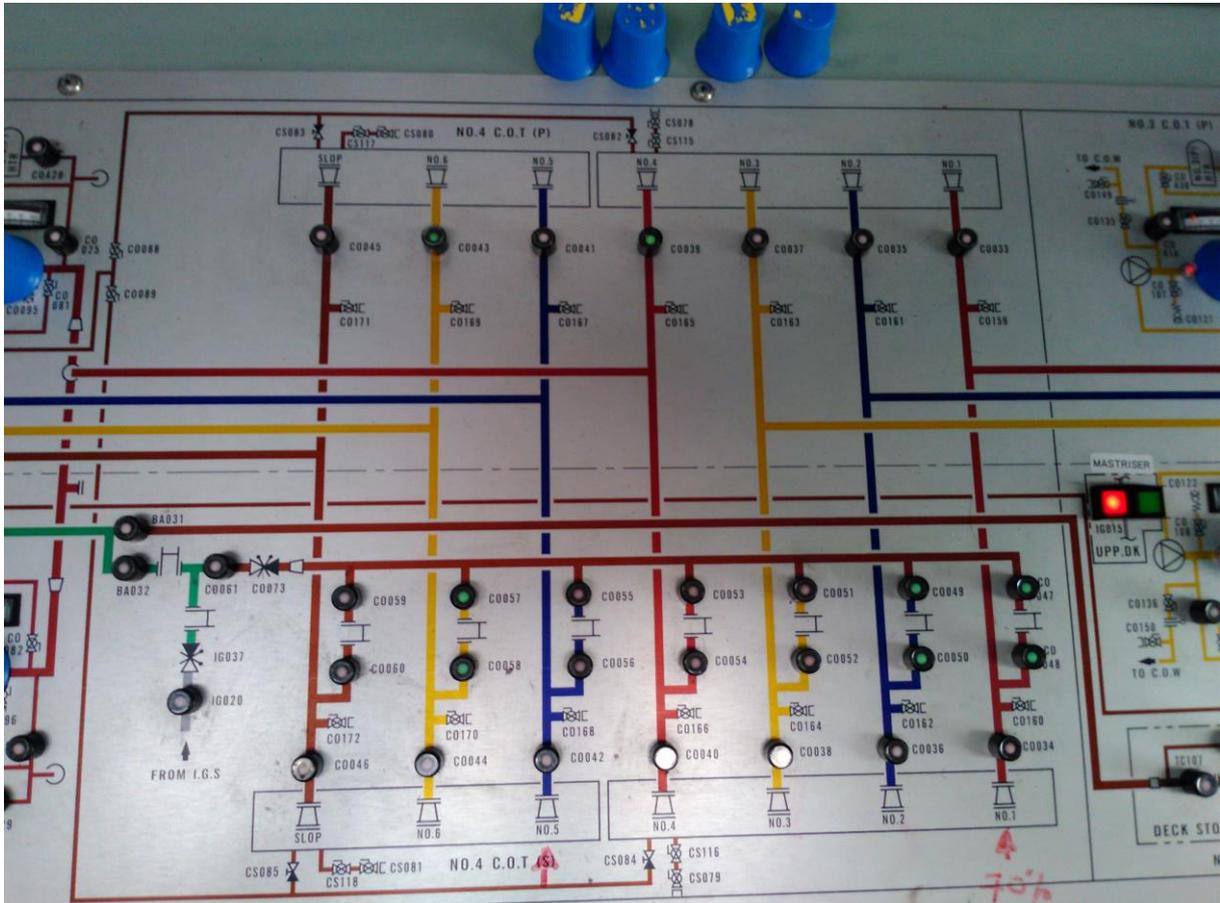


Ilustración 31: Control remoto de válvulas de carga/descarga. Fuente: Trabajo de campo.

En cuanto al plan de estiba, el primer oficial es el responsable de su elaboración y debe ser aprobado por el capitán antes de llevar a cabo la operación. El plan de carga debe contener información detallada sobre la misma, incluyendo [7] [8]:

- Cantidad y tipo de carga a transportar
- El orden de carga, es decir, qué tanques deben ser cargados primero y en qué orden
- Distribución de la carga en los tanques, teniendo en cuenta el centro de gravedad del buque y su estabilidad

- Cálculos precisos de la capacidad de carga de los tanques, que incluyen el espacio necesario para la expansión térmica y otros factores
- Instrucciones detalladas para la tripulación sobre la operación de la carga, incluyendo procedimientos de emergencia en caso de derrames o incendios.
- Conocimiento previo de si existen varios puertos de descarga o no ya que en caso afirmativo, el primer oficial adaptará la operativa para poder realizar la descarga de tal forma que no afecte a la estabilidad del buque.
- Especificaciones del producto anteriormente cargado y analizar su compatibilidad para llevar a cabo o no la limpieza exhaustiva de tanques.
- Monitorización continua de los caudales de carga para asegurarse de que se cumplen los plazos establecidos, así como llevar un control del lastre.
- Equipos de los que se disponen para en caso de emergencia poder actuar.

Destacar que, una vez realizado el plan de estiba, este no se podrá modificar sin tener la aprobación del capitán y es necesario comunicarlo a toda la tripulación que forme parte de la operativa para evitar posibles confusiones.

Además de las consideraciones mencionadas anteriormente a tener en cuenta en el plan de estiba, justamente antes de iniciar la operación de carga, tanto el bombero, que en este buque no había, pero sus funciones las cubría el contra maestre, como el primer oficial deben cerciorarse de que no existe ningún contratiempo y para ello se realiza una ronda visual de seguridad. En esta se confirmará lo siguiente:

- Buen estado de las válvulas, tanto de carga como de presión.
- Manifold bien acoplado con los reductores adecuados.
- Tambuchos de los tanques están cerrados y sellados.
- Líneas de carga sin fugas.
- Líneas de amarre firmes.

Una vez que se ha verificado que la cubierta está lista para recibir la carga, el capitán, el primer oficial y el Loading Master suelen reunirse para discutir y establecer el plan de carga definitivo. Este plan se registra en la "Carta de Preaviso" [8], que es una parte importante de

la planificación de la carga, ya que ayuda a garantizar que se cumplan los requisitos de seguridad y calidad durante la operación. Esta carta incluye información detallada, como los detalles de la carga, los requisitos de segregación, las instrucciones de carga y descarga como por ejemplo la antelación con la que se tiene que notificar a la terminal un cambio en el rating o caudal, la información sobre los grados y las cantidades de carga, las restricciones operativas, los requisitos de documentación, y cualquier otra información relevante.

La normativa IMO (Organización Marítima Internacional) y la guía de seguridad de buques tanques y terminales ISGOTT (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals) establecen estándares y recomendaciones para la preparación y el contenido de la Carta de Preaviso, con el objetivo de garantizar la seguridad y la eficiencia en la operación.

Para garantizar la seguridad eléctrica durante la operación de carga, tanto el buque como la terminal deben estar aislados eléctricamente. Para ello, se colocan bridas aislantes entre el brazo o manguera y el manifold. Esto evita que se produzcan chispas eléctricas o descargas que podrían generar un incendio o una explosión en la zona de carga. [8]



Ilustración 32: Manifold durante la operativa. Fuente: Trabajo de campo

Además, es importante que los inspectores de carga (surveyors) comprueben que los tanques de carga están vacíos y se puede recibir la carga de manera segura. Los surveyors suelen ser contratados por la compañía de seguros, la terminal o el buque para verificar que se cumplen dichos requisitos de seguridad y calidad durante la operación de carga. Si los tanques no están limpios o no cumplen con los requisitos, es posible que se rechace la carga y se deba realizar una limpieza o inspección adicional.

Una vez que se ha verificado que los tanques están limpios y en condiciones óptimas para recibir la carga, se puede firmar el "Certificado de Inspección de Limpieza de Tanques de Carga".

Cabe destacar que la guía ISGOTT y el convenio SOLAS [10] establecen que todos los puntos de acceso a los tanques deben permanecer cerrados durante las operaciones de carga, para prevenir la entrada de gases o vapores inflamables en el buque. Además, se deben utilizar las válvulas de presión/vacío para permitir el desplazamiento de los gases al exterior, evitando la acumulación de presión en el interior de los tanques. En el Virgen del Cisne, se tienen los siguientes métodos:

- Válvulas P/V "*Pressure Vacuum*": Estas válvulas, que se encuentran en la cubierta principal, actúan cuando en el interior de los tanques la presión alcance los 200 mBar o exista un vacío de 25 mBar. Este es su principal objetivo, eliminar las sobrepresiones o por el contrario el exceso de vacío en los tanques. Se pueden accionar manualmente abriendo la válvula o desde la CCR en control remoto. Además, según el convenio SOLAS, al ser unas válvulas de alta velocidad, deben estar situadas a una altura mínima de 4 metros de la cubierta principal y siempre en dirección vertical para en el momento de expulsar gases no correr ningún riesgo. [8] [10]



Ilustración 33: P/V Valve. Fuente: Trabajo de campo.

- Mástil de evacuación o conocido a bordo como “Mast Riser”: Se encuentra en la cubierta y a 6 metros de altura con respecto a la misma. A diferencia de las P/V Valve, este se pone en marcha únicamente en control remoto desde la CCR, pero mantiene el mismo objetivo. [10]



Ilustración 34: Mast Riser. Fuente: Trabajo de campo.

- “P/V Breaker” o rompedor de las válvulas P/V: Este rompedor actuaría de forma automática si detecta que existe una sobrepresión en los tanques de 200 mBar o un vacío de 25 mBar y no haya respondido ni la P/V Valve ni el Mast Riser, por lo tanto es un método de seguridad únicamente para casos de emergencia. [8] [10]



Ilustración 35: P/V Breaker. Fuente: Trabajo de campo

- **Proceso de carga:** A efectos prácticos, para la tripulación se considera que una vez el primer oficial, junto con la aprobación del capitán, elaboren el plan de estiba, la operación de carga ha comenzado ya que a partir de este momento se iniciarán todos los procesos necesarios para la recepción del producto. Teóricamente, sobre el libro de operaciones, esta no comienza hasta que se abren los manifolds.

La operación se puede definir claramente en tres etapas muy marcadas, estas son las siguientes:

- Primera etapa: Consiste en el proceso de recepción del producto, y por lo tanto, del llenado de tanques. En esta etapa, el objetivo es llenar el tanque hasta cubrir la línea de bajada o muy conocida a bordo como la “Drop Valve” para de esta manera acabar con las turbulencias generadas por el flujo de la carga.

Según la 5ª edición de la guía ISGOTT, un manual en el que se fundamentan muchas líneas de este trabajo, el ratio de carga de los tanques debe estar limitado para evitar que el caudal en la bajada de la línea de carga exceda 1 m/s. Aplicando esta medida, lo que se consigue es minimizar la electricidad estática en el interior de los tanques, originado por el impacto de la carga con las paredes del propio tanque. En el buque Virgen del Cisne, el caudal inicial de carga se consensuaba con la terminal previamente con el fin de operar en condiciones cómodas de trabajo por ambas partes, siempre teniendo en cuenta el máximo mencionado anteriormente de 1m/s. [8]



Ilustración 36: Línea de bajada -drop line-. Fuente: Trabajo de campo

Cuando la operación se va a llevar a cabo en una terminal, la elección de los medios de bombeo depende del número de tanques que se deseen cargar simultáneamente. Si lo que se pretende es cargar pocos tanques, el uso de bombas puede generar un caudal de inicio que exceda el límite máximo permitido, asumiendo riesgos innecesarios.

Por lo tanto, en estos casos, se solicita a la terminal que la carga se realice por medio del efecto de la gravedad, lo que implica que la carga se desplace desde los tanques de almacenamiento de la terminal hasta el buque tanque a través de una tubería que funciona por gravedad, sin necesidad de utilizar bombas. [7]

Otro aspecto importante a tener en cuenta en esta etapa inicial es el muestreo del producto, que posteriormente se analizará en laboratorio para detectar posibles contaminaciones o impurezas que puedan afectar la calidad del producto o poner en riesgo la seguridad de los que se encuentran a bordo, tal y como menciona la guía ISGOTT en su 5ª edición.

- Segunda etapa: Esta etapa comienza justo con el fin de la primera y comprende hasta que se inicie el topeo de los tanques, que consiste en transportar la carga desde un tanque a otro para diversos fines, los más habituales, corregir la escora del buque o que se desee un nivel de carga en un tanque y no se haya conseguido. Esta transferencia se hace utilizando el sistema de bombeo del buque. Cabe destacar que el caudal máximo para realizar esta transferencia de carga, depende de la capacidad de venteo del buque. El venteo de gases consiste en la liberación controlada de los mismos desde el interior de los tanques hasta el exterior, empleando la Vapor Line, que es una línea de vapor que conecta todos los tanques y para la liberación de estos gases se conecta o a la manguera o al brazo de la terminal desde el manifold, redirigiendo los gases desde los tanques a la terminal. Realizando este proceso, se evita la creación de una atmósfera explosiva en el interior de los tanques de carga que originaría riesgos para la vida humana. En el Virgen del Cisne, el caudal máximo por tanque para la carga es de 600 m<sup>3</sup>/h. Si se sobrepasan los 200 mb de presión, tal y como se mencionó anteriormente, entrarían en escena los sistemas de liberación de gases también explicados. [4]

Una vez realizado el venteo de tanques, se suelen tomar muestras de la carga de nuevo y tal y como establece la guía ISGOTT en su capítulo 11.7.3, se debe dar una media hora llamada “de cortesía” en la que no es recomendable introducir objetos metálicos en el interior de los tanques durante la operación de carga y los 30 minutos posteriores a la misma, pues podría producirse electricidad estática. [8] [9]

- Tercera y última etapa: En esta parte final, se lleva a cabo el topeo de tanques al 98% de su capacidad de carga, a medida que los tanques van alcanzando el nivel acordado de carga, se procede a notificarlo a la terminal para que poco a poco vaya disminuyendo el caudal de entrega. El siguiente paso lo ejecuta tanto el conrtramaestre como el surveyor, y será realizar la medición de vacío de los tanques para ajustarse lo más posible al plan de estiba elaborado. En el momento que se haya alcanzado ese vacío deseado, o lo que es lo mismo, los niveles de carga de los tanques están según se refleja en el plan de estiba, el oficial de guardia da la orden al marinero de guardia del manifold, o muchas veces al propio alumno, de cerrar la Drop Line, por lo que la carga ya no llegaría hasta el tanque, dando por finalizada la operación de carga.

Ya una vez dada por terminada la operación, se realiza una última ronda de seguridad con el fin de que todas las válvulas estén cerradas haciendo especial hincapié tanto en la mencionada anteriormente como en la del crossover o el propio manifold. Posteriormente, el encargado de la carga realizará junto con el marinero un sondeo final con el UTI cerciorándose de que en gran medida coinciden lo escrito en el plan de estiba con lo que realmente se encuentran en el interior de los tanques, en caso negativo, se formulará una carta de protesta. Según la normativa MARPOL, en la regla 15.5 explica claramente que las muestras de cada operación realizada, deben mantenerse a bordo un mínimo de tres años [11]. Para ello, el Virgen del Cisne cuenta con un pañol específico para este cometido situado en la cubierta principal.

Es importante destacar que mientras la operación detallada anteriormente se lleva a cabo, simultáneamente se está realizando otra, la de deslastrar el buque. En esta operación el objetivo es evitar la escora del buque y para ello se juega con la cantidad de producto que se carga, y la cantidad de lastre que se aligera.



*Ilustración 37: Sonda del tanque de lastre. Fuente: Trabajo de campo*

#### 4.4. Operación de descarga

Al igual que en el procedimiento de carga, también en este tanto el bombero o contramaestre como el primer oficial deben realizar una ronda previa por toda la cubierta cerciorándose de que tanto el estado de la línea como el alineamiento de válvulas es el apropiado. Previamente, el primer oficial, con la validación del capitán, realiza el plan de descarga. Todos los pasos se llevan a cabo detalladamente según la guía ISGOTT en el apartado 26. [8]

Seguidamente, se realiza un checklist el cual debe estar cumplimentado para comenzar la operación. Entre ellos destacan los siguientes aspectos:

- Se debe tener en cuenta por qué medio se realizará la descarga, tanto si es por brazo o por manguera para de esta manera acoplar los reductores con el tamaño adecuado.
- Luego, en el plan de descarga se refleja tanto la secuencia de la misma como la cantidad que se liberará en cada tanque, facilitando la operativa del oficial de guardia en la CCR.
- Al igual que ocurre en la operación de carga, en esta también hay consideraciones a sintonizar con la terminal como puede ser la presión de trabajo o el caudal de la operativa además del timing.
- Una vez toda la información es intercambiada y aceptada entre buque-terminal, se procede a prever una posible emergencia y cuáles serían los métodos de contención. Para ello, se incorpora el material SOPEP además de poner los monitores de espuma situados en cubierta hacia el lugar de la operación. Otro aspecto fundamental es la máquina del buque, esta debe estar también en alerta siempre siendo capaz de aportar un 1.25 veces adicionales al caudal considerado como máximo de descarga del buque para la prevención del llamado efecto vacío en el interior de los tanques, tal y como lo recoge la guía ISGOTT. Además de tener los equipos de inertización preparados.

Cabe destacar que lo principal a bordo, como así se puede leer en la cubierta del buque, es la seguridad. Es por ello por lo que todas las puertas de la acomodación durante la operativa permanecerán cerradas evitando de esta manera inhalar gases y olores intensos en caso de derrame. Además, queda totalmente prohibido el uso de equipos electrónicos en cubierta debido al riesgo de generación de chispas y la posibilidad de explosiones o incendios ya que la carga transportada es altamente inflamable.

- **Proceso de descarga:** Una vez realizado lo expuesto anteriormente, lo conocido como consideraciones previas a la descarga, se considera que el buque está listo para comenzar la operativa, únicamente a expensas de la terminal. Cuando esta esté preparada para recibir la mercancía, se comenzará la operación.

Antes de abrir la válvula del manifold para iniciar la descarga en un buque tanque, es importante seguir un procedimiento adecuado para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Uno de los pasos clave es crear una presión positiva dentro de las líneas utilizando las bombas de descarga, y para ello, se hace lo siguiente:

- **Iniciar las bombas de descarga:** Se ponen en marcha las bombas de descarga para generar presión en las líneas y preparar el circuito para la descarga. Es recomendable iniciar con un rateo de descarga bajo al principio.
- **Cebado del circuito:** Durante el inicio de la descarga, es importante asegurarse de que el circuito esté completamente cebado, es decir, que el flujo de carga se esté moviendo de manera continua y sin obstrucciones. Esto se puede verificar mediante la observación de que la carga alojada en los tanques del buque esté disminuyendo de manera constante, monitorizándolo en programa TankRadar de la CCR.
- **Aumento del suministro de gas inerte:** Para prevenir la producción de vacíos o espacios vacíos en los tanques, se debe aumentar el suministro de gas inerte. Esto ayuda a mantener una atmósfera segura y evitar la formación de mezclas inflamables en los tanques durante la descarga.
- **Desactivación de alarmas:** Una vez que se ha establecido un flujo continuo de descarga y se ha verificado el correcto funcionamiento, las alarmas de high-level (nivel alto) y over-flow (sobrepaso de capacidad) pueden desactivarse. Esto implica que se ha logrado un equilibrio adecuado en el proceso de descarga.

A medida que la operación se va ejecutando, una labor importante es comprobar que las presiones a las que se está trabajando son las que se acordaron con la terminal, esta labor en el Virgen del Cisne la hace el alumno, que realiza las guardias en el manifold y está en contacto constantemente con el oficial de guardia. Otra labor importante del alumno en la operación, es monitorizar la cantidad de carga en cada tanque a medida que transcurre la operación para comprobar si se están cumpliendo los tiempos con el plan de descarga. En caso negativo, avisar de inmediato para aumentar el caudal en la medida de lo posible.

Finalmente, en la última etapa de la operación, entra en escena el proceso del achique de los tanques o comúnmente conocido a bordo como el *stripping*. Este proceso se realiza cuando la operación de descarga está llegando a su fin, pero en el interior de los tanques siempre queda una pequeña cantidad del producto que no es suficiente para que la bomba de descarga la absorba. Es por esto por lo que el achique se realiza mediante aire comprimido.



Ilustración 38: Material previo a operación de limpieza de tanques. Fuente: Trabajo de campo.

Tal y como se mencionó anteriormente, las bombas de descarga no son capaces de absorber la pequeña cantidad remanente, por lo tanto, se procede al cierre de las mismas y, también implícitamente las válvulas de descarga ya que se realizará mediante otro método.

El siguiente paso es conectar la manguera de aire comprimido a la línea del *stripping* ya que lo que va a ocurrir es que se sustituye el poder de succión de las bombas de descarga, por la absorción directamente del aire comprimido en la línea. Una vez realizado lo anterior, lo siguiente será poner en marcha las bombas de descargas cerradas anteriormente ya que, al haber conectado la manguera del aire comprimido, se está aumentando de manera significativa el poder de succión. Una cuestión a tener en cuenta es cómo saber cuándo la bomba ha succionado el producto en su totalidad ya que se está trabajando con cantidades ínfimas con respecto a la capacidad del tanque, cuando se empieza a oír un ruido similar al del llanto de un niño, se considerará que el proceso del *stripping* ha llegado a su fin. Este sonido se produce porque en el interior del tanque no queda producto que succionar y a la vez, la bomba está intentando realizar su función que es absorber, por lo tanto, al trabajar en seco da lugar al llanto mencionado, dando por finalizada la operación de descarga. [11]



Ilustración 39: Vista desde la magistral durante operativa. Fuente: Trabajo de campo.

## 4.5. Sistema de gas inerte.

### Normativa aplicada

La normativa que rige el sistema de gas inerte en el buque Virgen del Cisne es el convenio SOLAS ya que exige que los buques tanques que transporten cargas peligrosas que sean a granel y se encuentren con un punto de inflamación menor de 60° y con un peso muerto mayor o igual a 200 toneladas, deben tener un Sistema de Gas Inerte de conformidad con lo dispuesto en el Código de sistemas de seguridad contra incendios como medida de prevención de incendios. [5] [12]

Además, la guía ISGOTT define el punto de inflamación o flashpoint como la temperatura más baja a la cual un líquido emite vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable con el aire cerca de la superficie del líquido. En este punto, una pequeña llama o chispa puede iniciar un destello de llama a través de la superficie del mismo.

### Definición de gas inerte

El gas inerte consiste en una mezcla de gases con un nivel de oxígeno muy bajo cuyo objetivo es reducir el mismo elemento a un número menor del 8% del volumen del tanque, desarticulando el triángulo del fuego y manteniendo así una atmósfera menos explosiva en el interior de los tanques, lo que da lugar al proceso de inertización.

En cuanto a su composición, cabe destacar que esta podría variar ligeramente según la compañía naviera o el buque en el que nos encontremos. En el buque Virgen del Cisne, su composición es la siguiente [4]:

- CO por debajo de 500 ppm.
- CO<sub>2</sub> por debajo del 12-14% del volumen.
- H<sub>2</sub>S, por debajo de 50 ppm.
- O<sub>2</sub>, entre 3,0 y 5,0% del volumen.
- Residuos de N<sub>2</sub>.



Ilustración 40: Panel de monitorización gas inerte. Fuente: Trabajo de campo.

El gas inerte utilizado para la inertización de los tanques de carga se obtiene mediante la combustión de Fuel Oil y aire de la atmósfera a través de un generador de gas inerte que se encuentra en la sala de máquinas del buque.

El proceso de generación de gas inerte implica la quema controlada del Fuel Oil en presencia de aire para producir gases de combustión que contienen un bajo nivel de oxígeno. Estos gases de combustión, ricos en nitrógeno y dióxido de carbono, se utilizan como gas inerte para la inertización de los tanques de carga.

Una vez generado, el gas inerte circula a través de las líneas correspondientes, desde la sala de máquinas hasta el sello de cubierta, que actúa de barrera física para evitar un retorno hacia la sala de máquinas proveniente de los tanques de carga, así como fugas a la atmósfera. Desde allí, se dirige a la línea principal de cubierta y finalmente se introduce en los tanques de carga que requieren de dicho gas inerte.

Es importante asegurar que el generador de gas inerte esté funcionando de manera adecuada y que el suministro de Fuel Oil y aire sea continuo y controlado para mantener la calidad y la composición necesaria del gas inerte. [5] [12]

Según la guía especializada en la seguridad para buques tanque y terminales, ISGOTT, en su 5ª edición y más concretamente en el apartado 7.1.4, menciona los diferentes métodos de inertización de tanques de carga, y estos son los siguientes:

- Por dilución: utilizando este método, el proceso es el siguiente: lo primero es inyectar el gas inerte, compuesto por los elementos mencionados anteriormente, a una gran presión ya que, de esta manera, se conseguirá agitar y por lo tanto mezclarse con los gases que se encuentran en la parte más inferior del tanque. Lo que se traduce en la reducción tanto del contenido de oxígeno como el de gases hidrocarburos, que es el objetivo. Cabe destacar que, utilizando este método, lo más preciso es realizar la medición de los gases desde la mitad del tanque, hasta la base del mismo. [12]

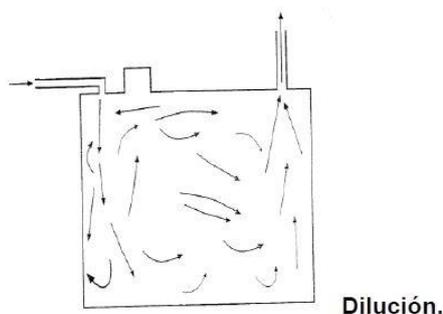


Ilustración 41: Gas inerte por dilución. Fuente: Ingeniero marino.

- Por desplazamiento: este método se fundamenta en la introducción del gas inerte a una baja presión para de esta manera enviar los gases situados en la parte baja del tanque hacia la parte superior. Por lo tanto, a diferencia que, en el método anterior, en este caso, en la parte superior del tanque es donde se medirá la atmósfera del mismo si se requiere de una mayor precisión. [12]

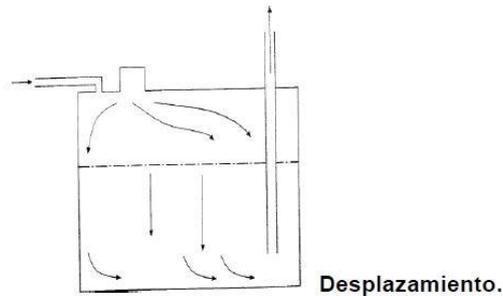


Ilustración 42: Gas inerte por desplazamiento. Fuente: Ingeniero marino.

#### 4.6. Reacondicionado de tanques para cargas posteriores

Una vez terminada la operación de descarga, el siguiente paso es preparar el buque para recibir el siguiente producto, por ello, la compañía notifica al capitán las características de la próxima mercancía que se cargará a bordo. Una vez estudiados sus componentes con respecto a la mercancía descargada anteriormente, se evalúa si se realiza la limpieza de tanques o comúnmente conocida a bordo como el *stripping*.

Como todo lo referido a la seguridad en buques tanques, el método de limpieza de tanques se realizará acorde a la guía especializada ISGOTT y más concretamente en lo dispuesto en su 5ª edición en la regla 11.3.2 ya que advierte que toda operación de limpieza de tanques debe estar previamente plasmada en un plan de limpieza realizado por el primer oficial de cubierta y aprobado por el capitán.

CARGO COMPATIBILITY CHART  (per USCG 46 CFR part 150)	REACTIVE GROUPS	Non-Oxidizing Min. Acids	Sulfuric Acid	Nitric Acid	Organic Acids	Caustics	Ammonia	Aliphatic Amines	Alkanolamines	Aromatic Amines	Amides	Organic Anhydrides	Isocyanates	Vinyl Acetate	Acrylates	Substituted Allyls	Alkyene Oxides	Epichlorohydrin	Ketones	Aldehydes	Alcohols, Glycols	Phenols, Cresols	Caprolactum Solution	
	REACTIVE GROUPS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Non-Oxidizing Mineral Acids	1		x			x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x			○	○		
Sulfuric Acid	2	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitric Acid	3		x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Organic Acids	4		x			x	x	x	x	○			x				x	x				○		
Caustics	5	x	x	x	x		○	○				x	x		○	○	x	x	○	x	⊗	x	x	
Ammonia	6	x	x	x	x	○					x	x	x	x	○		x	x		x				
Aliphatic Amines	7	x	x	x	x	○						x	x	x	x	x	x	x	⊗	x	⊗	⊗	x	
Alkanolamines	8	x	x	x	x							x	x	x	x	⊗	x	x	○	x				
Aromatic Amines	9	x	x	x	○							x	x								x			
Amides	10	x	x	x			x							x					○				x	
Organic Anhydrides	11	x	x	x		x	x	x	x	x												○		
Isocyanates	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				○	○			○	○	x		x	
Vinyl Acetate	13	x	x	x			x	x	x															
Acrylates	14		x	x		○	○	x	x				○											
Substituted Allyls	15		x	x		○		x	⊗			○												
Alkyene Oxides	16	x	x	x	x	x	x	x	x													○		
Epichlorohydrin	17	x	x	x	x	x	x	x	x													○		
Ketones	18		x	x		○	⊗	○			○		○											
Aldehydes	19	○	x	x		x	x	x	x	x			○									○		
Alcohols, Glycols	20	○	x	x	○	⊗	⊗					○	x				○	○			○		○	
Phenols, Cresols	21		x	x		x	⊗				x											○		
Caprolactum Solution	22		x			x	x						x									○		
CARGO GROUPS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Olefins	30	○	x	x		○	○	○	○															
Paraffins	31																							
Aromatic Hydrocarbons	32		○	x																				
Misc. Hydrocarbon Mixtures	33			x																				
Esters	34	○	⊗	x	○	○							○								○			
Vinyl Halides	35			x																			x	
Halogenated Hydrocarbons	36	○	○	○	○	○		○					○											
Nitriles	37		x																					
Carbon Disulfide	38						x	x																
Sulfolane	39																							
Glycol Ethers	40		x										x											
Ethers	41	○	x	x	○																			
Nitrocompounds	42					x	x	x	x	x														
Misc. Water Solutions	43	○	x	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	x										

Tabla 2: Compatibilidad de las cargas. Fuente: Marflet Marine.

En la imagen anterior se puede apreciar las propiedades de los productos que se cargan a bordo y sus compatibilidades entre sí.

Cabe destacar que para la puesta en marcha de la operación de limpieza, y según ISGOTT 11.3.4.1, el interior del tanque debe tener una atmósfera inerte y se debe introducir este gas hasta que el porcentaje de oxígeno sea inferior al 8% del volumen del tanque, además de una presión positiva, o lo que es lo mismo, una presión mayor que la presión atmosférica dentro del tanque.

Ya entrados en la operación, lo primero es alinear los tanques que se van a limpiar con el Slop para que los restos se dirijan hacia este tanque. Es preferible el Slop en vez de el tanque residual porque este tiene una capacidad inferior, entonces con el slop se evitaría un sobrellenado. Los restos almacenados durante la limpieza, y según el MARPOL anexo I con respecto a las contaminaciones al medio marino por hidrocarburos prohíbe su vertido al mar siempre y cuando este tenga más de 15ppm. Si este fuera el caso, el procedimiento a seguir es conservarlo a bordo hasta la próxima llegada a refinería donde se podrá descargar. También según MAARPOL Anexo I regla 36, indica que las operaciones de limpieza en buques superiores a 150 GT, se deben almacenar en el Libro de registros de Hidrocarburos. [8] [9] [11]

Es de vital importancia que el proceso se realice con el tambucho abierto, evitando una sobrepresión resultante en un golpe de ariete, además de hacer más contaminante el interior del tanque si hay menor ventilación. Ya activados los cañones de limpieza, se pone en marcha la bomba de descarga que permitirá transportar la carga al Slop tal y como se mencionó anteriormente. Cuando el producto restante en el interior del tanque sea menor al que puede achicar la bomba de descarga, se procede a arriar la bomba de achique portátil llamada *Wilden pump*, siempre habiendo un marinero de guardia en el tambucho comprobando que los compañeros estén en buenas condiciones en el interior del tanque. Siempre se accederá al interior con un detector individual de gas nocivo, el que dará alarma al detectar menos de un 21% de oxígeno o grandes cantidades de gases nocivos. Para realizar este trabajo es necesario un procedimiento interno de entrada en espacios cerrados cumplimentado por el primer oficial, encargado de la seguridad de las personas a bordo. El oficial de guardia en el puente, cada 10 minutos se cerciorará que cada integrante en el interior del tanque se encuentre en condiciones.



Ilustración 43: Detector de gases nocivos. Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 44: Wilden Pump. Fuente: Trabajo de campo

## 5. Posibles emergencias durante la operativa de carga y descarga.

Las operaciones de carga y descarga en un buque tanque son especialmente peligrosas debido a la gran capacidad de ignición del producto que se transporta. Es por ello por lo que se deben seguir con exactitud los procedimientos de seguridad y la tripulación debe estar debidamente familiarizada y formada con los equipos a utilizar ante cualquier situación. En caso de ocurrir una emergencia, existen prioridades a preservar y este es el orden de preferencia: [10]

- Vidas humanas.
- El ecosistema marino.
- El buque.
- La carga transportada.

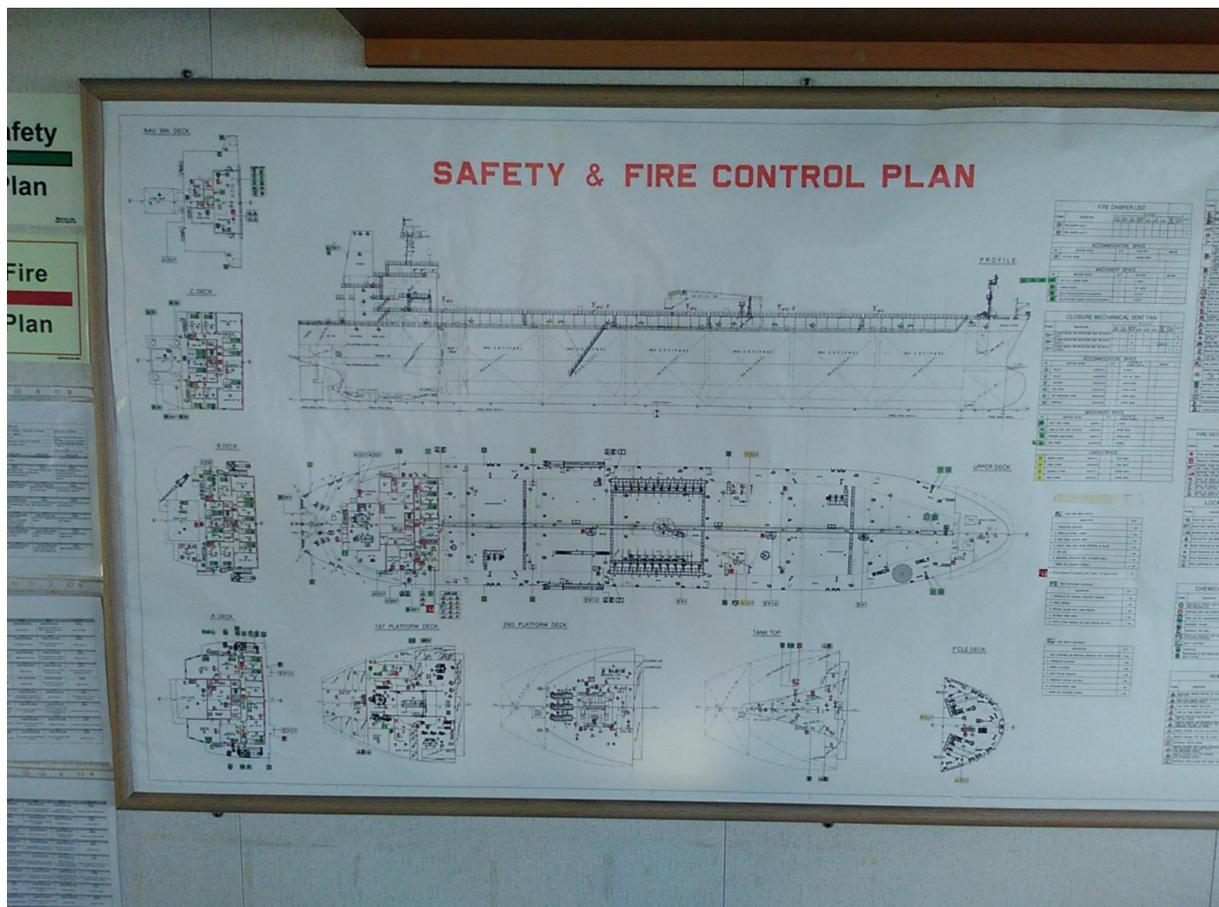


Ilustración 45: Plan contra incendios buque. Fuente: Trabajo de campo.

### 5.1. Parado de bombas en emergencia.

Previo al comienzo de la operación, el buque y la terminal llegan a un acuerdo de en qué situaciones se accionará el botón ESD “*Emergency Shut Down*” que consiste en parar las bombas de carga de manera automática. En el Virgen del Cisne, este botón se encuentra tanto en la sala de control de la carga como en cubierta a popa de los manifolds en ambas bandas. Es importante destacar que, en caso de emergencia, se avisará a la terminal via radio y ellos son los primeros que deben detener las bombas de carga, una vez realizado este paso, desde el buque se podrán cerrar las válvulas de carga. De lo contrario, se produciría una sobrepresión en la línea y podría dar lugar a una rotura o cavitación de la misma.

El botón de parado de las bombas en emergencia se activará principalmente en caso de fuga en alguna línea de carga, sobrellenado de un tanque, en caso de incendio o derrame, anomalía en el sistema de amarre del buque (resaca), tormenta eléctrica de gran potencia o algún fallo en el sistema de comunicación entre el buque y la terminal. [8]



Ilustración 46: Válvula de parado en emergencia. Fuente: Trabajo de campo.

## 5.2. Incendio a bordo.

Un incendio a bordo es sin duda, el mayor problema que se le puede presentar a un marino, es por ello por lo que se realizan tantos ejercicios contra incendios, lo que se pretende es una total familiarización tanto con los equipos de protección individual como con los procedimientos a seguir y las funciones de cada tripulante, establecido en el cuadro orgánico del buque.



*Ilustración 47: Parte de la tripulación en simulacro contra incendios. Fuente: Trabajo de campo*

A bordo del Virgen del Cisne, el alumno es el encargado de mantener actualizados los Fire Plan, en ellos se puede encontrar una lista de tripulantes, funciones de cada tripulante en el mencionado cuadro orgánico, el plan de carga y las características de la misma como pueden ser el punto de inflamación o el procedimiento a seguir en caso de entrar en contacto con el producto; según el manual SOLAS capítulo II. [10]



Ilustración 48: Fire Plans previo a la operación. Fuente: Trabajo de campo.

A continuación se profundizará en dos posibles incendios que se pueden encontrar a bordo y las medidas a seguir:

- Fuego en el interior de los tanques de carga: lo primero, si existe fuego en el interior de los tanques de carga, indica que no se ha realizado bien el trabajo de inertizar el tanque, lo que evitaría la ignición. Por consiguiente, se intentará introducir gas inerte en el interior, si aun así el incendio continua, se podrán tomar dos medidas más: usar los equipos de extinción portables u optar por cerrar completamente el tanque y de esta manera se reduce el oxígeno lo que extinguiría el fuego, pero de una manera más lenta.

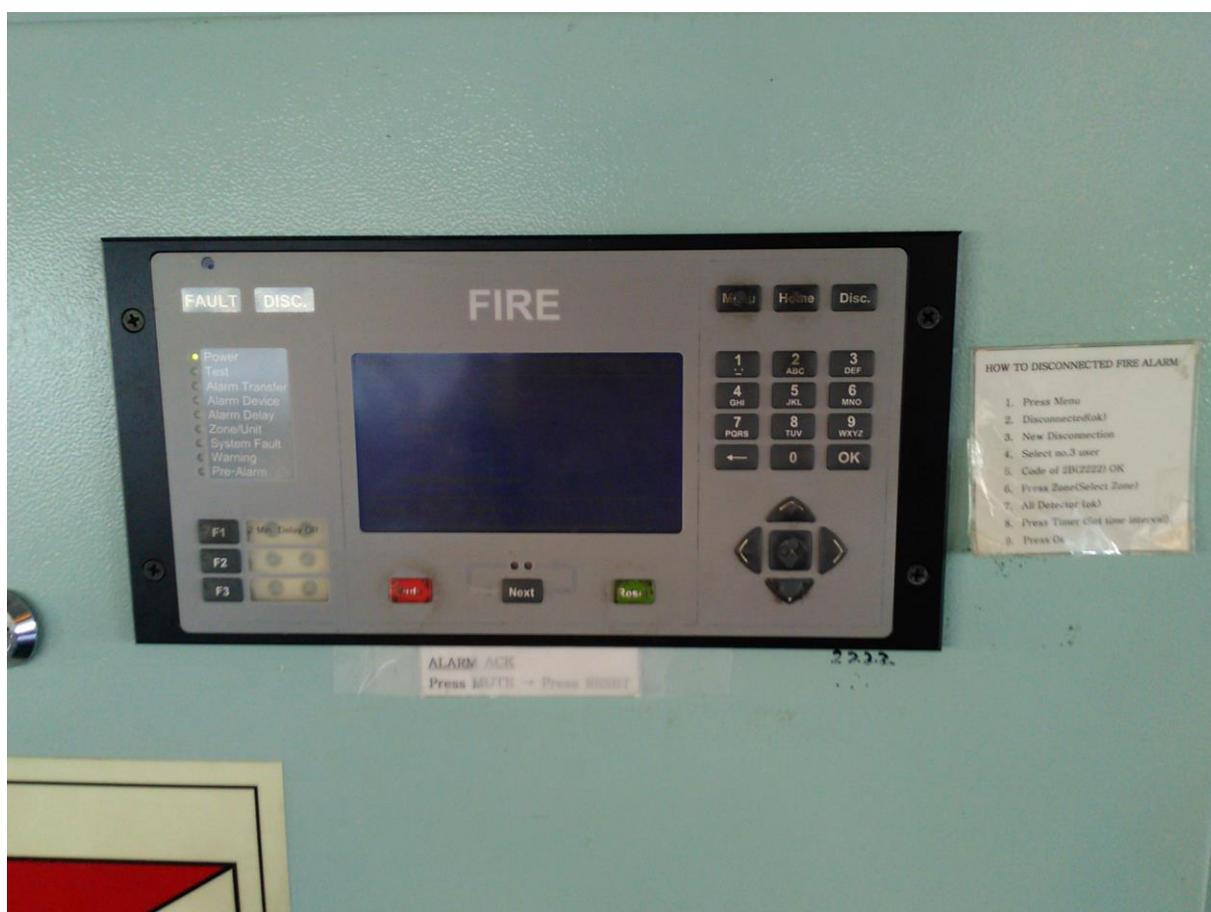


Ilustración 49: Panel contra incendios. Fuente: Trabajo de campo.

- Fuego en la cubierta principal en el área de los manifolds: en esta zona, es más factible extinguirlo con los elementos contra incendios que se tienen a bordo. Todo dependerá de la magnitud del mismo, los medios con los que lo podemos combatir son los cañones fijos de espuma que tenemos en la pasarela de la cubierta

principal, las mangueras contra incendios que se encuentran tanto a proa como a popa del manifold así como los extintores, en especial de polvo seco.



Ilustración 50: Cañón de espumógeno fijo cubierta. Fuente: Trabajo de campo.

### 5.3. Derrames contra el medio marino.

Los derrames de petróleo en el mar tienen un impacto significativo en el medio ambiente marino y en las zonas costeras cercanas. El costo de limpiar un derrame de petróleo depende de varios factores, que incluyen:

- Cantidad de petróleo vertido: Cuanto mayor sea la cantidad de petróleo vertido, mayor será el costo de limpieza. La magnitud del derrame determinará la escala de la respuesta requerida.
- Calidad del petróleo vertido: La calidad del petróleo también es un factor importante. Algunos tipos de petróleo son más difíciles de contener y limpiar debido a su composición química y viscosidad.
- Área afectada: El alcance geográfico del derrame también influirá en los costos de limpieza. Si el derrame afecta una gran área, se requerirá una mayor cantidad de recursos, personal y equipos para llevar a cabo las operaciones de limpieza.
- Técnicas y equipos utilizados: Las técnicas de limpieza empleadas también influirán en los costos. Esto puede incluir el uso de barreras flotantes, skimmers para recoger el petróleo, dispersantes químicos, recuperación manual, entre otros métodos.
- Daño ambiental y económico: Además de los costos directos de limpieza, también se deben considerar los daños ambientales y económicos causados por el derrame. Esto puede incluir el impacto en la fauna y flora marina.

Para evitar estos derrames contra el medio marino, existen dos planes fundamentales que se implementan en el buque VIrgen del Cisne, son los siguientes:

- **SMPEP** (Shipboard Marine Pollution Emergency Plan): Es un plan de emergencia a bordo para buques que transportan sustancias nocivas líquidas. Está diseñado para proporcionar orientación y procedimientos específicos para prevenir y responder a derrames de carga y minimizar la contaminación del medio marino. Este plan es requerido para buques que posean el "**Fitness Certificate**" que es un documento emitido por la OMI que certifica que un buque tanque cumple con los requisitos establecidos para el transporte seguro de sustancias peligrosas líquidas. [11]

- **SOPEP** (Shipboard Oil Pollution Emergency Plan): Es un plan de emergencia específico para petroleros y buques que transportan petróleo u otros productos derivados del mismo. El SOPEP establece los procedimientos y medidas a tomar en caso de derrame de petróleo para minimizar la contaminación del mar. Este plan es obligatorio para todos los buques petroleros. [11]

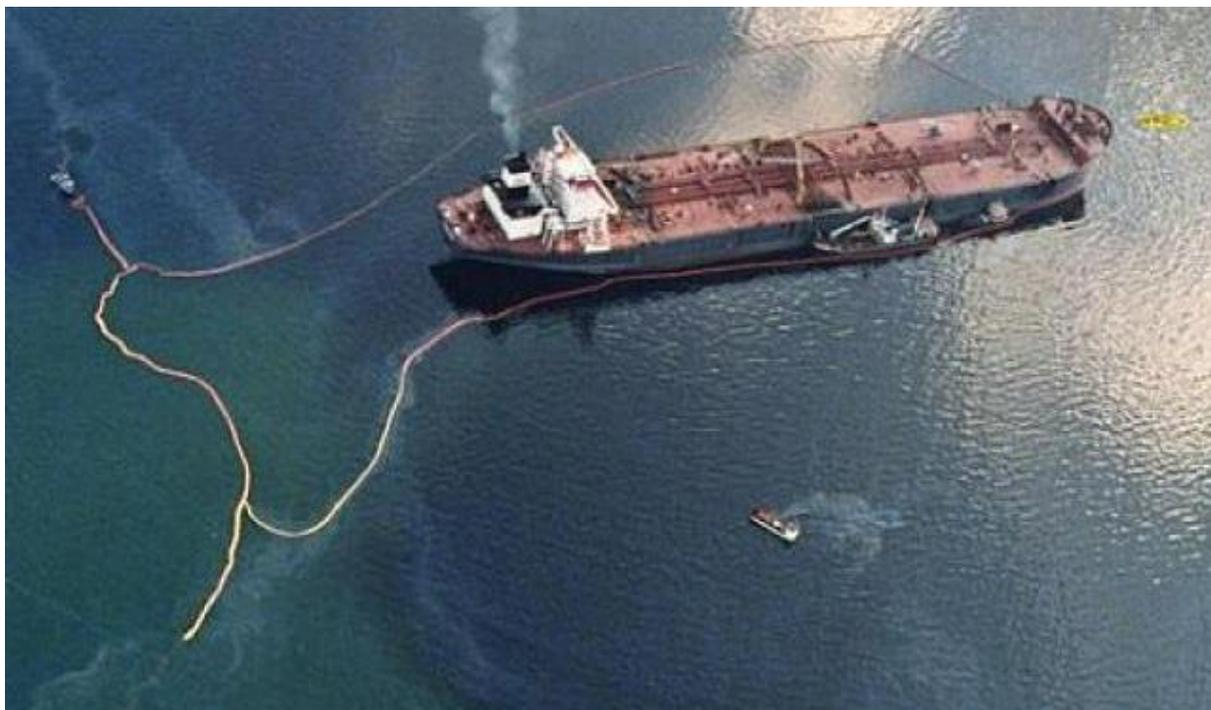


Ilustración 51: Barreras de contención de derrames. Fuente: <https://infopuertos.com/>

El alumno, en el Virgen del Cisne es el encargado de hacer un inventario mensualmente del *Sopep Locker* que es lugar donde se almacenan todos los medios para combatir un posible derrame, se encuentran tanto a babor como a estribor en la cubierta principal y a la altura de los manifolds. En su interior podemos encontrar: cepillos, escobas, recogedores, equipos de absorción, botas, guantes, etc.



*Ilustración 52: Material SOPEP. Fuente: Trabajo de campo.*

## 6. Conclusiones.

En el presente trabajo, se ha podido observar la importancia de tomar las medidas de seguridad oportunas en cada momento a bordo, y aún más si se trata de un buque tanque como es el estudiado en las líneas anteriores. Para ello, es crucial estar bien formado y familiarizado con los equipos que nos rodean. A bordo, cualquier incidente puede ser fatal y más, si cabe, en buques que realizan largas navegaciones como este.

Para concluir, me gustaría destacar el afán de muchos de los tripulantes con los que compartí esta experiencia en que aprendiera el máximo posible, además de hacer más amenos los seis meses a bordo, ya que, con una conexión a internet muy limitada para relacionarse con los familiares, los compañeros de a bordo se convierten en ese apoyo fundamental con quien desahogarse. Eternamente agradecido.

## 7. Conclusions.

In this assignment, we can realize the importance of carry out the operations with safety measures all time because of our lifes are in risk. In this kind of vessel, which we transport dangerous goods, all crewmembers must be familiarize with instruments and equipments that we are going to use. That is the reason why we do drills about many incidents that could be on board like fire or abandonment.

To conclude, I would like to remember some mates that we spend a lot of time together, they have been interested in my learning and socialize on board, which is an important aspect to consider to spend six months in the same place without shore-leave because of Covid-19. I will be always grateful with all of them.



## 8. Bibliografía.

- [1] *LOS BUQUES PETROLEROS Y SU CLASIFICACION*. <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2012/05/los-buques-petroleros-y-su.html>.
- [2] *International code for the construction and equipment of ships carrying dangerous chemicals in bulk (IBC code)*. Imo.org. <https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Paginas/IBCCode.aspx> .
- [3] International Maritime Organization. (2009). *Codigo IMDG: Código Marítimo Internacional De Mercancías Peligrosas*.
- [4] Información cedida por la naviera Marflet Marine S.A.
- [5] *Prescripciones relativas a la construcción de petroleros*. <https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Pages/constructionrequirements.aspx>
- [6] *Bombas centrifugas*. Tecnicafluidos.es. <https://www.tecnicafluidos.es/bombas-centrifugas-t-1-es>
- [7] Primer oficial de cubierta Raden Panaguiton.
- [8] International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals, ISGOTT 6.
- [9] Oil Tankers a Pocket Safety Guide, 2018 edition.
- [10] Safety of Life at Sea 1974, 2020 edition.
- [11] International Convention for the Pollution from Ships, 2017 edition.
- [12] *Sistema de Gas Inerte a Bordo*. Ingeniero Marino. <https://ingenieromarino.com/sistema-de-gas-inerte-a-bordo/> .

## Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado

El alumno **Diego García Rodríguez**, autor del trabajo final de Grado titulado “**Análisis de la operación de carga-descarga en un buque petroquímico**”, y tutorizado por el/los profesor/es **José Agustín González Almeida**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Náutica y Transporte Marítimo y de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.