



**Universidad
de La Laguna**

GAS NATURAL LICUADO

Una alternativa limpia y sostenible

Trabajo Fin de Grado
Grado en Náutica y Transporte Marítimo
Julio de 2023

Autor:
Alba Concepción Jorge Delgado

Tutor:
Prof. Dr. J. Agustín González Almeida

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería
Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval
Universidad de La Laguna

D. J. 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^a. **Alba Concepción Jorge Delgado**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **GAS NATURAL LICUADO: Una alternativa limpia y sostenible**.

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 18 de julio de 2023.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

Jorge Delgado, Alba Concepción. (2023). *GAS NATURAL LICUADO. Una alternativa limpia y sostenible*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

RESUMEN

Este trabajo de investigación aborda el tema de la contaminación marítima, indagando en las causas subyacentes y las consecuencias devastadoras de un problema global. La contaminación marítima es un desafío ambiental que afecta a los océanos y mares de todo el mundo, poniendo en peligro la salud de los ecosistemas acuáticos, la vida marina y la calidad de vida humana. A través de un análisis exhaustivo, se examinan las principales fuentes de contaminación marítima causadas por los buques y su navegación, sus efectos perjudiciales y las posibles soluciones para abordar este desafío. Tras la verificación de diferentes datos recogidos en informes fundamentados, es posible llegar a soluciones sostenibles para un futuro favorable empezando con pequeñas variaciones y/o sustituciones a niveles legales y prácticos. Además, es necesario establecer parámetros a seguir en la elaboración de textos fundados y procedimientos menos corrosivos y destructores en el medio marino relacionados al uso de combustibles fuel, diésel o gasoil marino.

Es por ello que, el estudio se enfoca en analizar el impacto positivo y la reducción de daños ambientales asociados al uso de buques de Gas Natural Licuado (GNL). Dicho compuesto, se trata de un gas natural en fase líquida a -160 grados centígrados por lo cual es considerado un líquido criogénico. Un litro de GNL equivale aproximadamente a 570 litros de gas gaseoso a temperatura ambiente. Las ventajas principales de este combustible recaen por un lado en ser incoloro e inodoro, por otro lado, se trata de un combustible sostenible ya que no es tóxico ni corrosivo. Ahora mismo, el GNL es el único combustible alternativo cumple con los límites de azufre establecidos por la Organización Marítima Internacional (OMI). Los buques propulsados por GNL han surgido como una alternativa más limpia y sostenible en comparación con los combustibles fósiles convencionales.

Palabras claves: gas natural licuado (GNL), contaminación marítima, combustible sostenible, transporte marítimo.

Jorge Delgado, Alba Concepción. (2023). *GAS NATURAL LICUADO. Una alternativa limpia y sostenible*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

ABSTRACT

This research paper addresses the issue of maritime pollution, delving into the underlying causes and devastating consequences of a global problem. Marine pollution is an environmental challenge affecting oceans and seas around the world, endangering the health of aquatic ecosystems, marine life and the quality of human life. Through a comprehensive analysis, the main sources of maritime pollution caused by ships and their navigation, their detrimental effects and possible solutions to address this challenge are examined. After verification of different data collected in substantiated reports, it is possible to arrive at sustainable solutions for a favourable future starting with small variations and/or substitutions at legal and practical levels. Furthermore, it is necessary to establish parameters to be followed in the elaboration of substantiated texts and less corrosive and destructive procedures in the marine environment related to the use of fuel oil, diesel or marine gas oil.

For this reason, the study focuses on analyzing the positive impact and the reduction of environmental damage associated with the use of Liquefied Natural Gas (LNG) ships. LNG is a natural gas in liquid phase at -160 degrees Celsius and is therefore considered a cryogenic liquid. One liter of LNG is equivalent to approximately 570 liters of gaseous gas at room temperature. The main advantages of this fuel are that it is colourless and odourless, on the one hand, and on the other hand, it is a sustainable fuel since it is non-toxic and non-corrosive. Right now, LNG is the only alternative fuel that complies with the sulphur limits established by the International Maritime Organization. LNG-powered ships have emerged as a cleaner and more sustainable alternative to conventional fossil fuels.

Keywords: liquefied natural gas (LNG), maritime pollution, sustainable fuel, maritime transport.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría mostrar mi agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional y a todas las personas que de un modo u otro han contribuido a lo largo de los años.

Índice del TFG

Lista de abreviaturas.....	3
Tablas.....	4
Ilustraciones.....	4
1. Introducción.	5
2. Contaminación marítima.	6
3. Vertidos.....	7
3.1. Vertidos de petróleo.....	7
3.2. Aguas residuales y desechos.	7
3.2.1. Procedencia de aguas residuales.	7
3.2.2. Descargas de aguas residuales en el mar.....	8
3.3. Descargas según el Convenio MARPOL.	8
4. Emisiones atmosféricas.	11
5. Reducción de la contaminación.....	11
6. Ejemplo histórico del buque Torrey Canyon.....	12
7. Marco normativo y regulador.....	14
7.1. Organización Marítima Internacional (OMI).	14
7.1.1 Convenio OILPOL 1954.	15
7.1.2 Convenio MARPOL 73/78.	15
7.1.3 Código STCW.	16
7.1.4 Renovación del Código STCW para buques sostenibles.....	17
8. Gas Natural Licuado.	18
8.1 Buques propulsados por GNL en funcionamiento.....	19
8.2 Buque AIDA Nova: innovación en la propulsión marítima.	20

9. Alternativas sostenibles al Gas Licuado en el medio marino.	22
9.1 Ejemplos de buques propulsados por combustibles sostenibles.....	23
10. Terminales de suministro para buques.....	25
10.1 Terminales en España.....	26
10.2 Terminal de suministros en Santander.....	26
11. Conclusiones.	27
12. Conclusions.	28
13. Bibliografía.....	29

Lista de abreviaturas.

SOx	Óxidos de azufre
NOx	Óxidos de nitrógeno
CO2	Dióxido de carbono
MP	Materia particulada
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
COV	Compuestos orgánicos volátiles
MARPOL	Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques
ISO	Organización Internacional de Normalización
IFO-380	Intermediate Fuel Oil, combustible marino residual proveniente de la mezcla física de Bunker C (Fuel Oil), gasóleo y diesel
IFO-180	Intermediate Fuel Oil, mezcla de combustibles destilados y residuales, que generan un combustible intermedio
MDO	Marine Diesel Oil, un gasóleo intermedio
MGO	Marine Gas Oil
OMI	Organización marítima internacional
SO2	Dióxido de azufre
UE	Unión Europea
GNL	Gas natural licuado
IAEA	Agencia Internacional de Energía
OPRC	Convenio Internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos
IMCO	Organización consultiva marítima intergubernamental
STCW	“Standards of Training, Certification, and Watchkeeping”. Estándares de formación, certificación y vigilancia
PTS	Pipe-to-ship
STS	Ship-to-ship
TTS	Truck-to-ship

Tablas.

Tabla 1. Tabla clasificatoria para identificar cómo proceder en cada caso.

Ilustraciones.

Ilustración 1. Silueta del mapa mundial. Indicaciones marcadas en color rojo.

1. Introducción.

El transporte marítimo es el medio de transporte más eficiente, en cuanto a energía consumida frente a transporte ejecutado, es por ello, que la mayor parte del transporte de mercancías se realiza por medios marítimos¹.

Los combustibles utilizados habitualmente por los buques para el transporte de mercancías suelen ser productos obtenidos a partir de residuos de baja calidad derivados del refinado del petróleo tras la extracción de productos ligeros. Actualmente, los combustibles utilizados en buques marinos se clasifican en función de la cantidad de fuel residual que contienen. De acuerdo con la norma ISO, hay 19 grados de combustibles marinos, cuatro de los cuales son los más utilizados por los buques de transporte, IFO-380, IFO-180, MDO, MGO, siendo el primero el más pesado, y el último el menos. Estos combustibles de baja calidad son más baratos en relación a otros combustibles utilizados por otros vehículos terrestres o aéreos, pero, por el contrario, son los más contaminantes².

La creciente preocupación medioambiental está fomentando políticas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de elementos contaminantes producidos por la combustión de combustibles fósiles. En relación al transporte marítimo y a las emisiones producidas por éste, la normativa más importante es la introducida por la Organización Marítima Internacional, que obliga a la utilización de combustibles de uso marino que produzcan bajas concentraciones de NOX, SO2 y partículas en los gases de combustión. Ante esta situación, las opciones disponibles en los barcos dedicados al comercio de mercancías por mar para cumplir con las exigencias impuestas por la OMI, la UE, u otros organismos reguladores, son principalmente la utilización de combustibles bajos en azufre, o la utilización de catalizadores para depurar los gases de escape producidos por los combustibles actuales³.

Por ello, el uso de gas natural licuado (GNL) como combustible marino presenta una importante ventaja, además de cumplir con los límites impuestos para las emisiones, es un combustible más barato que los tradicionalmente usados en los buques⁴.

¹ ALMAZÁN INGENIEROS S.L. (2014). "ESTUDIO SOBRE EL SUMINISTRO DE GNL A BUQUES MEDIANTE CAMIÓN" https://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/documento_v_10_docx_jdlc-entregado_para_difusion.pdf

² ALMAZÁN INGENIEROS S.L. (2014). "ESTUDIO SOBRE EL SUMINISTRO DE GNL A BUQUES MEDIANTE CAMIÓN" https://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/documento_v_10_docx_jdlc-entregado_para_difusion.pdf

³ ALMAZÁN INGENIEROS S.L. (2014). "ESTUDIO SOBRE EL SUMINISTRO DE GNL A BUQUES MEDIANTE CAMIÓN" https://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/documento_v_10_docx_jdlc-entregado_para_difusion.pdf

2. Contaminación marítima.

La contaminación marítima es el resultado de diversas actividades humanas que introducen sustancias y desechos tóxicos en los océanos y mares. Esta contaminación tiene un impacto significativo en los ecosistemas marinos, la biodiversidad y la salud humana. Este trabajo de investigación se centra en explorar las causas fundamentales de la contaminación marítima producidas por los buques y las consecuencias que esta tiene en el entorno marino y las comunidades dependientes de él.

Las principales causas de la contaminación marítima son, en primer lugar, vertidos de petróleo y productos químicos debido a los derrames de petróleo provenientes de buques petroleros y las descargas de productos químicos tóxicos. En segundo lugar, las descargas de aguas residuales y desechos, es decir, las aguas residuales sin tratar, los desechos industriales y los desechos plásticos que son liberados al mar, afectando a la calidad del agua y dañando la vida marina.

En tercer lugar, las emisiones atmosféricas producidas por buques que emiten contaminantes atmosféricos, como óxidos de azufre (SO_x) y óxidos de nitrógeno (NO_x), que tienen un impacto negativo en la calidad del aire y la salud humana.

Así como la contaminación por plásticos y las actividades pesqueras insostenibles.

Debido a estos motivos, la contaminación marítima tiene numerosas consecuencias negativas como son la pérdida de biodiversidad poniendo en peligro especies y provocando la degradación de los ecosistemas acuáticos. La destrucción de hábitats costeros provocados por la contaminación daña los ecosistemas costeros y las áreas de reproducción de especies marinas, como manglares y arrecifes de coral. Por último, la contaminación marítima afecta a la salud humana. El impacto en la cadena alimentaria está afectando a la seguridad alimentaria humana.

⁴ ALMAZÁN INGENIEROS S.L. (2014). "ESTUDIO SOBRE EL SUMINISTRO DE GNL A BUQUES MEDIANTE CAMIÓN" https://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/documento_v_10_docx_jdlc-entregado_para_difusion.pdf

3. Vertidos.

Los vertidos son emisiones de sustancias que al entrar en contacto con el agua crea un deterioro en la zona afectada.

3.1. Vertidos de petróleo.

Debido a accidentes, choques y/o daños o por desastres naturales, son muchos los buques que han pasado a la historia y se toman como ejemplo para implementar mejoras en la estructura y seguridad de los buques. Todos ellos han dejado un rastro irreparable en los mares que surcaron.

Los vertidos de petróleo contaminan una gran área en la superficie del mar, una simple gota de petróleo puede llegar a contaminar aproximadamente 25 litros de agua.

Debido a factores como el viento o las corrientes, se estima que un metro cúbico de petróleo puede llegar a formar una mancha de 100 metros de diámetro en 90 minutos.

Para remediar estos problemas existen varios métodos como son el incendio controlado del crudo, las redes o mallas que contienen el vertido y las sustancias químicas que aceleran el proceso de dispersión entre otros procedimientos.

3.2. Aguas residuales y desechos.

Las aguas residuales pueden ser definidas como aquellas que se generan en el día a día por usos cotidianos producidos por humanos. Existen dos categorías dependiendo de su procedencia: aguas negras y aguas grises.

3.2.1. Procedencia de aguas residuales.

Las aguas grises provienen de las actividades domésticas a bordo del buque, ejemplos de ello son los fregaderos, las duchas o las lavanderías.

Por otro lado, las aguas que contienen residuos fecales u orina son llamadas aguas negras.

3.2.2. Descargas de aguas residuales en el mar.

Para poder realizar descargas de aguas residuales al mar se debe tener una instalación de tratamiento de aguas residuales que esté aprobada por la administración y debe cumplir una serie de normas. Dichas aguas deben ser almacenadas en un tanque de almacenamiento hasta que cumplan los requisitos para poder ser vertidas.

La descarga se debe realizar a una distancia superior a 3 millas marinas de la costa más próxima, las aguas deben haber sido desinfectadas por la instalación de tratamiento de aguas residuales.

Si las aguas residuales no han sido desinfectadas, es decir, si no se han tratado en la instalación de tratamiento de aguas residuales, deben ser descargadas a una distancia superior a 12 millas marinas de la costa más próxima.

3.3. Descargas según el Convenio MARPOL.

El anexo V del Convenio MARPOL, redacta de forma detallada la manera de proceder para la descarga de basura según las diferentes situaciones que se pueden dar. Además, establece de forma clara y precisa una serie de restricciones según la localización geográfica del navío. En dicho anexo, se describen las diferentes situaciones que se pueden encontrar, a excepción de la descarga de basura desde plataformas fijas o flotantes ya que se realiza de diferente manera que el resto de buques⁵.

El anexo V se entiende por basura “todo tipo de alimento, desecho doméstico y operativo, todos los plásticos, residuos de carga, cenizas de incinerador, aceite de cocina, equipo de pesca y cadáveres de animales generados durante la operación normal del barco y que pueden ser eliminados continuamente o periódicamente. No se incluye pescado fresco y sus partes generadas como resultado de actividades pesqueras realizadas durante el viaje, o como resultado de actividades acuícolas”⁶.

Las zonas especiales, son aquellas masas de agua que por razones conocidas están dotadas de procedimientos especiales obligatorios para prevenir la contaminación del mar por basuras⁷.

⁵ OMI.org. “Prevención de la contaminación por las basuras de los buques”
<https://www.imo.org/es/ourwork/environment/paginas/garbage-default.aspx>

⁶ OMI.org. “Prevención de la contaminación por las basuras de los buques”
<https://www.imo.org/es/ourwork/environment/paginas/garbage-default.aspx>

Estas son:

- La zona del mar Mediterráneo.
- La zona del mar Báltico.
- La zona del mar Negro.
- La zona del mar Rojo.
- La zona de los Golfos.
- La zona del mar del Norte.
- La zona del Antártico.
- La región del Gran Caribe⁸.

Representadas en color rojo en la imagen, Ilustración 1.

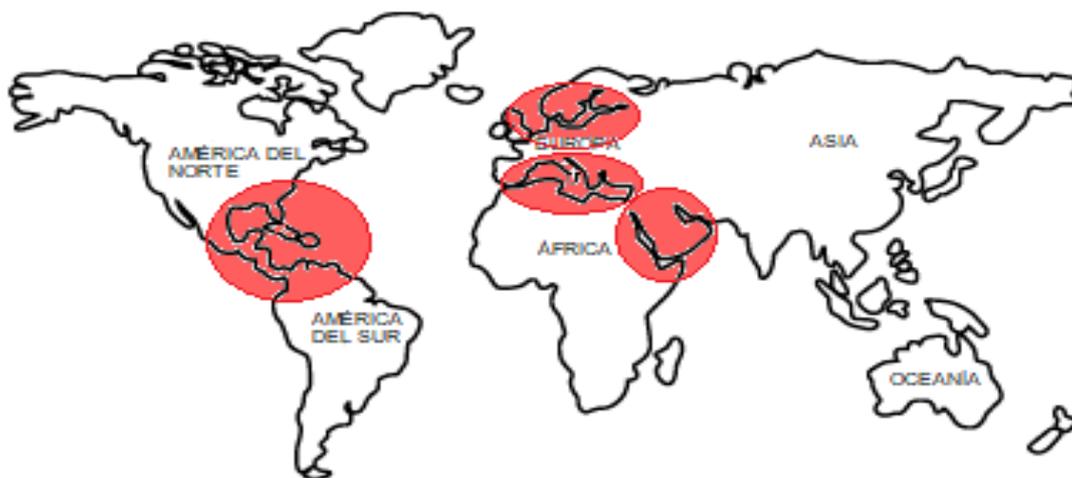


Ilustración 1. Silueta del mapa mundial. Indicaciones marcadas en color rojo.

⁷ OMI.org. "Prevención de la contaminación por las basuras de los buques"
<https://www.imo.org/es/ourwork/environment/paginas/garbage-default.aspx>

⁸ OMI.org. "Prevención de la contaminación por las basuras de los buques"
<https://www.imo.org/es/ourwork/environment/paginas/garbage-default.aspx>

En la siguiente tabla se da una versión simplificada de la descarga de basura, tabla 1:

TIPO DE BASURA	BUQUES FUERA DE ZONAS ESPECIALES	BUQUES EN ZONAS ESPECIALES	PLATAFORMAS Y NAVÍOS A MENOS DE 500M DE PLATAFORMAS
<i>Residuos de alimentos triturados o molidos</i>	Descarga permitida A ≥ 3 millas de tierra, lo más alejado posible	Descarga permitida A ≥ 12 millas de tierra, lo más alejado posible	Descarga permitida
<i>Residuos de alimentos NO triturados, NO molidos</i>	Descarga permitida A ≥ 12 millas de tierra, lo más alejado posible	Descarga prohibida	Descarga prohibida
<i>Residuos de carga NO contenidos en aguas de lavado</i>	Descarga permitida A ≥ 12 millas de tierra, lo más alejado posible	Descarga prohibida	Descarga prohibida
<i>Residuos de carga contenidos en aguas de lavado</i>	Descarga permitida A ≥ 12 millas de tierra, lo más alejado posible	Descarga permitida A ≥ 12 millas de tierra, lo más alejado posible	Descarga prohibida
<i>Agentes y aditivos de limpieza contenidos en agua de lavado de bodegas de carga</i>	Descarga permitida	Descarga permitida A ≥ 12 millas de tierra, lo más alejado posible	Descarga prohibida
<i>Agentes y aditivos de limpieza contenidos en agua de lavado de cubiertas y áreas exteriores</i>	Descarga permitida	Descarga permitida	Descarga prohibida
<i>Otras basuras*</i>	Descarga prohibida	Descarga prohibida	Descarga prohibida

Tabla 1. Tabla clasificatoria para identificar cómo proceder en cada caso.

* Otras basuras incluyen: plástico, cabuyería, artes de pesca, bolsas plásticas, cenizas de incinerador, aceite de cocina, escorias, materiales flotantes de estiba, revestimientos de embalaje, papel, trapos, vidrios, metales, botellas, lozas y residuos similares.

4. Emisiones atmosféricas.

Aproximadamente un 90% del comercio internacional es realizado por el mar en más de 90.000 buques. Las dañinas emisiones atmosféricas de este medio de transporte contribuyen negativamente al cambio climático y a la acidificación del océano. Los buques son el principal emisor de dióxido de carbono en la atmósfera, la OMI calcula que liberan una media de 1.120 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono.

Los componentes principales que más abundan son el nombrado anteriormente, es decir, el dióxido de carbono (CO₂) y otros, así como óxidos de nitrógeno (NOX), óxidos de azufre (SOX), materia particulada (MP), sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

5. Reducción de la contaminación.

Englobando en la contaminación marítima los vertidos y las emisiones atmosféricas, podemos decir que estos representan una preocupación ambiental significativa a lo largo de la historia. Durante décadas, los buques han sido una fuente importante de contaminación marina debido a los vertidos de desechos, productos químicos y petróleo detallados anteriormente.

En el pasado, la contaminación y los vertidos en buques eran más frecuentes y menos regulados. Los buques petroleros eran responsables de numerosos derrames de petróleo, causando desastres ambientales de gran magnitud. Además, los vertidos de desechos y productos químicos sin tratar eran comunes, en consecuencia, tuvo lugar un significativo deterioro en los ecosistemas marinos y la amenaza para la vida marina.

A lo largo del tiempo, se han implementado regulaciones y medidas para abordar la contaminación y los vertidos de barcos. El Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL) de la Organización Marítima Internacional (OMI) establece estándares para prevenir la contaminación marina por parte de los buques, incluyendo la gestión de desechos, el control de emisiones y la prevención de derrames de petróleo.

En la actualidad, se han logrado avances significativos en la reducción de la contaminación y los vertidos de buques, pero aún persisten desafíos. Aunque, se han implementado regulaciones más estrictas, como la prohibición del uso de ciertos tipos de combustibles en zonas marítimas asignadas, los accidentes y vertidos accidentales siguen ocurriendo. Además, los vertidos ilegales y las prácticas de eliminación inadecuada de desechos continúan siendo un problema.

En respuesta a los desafíos de la contaminación y los vertidos en buques, se están desarrollando tecnologías y estrategias innovadoras. Esto incluye el uso de sistemas de tratamiento de aguas residuales a bordo de los barcos, la adopción de combustibles más limpios, como el gas natural licuado (GNL), y el fomento de prácticas de gestión de desechos más responsables. Cabe destacar la implementación de sistemas de vigilancia y monitoreo para detectar y prevenir los vertidos ilegales.

A día de hoy, existe una mayor conciencia y regulaciones más estrictas. Se han logrado avances, pero es necesario mejorar la implementación y el cumplimiento de las regulaciones existentes. Es fundamental continuar promoviendo la investigación y el desarrollo de tecnologías más sostenibles para prevenir la contaminación marítima y proteger los ecosistemas marinos.

6. Ejemplo histórico del buque Torrey Canyon.

El desastre del Torrey Canyon fue un evento trágico que tuvo un impacto devastador en el medio ambiente marino. Uno de los peores derrames de petróleo en la historia marítima, ocurrido en marzo de 1967.

Las circunstancias que llevaron al naufragio del petrolero Torrey Canyon, las acciones tomadas durante y después del derrame de petróleo, las implicaciones a largo plazo para la legislación marítima y la protección del medio ambiente marino marcaron un antes y un después en la importancia de la prevención, la preparación y la cooperación internacional en la gestión de riesgos y la protección del medio ambiente marino.

Las causas del desastre comienzan durante la travesía, el Torrey Canyon se desvió de su ruta planificada debido a un error de navegación y se acercó peligrosamente a las rocas de los Scilly, en la costa suroeste de Inglaterra.

Al colisionar, la comunicación entre la tripulación del barco y las autoridades marítimas fue deficiente, lo que retrasó las medidas de respuesta y agravó la magnitud del derrame.

Cabe destacar que, el barco no estaba equipado con las medidas de seguridad adecuadas para prevenir o controlar derrames de petróleo en caso de un accidente.

Por consiguiente, la catástrofe originó daños ambientales, causando graves daños a la vida marina, las aves, las playas y los ecosistemas costeros en la región afectada.

Es por ello que tuvo un impacto significativo en la pesca, el turismo y otras actividades económicas locales, así como en el costo de las operaciones de limpieza y recuperación.

El desastre del Torrey Canyon fue un punto de inflexión en la respuesta a derrames de petróleo, lo que llevó a mejoras en la legislación marítima, la cooperación internacional y las capacidades de respuesta a emergencias.

Se instauró la Agencia Internacional de Energía (IAEA) y el Convenio Internacional sobre Cooperación, Preparación y Lucha contra la Contaminación por Hidrocarburos (OPRC), entre otros acuerdos y organismos internacionales.

El suceso condujo a una mayor conciencia sobre la importancia de la preparación y la capacidad de respuesta ante derrames de petróleo, lo que resultó en el desarrollo de técnicas y equipos más avanzados, así como en la realización de ejercicios y simulacros de respuesta a nivel internacional.

El caso dejó un legado duradero en la legislación marítima y la gestión de derrames de petróleo. Este evento trágico subrayó la necesidad de una mayor responsabilidad y cooperación en la prevención de accidentes marítimos y la protección del medio ambiente marino. Las lecciones aprendidas del desastre del Torrey Canyon han contribuido a mejorar la respuesta y la preparación para futuros derrames de petróleo, y destacan la importancia de la prevención, la vigilancia y la cooperación internacional en la gestión de riesgos marítimos.

7. Marco normativo y regulador.

El derecho marítimo es parte del derecho mercantil, esta rama del ordenamiento jurídico regula las relaciones jurídicas que surgen en el medio marino. Esta tiene características que la definen puesto que aun siendo de ámbito privado tiene una vertiente pública, debido a que la ley es imperativa al pacto realizado entre las partes. Además, regula el transporte por el medio marítimo, aunque este no tenga un carácter comercial.

Por otro lado, la legislación marítima es un conjunto de normas y regulaciones que se aplican a los buques, plataformas y a las actividades relacionadas con la navegación y el transporte marítimo. Estas leyes tienen como objetivo garantizar la seguridad de las embarcaciones, proteger el medio ambiente marino, promover el comercio internacional y regular las responsabilidades de los involucrados en la industria marítima.

7.1. Organización Marítima Internacional (OMI).

El transporte marítimo, estadísticamente, es el medio de transporte menos dañino para el medio ambiente, transporta un 90% del comercio mundial. No existen fechas exactas para saber los orígenes de la navegación, sin embargo, nos debemos remontar a tiempos primitivos donde debido a la necesidad, el ser humano se adentraba en el mar para obtener alimentos o explorar nuevos horizontes. Posiblemente las primeras embarcaciones fueron de troncos de árboles, después de balsas fabricadas con maderas atadas con lianas, luego de canoas, piraguas y embarcaciones cada vez más sofisticadas e impulsadas por remos primero y velas después.

Debido a una mejora en la seguridad, a mediados del siglo XIX, varios países plantearon un organismo que regulase y promoviera la seguridad en el mar. En 1948, se aprobó una convención que instauró la IMCO (Organización Consultiva Marítima Intergubernamental), más tarde, en 1982 el nombre original fue cambiado a OMI (Organización Marítima Internacional). El Convenio entró en vigor en 1958.

Los propósitos de la Organización, resumidos en el Artículo 1(a) del Convenio, son *"proporcionar un mecanismo para la cooperación entre los gobiernos en el campo de la regulación y prácticas gubernamentales relacionadas con cuestiones técnicas de todo tipo que afecten a la navegación dedicada al comercio internacional; fomentar y facilitar la adopción general de las normas más estrictas posibles en materia de seguridad marítima, eficiencia de la navegación y prevención y control de la contaminación marina provocada por los buques"*¹⁹. La Organización también está facultada para tratar los asuntos administrativos y legales relacionados con estos fines.

7.1.1 Convenio OILPOL 1954.

El Convenio OILPOL 1954 es un tratado internacional adoptado por la Organización Marítima Consultiva Intergubernamental (OMCI), precursora de la Organización Marítima Internacional (OMI). Originalmente, la OMI sólo abarcaba los temas relacionados con la seguridad marítima, sin embargo, debido al Convenio OILPOL para evitar la contaminación por hidrocarburos, empezó a asumir responsabilidades en asuntos de contaminación.

La creciente preocupación por la contaminación marina causada por derrames de hidrocarburos, dio lugar a un proceso de negociación en el que se adoptó un convenio para prevenir la contaminación por hidrocarburos en el mar. Su objetivo principal fue prevenir la contaminación de las aguas del mar por derrames de hidrocarburos provenientes de buques. Además, se establecieron zonas especiales, normas para los buques y obligaciones que debían cumplir los Estados miembros.

El convenio ha sido fundamental en la prevención de la contaminación marina por derrames de hidrocarburos. Sus disposiciones y regulaciones han contribuido significativamente a la protección del medio ambiente marino y la promoción de prácticas seguras en el transporte y manipulación de hidrocarburos.

7.1.2 Convenio MARPOL 73/78.

El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, conocido como MARPOL 73/78 es uno de los tratados más importantes en el ámbito de la protección del medio ambiente marino. Fue adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI) en 1973 y modificado en 1978 para abordar de manera integral diversos tipos de contaminación marina causada por las operaciones de los buques.

La naturaleza y los objetivos del Convenio MARPOL 73/78, así como su relevancia en la prevención de la contaminación marina a nivel global abarca los contenidos sobre el contexto histórico y la necesidad de abordar la contaminación marina, el proceso de negociación y adopción del convenio, así como la entrada en vigor y modificaciones posteriores.

El convenio establece diversas medidas de respuesta a derrames de hidrocarburos, controles en sustancias nocivas líquidas a granel y en las emisiones atmosféricas de los buques, gestiones de desechos sólidos y residuos líquidos y prevenciones en la contaminación por hidrocarburos.

Se han logrado avances y logros ya que han disminuido los derrames de hidrocarburos y contaminación del agua. Además, cabe destacar la cooperación internacional y la armonización de estándares.

Aun siendo un desafío la implementación efectiva y el cumplimiento del Convenio por parte de los Estados miembros se han logrado avances significativos. La actualización y adaptación continua del Convenio para abordar nuevos desafíos y tecnologías ha dado lugar a promover la conciencia ambiental y la responsabilidad social en la industria marítima.

No obstante, aún existen desafíos en cuanto al desarrollo y el cumplimiento del Convenio, así como la necesidad de abordar nuevas formas de contaminación y mejoras en las tecnologías y prácticas ambientales en la navegación marítima. La cooperación internacional y el compromiso continuo son esenciales para garantizar el cumplimiento y el fortalecimiento del Convenio MARPOL 73/78 en beneficio de los océanos y el medio ambiente global.

7.1.3 Código STCW.

El Código de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar (STCW) es un instrumento internacional adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI) que establece los estándares mínimos de capacitación, titulación y guardia para la gente de mar en todo el mundo. Su objetivo es garantizar operaciones seguras y eficientes en los buques.

⁹ Imo.org. "OMI" <https://www.imo.org/es/OurWork/Paginas/default.aspx>

7.1.4 Renovación del Código STCW para buques sostenibles.

Con el paso del tiempo, los buques han sufrido transformaciones de todos los tipos. Las mejoras han supuesto grandes avances en el sector de la navegación marítima y se ha pasado de barcos propulsados por máquinas de vapor a inmensos buques con motores de explosión o a buques de guerra o mercantes con motores atómicos.

Actualmente se busca una sustitución al combustible convencional, tratando que este sea limpio y respetuoso con el medio ambiente. Un ejemplo de ello es el Gas Natural Licuado.

Tras indagar en la relación entre el Código STCW y los buques de gas licuado, los estándares establecidos deben ser actualizados para añadir los requisitos específicos y adaptaciones necesarias para los buques de gas licuado, siendo esta una industria en crecimiento que presenta desafíos técnicos y de seguridad únicos.

Las condiciones generales se deben mantener, siendo estas: la certificación, las competencias y los conocimientos requeridos. Sin embargo, existen unas circunstancias excepcionales debido al gas licuado, estas se tratan de las competencias necesarias para llevar a cabo operaciones en los buques de gas licuado. Existen riesgos y medidas de seguridad asociadas al transporte de gas licuado que van ligadas a la certificación especializada requerida en dichos buques y por ello se debe incorporar módulos de capacitación específicos para buques de gas licuado, revisiones, enmiendas relevantes del Código STCW y coordinación con otras regulaciones marítimas y de gas.

En conclusión, el Código STCW desempeña un papel fundamental en la capacitación y certificación de la tripulación marítima, incluida la tripulación de los buques de gas licuado. Su enfoque en los estándares de competencia y conocimientos garantiza una base sólida para la seguridad y la eficiencia de las operaciones en la industria marítima. Sin embargo, es importante que el Código STCW se adapte continuamente a los cambios tecnológicos y las necesidades específicas de los buques de gas licuado para garantizar una tripulación adecuadamente capacitada y preparada. La colaboración entre la industria, los reguladores y las instituciones de formación es esencial para mantener la relevancia y la eficacia del STCW en el futuro de los buques de gas licuado.

8. Gas Natural Licuado.

La industria marítima ha estado buscando soluciones para reducir su impacto ambiental, disminuyendo así su impacto ambiental y eliminando combustibles fósiles. Los buques de Gas Natural Licuado han emergido como una opción prometedora. Este gas natural es una fuente de energía más limpia, ya que produce menos emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos.

Tras indagar en los beneficios ambientales, la reducción de daños asociados a los buques de GNL, así como en los desafíos y las oportunidades relacionadas con su implementación, se puede instaurar como sustituto al combustible fósil actual.

Los beneficios ambientales se fundamentan en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero ya que emiten menos dióxido de carbono (CO₂) en comparación con los combustibles fósiles convencionales. El GNL puede reducir hasta un 20% las emisiones de CO₂, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Por otro lado, reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas en suspensión (PM), lo que mejora significativamente la calidad del aire en las áreas portuarias y costeras.

Al tratarse de gas licuado elimina el riesgo de derrames de petróleo y cumple con las regulaciones internacionales más estrictas, como el límite de contenido de azufre del 0,5% en el combustible marino, establecido por la Organización Marítima Internacional (OMI).

El impedimento asociado al uso de GNL es la búsqueda de infraestructuras adecuadas para el suministro y almacenamiento de GNL en los puertos, lo que puede ser un desafío en algunas áreas geográficas. Asimismo, los motores requieren tecnología especializada y capacitación para su operación y mantenimiento. Por último, se debe gestionar el metano ya que, aunque emita menos CO₂, el metano es un potente gas de efecto invernadero, puede ser liberado durante el proceso de producción, transporte y almacenamiento del GNL. Por ello, se deben implementar medidas para minimizar las emisiones de metano.

Puertos del Estado, en 2019 comenzó el proyecto 'LNG HIVE 2', sucesivo al plan 'CORE LNGas hive', este cuenta con 47 socios de España y Portugal.

El propósito es establecer el Gas Natural Licuado como combustible principal en el sector del transporte, especialmente en el marítimo. En el acto, contó con un total de 139 millones de euros y con una cofinanciación europea de 39 millones de euros. Disponía de más de 39 proyectos.

Desde entonces, se han adaptado las plantas regasificadoras españolas para su abastecimiento a buques, incluyendo diferentes embarcaciones como son grúas, remolcadores, generadores eléctricos alimentados por Gas Natural Licuado o de suministro.

La adopción de buques de GNL está aumentando gradualmente en la industria naviera, y se espera que siga creciendo en el futuro. Se están llevando a cabo investigaciones y desarrollos para mejorar la eficiencia y la seguridad en el uso del GNL, así como para explorar otras opciones de combustibles sostenibles, como el hidrógeno verde.

Los buques de Gas Natural Licuado ofrecen un impacto positivo y una reducción significativa de daños ambientales en comparación con los combustibles fósiles convencionales. Su uso contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mejora la calidad del aire y elimina el riesgo de derrames de petróleo. Sin embargo, se requiere una infraestructura adecuada y una gestión eficiente para maximizar los beneficios del GNL y abordar los desafíos asociados. La continua investigación y desarrollo en este campo son fundamentales para promover la adopción de tecnologías más sostenibles en la industria naviera.

8.1 Buques propulsados por GNL en funcionamiento.

La adopción de GNL como combustible marítimo continúa creciendo, la industria marítima está experimentando un aumento en la construcción y la operación de buques propulsados por GNL, impulsando el cambio hacia una navegación más limpia y sostenible. Estos son solo algunos ejemplos de buques propulsados por GNL que están en funcionamiento actualmente:

- ❖ Buques de carga:
 - GasLog Ltd.: esta compañía opera una flota de buques de carga de GNL propulsados por motores duales GNL/diesel. Algunos de sus buques son el "GasLog Greece" y el "GasLog Glasgow".
 - Teekay LNG Partners: cuenta con una flota de buques de transporte de GNL, como el "Oak Spirit" y el "Torben Spirit", que utilizan motores duales GNL/diesel para su propulsión.

- ❖ Buques de transporte de pasajeros:
 - AIDA Cruises: además del “AIDAnova”, la compañía AIDA Cruises ha incorporado otros buques propulsados por GNL a su flota, como el “AIDAprima” y el “AIDAprera”.
 - Carnival Corporation: está aventurándose en buques de crucero propulsados por GNL, como el “Mardi Gras” y el “Costa Smeralda”.

- ❖ Buques de suministro de GNL:
 - Engie: es una empresa energética, opera buques de suministro de GNL, como el "Engie Zeebrugge" es el primer buque construido exclusivamente para el suministro de GNL de buque a buque y el "Engie Coral".

- ❖ Buques de transporte de productos químicos:
 - Navigator Gas: es una compañía que opera una flota de buques de transporte de productos químicos propulsados por GNL. Algunos ejemplos son el "Navigator Aurora" y el "Navigator Liberty".

8.2 Buque AIDA Nova: innovación en la propulsión marítima.

El buque AIDA Nova, mencionado anteriormente, es una destacada innovación en la industria marítima pionero en usar exclusivamente el Gas Natural Licuado como combustible de propulsión.

La configuración y las características del buque AIDA Nova, genera una disminución en el impacto ambiental y la promoción de una navegación más sostenible en el transporte marítimo, más concretamente en la industria de cruceros.

Dicho navío, es un crucero perteneciente a la compañía de cruceros AIDA Cruises, una subsidiaria del Grupo Carnival Corporation. Construido en los astilleros Meyer Werft en Papenburg, Alemania. Fue entregado a AIDA Cruises en diciembre de 2018. Con una longitud de aproximadamente 337 metros y una capacidad para albergar a más de 6,600 pasajeros, el AIDA Nova es uno de los cruceros más grandes y modernos en la flota de AIDA Cruises.

Recientemente, el AIDAnova ha sido galardonado con el premio Blue Angel o Ángel Azul (Blauer Engel en alemán), por su carácter ecológico. Esta certificación alemana declara que el producto o servicio es respetuoso con el medio ambiente sin dañarlo ni contaminarlo.

Es la primera certificación ecológica a nivel mundial desde 1978. El jurado lo forman 13 personas que pertenecen a diferentes sectores involucrados en la cuestión. Se trata de una certificación única y ejemplar ya que juzga aspectos medioambientales, de calidad y de seguridad.

La característica más destacada del AIDA Nova es su propulsión mediante gas natural licuado (GNL), lo que lo convierte en uno de los primeros cruceros en utilizar este combustible más limpio y sostenible en la industria.

El AIDA Nova está diseñado para minimizar su impacto ambiental. A parte de la propulsión a GNL, el buque está equipado con tecnologías avanzadas de reducción de emisiones, como sistemas de tratamiento de gases de escape y tecnología de recuperación de calor. De esta forma, se elimina un 50% de los óxidos de nitrógeno e incluso más de un 90% de las partículas en suspensión. Estas medidas contribuyen a reducir las emisiones de gases contaminantes y a mejorar la eficiencia energética del buque.

En cuanto a la experiencia de confort, los pasajeros no notan la diferencia a bordo ya que ofrece a los viajeros una amplia gama de comodidades y servicios a bordo. Cuenta con una variedad de restaurantes, bares, áreas de entretenimiento, piscinas y spas. El diseño del buque se centra en ofrecer una experiencia única y relajante para los pasajeros durante su viaje. Por lo tanto, podemos concluir en que el buque AIDA Nova es un hito en la industria de cruceros al ser uno de los primeros cruceros propulsados por gas natural licuado (GNL). Su adopción de esta tecnología demuestra el compromiso de AIDA Cruises con la protección del medio ambiente y la reducción de las emisiones en la navegación marítima. Además, proporciona una experiencia de crucero de alta calidad para los pasajeros al tiempo que promueve prácticas más sostenibles en la industria de cruceros.

9. Alternativas sostenibles al Gas Licuado en el medio marino.

Aunque el análisis se centra en el Gas Licuado Natural como alternativa, existen otras opciones sostenibles y respetuosas con el medio marino. Estas opciones podrían reemplazar o complementar al GNL en la industria naviera, cada una posee diferentes beneficios, desafíos y perspectivas para una navegación más limpia y sostenible en los océanos.

A medida que aumenta la conciencia sobre la necesidad de reducir la huella ambiental de la industria marítima, se amplía la búsqueda de alternativas al Gas Licuado como combustible en los buques.

Existen alternativas a este Gas Natural en los buques como es el caso del hidrógeno, este se perfila como una alternativa prometedora al GNL. Los buques propulsados por hidrógeno no emiten gases contaminantes durante su uso, ya que su único subproducto es el agua. Sin embargo, existen desafíos técnicos y logísticos en la producción, almacenamiento y distribución eficientes de hidrógeno.

Por otro lado, el amoníaco es otro combustible potencial para los buques, ya que no emite dióxido de carbono durante la combustión. Sin embargo, el amoníaco es tóxico y tiene desafíos asociados con su manipulación, almacenamiento y seguridad.

Las baterías y sistemas eléctricos son otra posible opción, los sistemas de propulsión eléctrica, alimentados por baterías o sistemas híbridos, están ganando popularidad en la industria marítima. Estos sistemas eliminan las emisiones directas en el punto de uso, pero pueden requerir una infraestructura de carga adecuada y tienen limitaciones en términos de autonomía y capacidad de carga.

Por último, los biocombustibles. Derivan de fuentes renovables como algas, aceites vegetales o residuos orgánicos, podrían ofrecer una alternativa más sostenible al Gas Natural Licuado. Sin embargo, existen preocupaciones relacionadas con la disponibilidad de materias primas y los posibles efectos indirectos, como la deforestación o la competencia con la producción de alimentos.

Los beneficios presentes en las alternativas al GNL pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando la calidad del aire y disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles. Además, pueden fomentar la innovación tecnológica y la diversificación de la matriz energética en la industria marítima. Sin embargo, presentan desafíos como la disponibilidad y escalabilidad a gran escala, la infraestructura de suministro, la seguridad, la eficiencia y la viabilidad económica. Cabe destacar, la necesidad de abordar aspectos reglamentarios y normativos para promover la adopción de estas alternativas.

Las alternativas muestran un gran potencial. A medida que avanza la investigación y la tecnología, es necesario impulsar la colaboración entre gobiernos, industrias y academias para superar los desafíos y promover la implementación de estas alternativas. Asimismo, se debe fomentar la inversión en infraestructura y el desarrollo de políticas y regulaciones que apoyen la transición hacia combustibles más limpios y sostenibles en el medio marino.

Si bien cada opción tiene sus ventajas y desafíos particulares, la diversificación de la matriz energética y el impulso hacia una navegación más limpia son pasos importantes hacia un medio marino más saludable. La investigación y la colaboración continua entre diferentes actores son fundamentales para avanzar en la adopción y el desarrollo de estas alternativas en beneficio de los océanos y el medio ambiente en general.

9.1 Ejemplos de buques propulsados por combustibles sostenibles.

En la actualidad, existen varios buques que están siendo propulsados por combustibles sostenibles como alternativas a los combustibles fósiles tradicionales. A continuación, se presentan algunos ejemplos:

- ❖ Buques propulsados por hidrógeno:
 - Energy Observer: es el primer buque experimental propulsado por hidrógeno y energía renovable. Utiliza un sistema de pilas de combustible para convertir el hidrógeno en electricidad y alimentar sus motores eléctricos. Cuenta con una plataforma de 202 metros cuadrados cubierta de paneles solares y dos velas de ala verticales de 12 metros.

❖ Buques propulsados por electricidad:

- Ferry eléctrico: muchos ferries en todo el mundo están siendo electrificados, utilizando baterías o sistemas de carga eléctrica para su propulsión. Por ejemplo, el ferry "Ampere" en Noruega es un catamarán de 80,8 metros de eslora, tiene dos motores eléctricos de 450 kW y es el primer ferry a batería del mundo.

El ferry "Ellen" en Dinamarca es otro ejemplo de buques eléctricos en funcionamiento, este se trata de un transbordador de coches eléctricos pionero, cuyo rango de batería de carga es la mayor hasta el momento.

❖ Buques propulsados por biofuel:

- Maersk Tankers: la empresa Maersk ha estado probando el uso de biocombustibles en algunos de sus buques para reducir las emisiones de carbono. Han realizado pruebas con biofuel derivado de productos agrícolas y residuos orgánicos.

❖ Buques propulsados por energía eólica:

- Velero de carga: algunos buques de carga están incorporando sistemas de propulsión eólica, como velas y rotores Flettner, para aprovechar la energía del viento y reducir el consumo de combustibles fósiles. Los rotores Flettner son un sistema de impulsión eólica para naves, inventado hace más de 80 años, a inicios del siglo XX por el alemán Anton Flettner.

Estos son solo algunos ejemplos de buques propulsados por combustibles sostenibles. La industria marítima está en constante evolución y explorando nuevas tecnologías para reducir su huella ambiental y adoptar prácticas más sostenibles.

10. Terminales de suministro para buques.

La demanda de buques propulsados por Gas Natural Licuado recoge datos en los que se acentúa un incremento impensable en el sector. Actualmente, operan unos 300 navíos propulsados por GNL y 400 están en proyecto o en construcción.

Existe una amplia variedad de tipologías de buque, la más destacada son los portacontenedores, más del 50% de estos buques que están en proceso de creación, se abastecerán de GNL.

Dicha demanda se ha quintuplicado en estos últimos años.

Para poder abastecer de Gas Natural Licuado a cualquier servicio que lo necesite, se utilizan terminales portuarias. Esta solución permite la utilización del Gas Natural como combustible para aquellos que se encuentren lejos de los gasoductos.

Debido al aumento de buques propulsados por GNL, se han de modificar o construir infraestructuras que sirvan como punto de abastecimiento.

El bunkering es un término inglés que designa al suministro de combustible a un buque. Para el GNL existen tres tipos de bunkering:

❖ Pipe-to-ship (PTS):

- El proceso consiste en suministrar el Gas Natural Licuado al buque desde el muelle, para ello la infraestructura debe estar dotada de mangueras, conectores y sistemas de carga específicos, además es necesario la instalación de un almacenamiento GNL en puerto.

❖ Ship-to-ship (STS):

- Este procedimiento permite administrar GNL de un buque a otro, ambos deben estar diseñados para ello.

A día de hoy, existen dos tipos de buques de suministro.

El primero se trata de una gabarra multicomcombustible, consiste en proveer a una gabarra tradicional de todo el material necesario para poder hacer transferencias de GNL. Por otro lado, existen los buques específicos para el suministro de GNL, estos suelen tener una capacidad que va desde los 5.000 metros cúbicos hasta los 10.000 m³.

❖ Truck-to-ship (TTS):

- Es un proceso laborioso en el cual uno o varios camiones cisterna son llevados al muelle, allí suministran al buque previamente atracado el Gas Natural Licuado.

10.1 Terminales en España.

Las operaciones de abastecimiento han aumentado a lo largo de estos últimos años. Gracias a las adaptaciones en puertos españoles para abastecer a buques propulsados por GNL, España se convirtió hace unos años en un referente, debido a su posición geoestratégica y a la excelencia de sus infraestructuras. Las operaciones de abastecimiento se realizan de las tres formas posibles, mencionadas con anterioridad.

Debido a estas mejoras, se estima una reducción de CO₂ para 2030 en el sector marítimo de entre dos y cuatro millones de toneladas.

10.2 Terminal de suministros en Santander.

La ciudad está ubicada al norte de España, capital de la región de Cantabria.

El puerto de Santander se sitúa en el mar Cantábrico. Este año se ha inaugurado una terminal de suministros de Gas Licuado Natural para buques. Esta infraestructura está ubicada en el Muelle de Maliaño del Puerto de Santander, permitirá una disminución de 12.000 toneladas de CO₂ al año aproximadamente.

El suministro es transportado en camiones cisternas hasta el puerto, donde es guardado en tanques de GNL para su posterior abastecimiento. El proceso tarda aproximadamente cuatro horas y es posible administrar el suministro mientras se carga el pasaje.

Al tratarse de un gas que se encuentra a -160 grados centígrados en estado líquido, la instalación cuenta con medidas de seguridad únicas capaces de gestionar cualquier problema. La terminal es uno de los acontecimientos más destacados de 2023. Cabe destacar que, Repsol cuenta con otra terminal en Bilbao con las mismas características. En conclusión, cada paso dado es un avance significativo hacia un futuro cero emisiones, apostando por el GNL como combustible alternativo. España presenta una importante oportunidad de descarbonización para las operaciones en los puertos españoles.

11. Conclusiones.

La destrucción progresiva del medio marino, avanza a gran escala. La disminución de recursos y contaminación asociada a actividades humanas en el sector marítimo, son esenciales para un futuro mejor.

Los buques transportan el 90% de las mercancías mundiales, por lo tanto, siendo este un medio de transporte tan importante y necesario para la economía internacional precisa de unas mejoras que mantengan la demanda mientras se disminuye en la contaminación que estos generan. El Gas Licuado Natural se presenta como una opción que ya se utiliza y cumple con éxito sus funciones, disminuyendo notablemente las emisiones y promoviendo un consumo más respetuoso con el medio ambiente. Existen otras alternativas que de igual forma, ayudan y promueven la eliminación de combustibles fósiles.

La creación y remodelación de infraestructuras para el abastecimiento de buques suministrados con Gas Natural Licuado cada vez son más demandados, creando así un avance hacia un futuro libre de emisiones. La cantidad de buques propulsados por combustibles sostenibles con el medio marino aumentan cada año a niveles desorbitados. Las adaptaciones concedidas en territorio español muestran la sencillez y accesibilidad que se encuentra en el Gas Natural Licuado como solución futura, la cual se está implementado en buques por todo el mundo desde hace varios años atrás.

La descarbonización mundial es necesaria y cada año resulta más crucial. España se encuentra en una situación favorable ya que a lo largo de los años se han implementado cambios que promueven la utilización de estas alternativas al combustible tradicional y disminuyen el impacto ambiental. En este sentido, el territorio español lidera y ofrece avances únicos, sirviendo como ejemplo de puertos sostenibles.

La necesidad de un cambio inminente está dando lugar a grandes ideas y proyectos a gran o pequeña escala, todas ellas son fundamentales para una reducción de las emisiones. Todos estos cambios deben ser fundamentales para un futuro sostenible, sin embargo, es necesario implementar pequeños cambios en las rutinas cotidianas de cada persona para conseguir así un crecimiento en la economía mientras se respeta el medioambiente y el bienestar social. En este sentido, ya se cuenta con modelos de vehículos en el mercado que funcionan con Gas Natural Comprimido (GNC), todos ellos ejemplos claros de vehículos sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

12. Conclusions.

The progressive destruction of the marine environment is advancing on a large scale. The reduction of resources and pollution associated with human activities in the maritime sector are essential for a better future.

Ships transport 90% of world merchandise, therefore, since this is such an important and necessary means of transport for the international economy, it requires improvements that maintain demand while reducing the pollution they generate. Natural Liquefied Gas is presented as an option that is already used and successfully fulfills its functions, significantly reducing emissions and promoting consumption that is more respectful of the environment. There are other alternatives that likewise help and promote the elimination of fossil fuels.

The creation and remodeling of infrastructures for the supply of ships supplied with Liquefied Natural Gas are increasingly in demand, thus creating progress towards an emission-free future. The number of ships powered by sustainable fuels with the marine environment increases every year at exorbitant levels. The adaptations granted in Spanish territory show the simplicity and accessibility found in Liquefied Natural Gas as a future solution, which has been implemented on ships around the world for several years.

Global decarbonization is necessary and every year it becomes more crucial. Spain is in a favorable situation since over the years changes have been implemented that promote the use of these alternatives to traditional fuel and reduce the environmental impact. In this sense, the Spanish territory leads and offers unique advances, serving as an example of sustainable ports.

The need for an imminent change is giving rise to great ideas and projects on a large or small scale, all of which are essential for a reduction in emissions. All these changes must be fundamental for a sustainable future, however, it is necessary to implement small changes in the daily routines of each person in order to achieve growth in the economy while respecting the environment and social well-being. In this sense, there are already vehicle models on the market that run on Compressed Natural Gas (CNG), all of them clear examples of sustainable and environmentally friendly vehicles.

13. Bibliografía.

- ALMAZÁN INGENIEROS S.L. (2014). "ESTUDIO SOBRE EL SUMINISTRO DE GNL A BUQUES MEDIANTE CAMIÓN" https://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/documento_v_10_docx_jdlc-entregado_para_difusion.pdf
- Ham.es. "Qué es el GNL" <https://ham.es/que-es-el-gnl/#:~:text=El%20GNL%20est%C3%A1%20formado%20en,nitr%C3%B3geno%20y%20di%C3%B3xido%20de%20carbono>
- Oceana. "EL VERTIDO DE HIDROCARBUROS DESDE BUQUES A LOS MARES Y OCÉANOS DE EUROPA. La otra cara de las mareas negras". <http://www.ceida.org/prestige/Documentacion/petroleomardeeuropeocean.pdf>
- Oceana. "Contaminación por la Industria Naval" <https://europe.oceana.org/es/contaminacion-por-la-industria-naval-0/>
- EFE. (2022). "Una nueva investigación alerta del metano que emiten los barcos propulsados con gas" https://www.elconfidencial.com/medioambiente/clima/2022-04-17/metano-trafico-maritimo-efecto-invernadero_3408464/
- AQUAE. "Vertidos de petróleo: manchas mortales" <https://www.fundacionaquae.org/wiki/vertidos-de-petroleo-manchas-mortales/>
- Cetmar.org. "¿Evolución y comportamiento de las manchas de petróleo?" <https://cetmar.org/documentacion/comportamiento.htm>
- Gasnam. "Bunkering GNL" <https://gasnam.es/maritimo/bunkering-gnl/>
- Eldiariocantabria.es. "Inaugurada en Santander la terminal de suministro de GNL para barcos" <https://eldiariocantabria.publico.es/articulo/santander/inaugurada-santander-segunda-terminal-suministro-gnl-barcos-espana/20230607165843137506.html>
- PierNext. "Una nueva era en los combustibles del transporte marítimo" <https://piernext.portdebarcelona.cat/entorno/una-nueva-era-en-los-combustibles-del-transporte-maritimo/>
- EqualTimes. "¿Qué barcos y qué combustible tanea el sector del transporte marítimo para reducir su impacto medioambiental?" <https://www.equaltimes.org/que-barcos-y-que-combustible?lang=es#.Y5NJ-3bP3IU>
- Cetmar.org. "Convenios y Protocolos internacionales" <https://cetmar.org/documentacion/Convenios.htm>
- Nationalgeographic.es. "La Contaminación Marina" <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/la-contaminacion-marina>
- AguaeFundation. "Los primeros navegantes de la historia" <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-primeros-navegantes-de-la-historia/>

- *Un.org*. “Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos” <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/oceans/>
- *Mitma.gob.es*. “MARPOL 73/78 Artículos, protocolos, anexos e interpretaciones unificadas del Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978”
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/marpol_articulos.pdf
- *OxfordLanguage*. “Oxford Languages” <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>
- *Imo.org*. “OMI” <https://www.imo.org/es/OurWork/Paginas/default.aspx>
- *SafetyCulture*. “STCW para la gente de mar: Lo que hay que saber”
<https://safetyculture.com/es/temas/stcw/>

Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado

El alumno **Alba Concepción Jorge Delgado**, autor del trabajo final de Grado titulado “**GAS NATURAL LICUADO: una alternativa limpia y sostenible**”, y tutorizado por el profesor **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 Ingeniería Civil, Náutica y Marítima 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.