

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

Trabajo Fin de Grado

**IMPLANTACIÓN DE LA NORMATIVA IMO2020 Y SU
CONSECUENCIA EN LOS BUQUES MERCANTES**



Álvaro Ire Hernández Alonso

Besay Brito Mesa

Tutor: **Ángela Hernández López**

Curso 2019/2020

Junio 2020

Yo, Dr. Ángela Hernández López, profesor del área de conocimiento de Ciencias y Técnicas de la Navegación, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, como tutor de:

Álvaro Ire Hernández Alonso y Besay Brito Mesa,

autorizo la presentación y defensa del Trabajo Fin de Grado titulado:

“IMPLANTACIÓN DE LA NORMATIVA IMO2020 Y SU CONSECUENCIA EN LOS BUQUES MERCANTES”

A su vez, confirmo que los alumnos han cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del reglamento del Trabajo Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

Para que conste y surta los efectos oportunos, firmo la presente

En Santa Cruz de Tenerife a 28 de mayo de 2020

Fdo.: Ángela Hernández López.

Director del trabajo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2496372 Código de verificación: q6W3fjBe

Firmado por: Ángela Hernández López
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 28/05/2020 11:53:45

Índice

Tabla de ilustraciones	2
Resumen.....	3
Abstract	4
Introducción	5
1. Normativa	7
1.1. <i>Protocolo de 1997- Anexo VI del Convenio MARPOL</i>	<i>8</i>
1.1.1. Óxidos de azufre en el fueloil marino.....	11
1.1.2. Aplicación, excepciones y exenciones	14
1.1.3. Reconocimientos y medios de control.....	14
1.1.4. Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica.....	17
1.2. <i>Restricciones y multas en el territorio español</i>	<i>17</i>
2. Efectos de los óxidos de azufre en el medio ambiente y la salud humana	18
2.1. <i>Fuentes de emisión</i>	<i>18</i>
2.2. <i>Salud humana y medio ambiente</i>	<i>19</i>
3. Como cumplir la normativa IMO 2020	19
3.1. <i>Tipos de combustibles marinos convencionales.....</i>	<i>19</i>
3.2. <i>Adaptación a la normativa mediante combustibles convencionales</i>	<i>21</i>
3.3. <i>Evolución del precio de los combustibles convencionales</i>	<i>22</i>
3.4. <i>Adaptación a la normativa mediante Gas Natural Licuado.....</i>	<i>26</i>
3.4.1 Posibles inconvenientes del GNL.....	29
3.5. <i>Adaptación a la normativa mediante Torres de lavado de gases de escapes (Scrubber).....</i>	<i>30</i>
3.5.1. Scrubber de tipo seco	30
3.5.2. Scrubber de tipo abierto.....	31
3.5.3. Scrubber tipo cerrado.....	31
3.5.4. Scrubber tipo híbrido.....	31
3.5.5. Posibles inconvenientes del Scrubber	32
4. Plan para la implantación uniforme del límite de contenido de azufre del 0,50% en virtud del Anexo VI del Convenio MARPOL	32
5. Proyectos de combustibles del futuro	34
6. Conclusión.....	36
Conclusion	38
Bibliografía	40

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Tipos de contaminación del transporte marítimo	7
Ilustración 2. Zonas de control de las emisiones	13
Ilustración 3. Muestra de combustible de un buque	16
Ilustración 4. Evolución de los precios de los combustibles marinos	22
Ilustración 5. Evolución de los precios de los combustibles marinos	23
Ilustración 6. Evolución de los precios de los combustibles marinos	24
Ilustración 7. Evolución de los precios de los combustibles marinos	25
Ilustración 8. Tabla comparativa de bunkering	28

Resumen

En este trabajo se analiza la nueva normativa sobre las emisiones de Óxidos de Azufre (SOx) establecida por la Organización Marítima Internacional (OMI) que establece nuevas restricciones para conservar el medioambiente reduciendo las emisiones que emanan de los buques mercantes. Dicha normativa, llevará a tener un planeta mucho más sostenible y con menos emisiones contaminantes. Se llevarán a cabo controles exhaustivos para el cumplimiento de dicha norma por parte de todos los buques mercantes, además de, sancionar toda aquella situación que no se ajuste a la nueva norma. Todo esto, ha llevado a la aparición de nuevos combustibles con bajas cantidades de azufre que cumplan con la normativa, o la aparición de nuevos combustibles más eficientes como ha sido el GNL, un combustible más limpio y con gran proyección. Esta nueva situación obliga a las navieras a tener que optar un cambio de combustibles o a realizar una inversión en nuevas instalaciones, como sería el caso de las torres de lavado (scrubbers), una manera de limpiar los gases con el fin de adaptarse a la normativa. Se observa un análisis de la evolución de los combustibles convencionales donde se aprecia el efecto que ha tenido la nueva normativa en los precios.

Además, por su parte la OMI pone a disposición un plan de implantación uniforme para el límite de azufre en virtud del anexo VI del MARPOL para todos los buques y así ayudar a que el cambio sea mucho más fácil. De cara al futuro, se están llevando a cabo proyectos de investigación con nuevos combustibles con el fin de encontrar combustibles más eficientes y que no afecten al medioambiente.

Abstract

The new regulations about emissions of Sulfur Oxides (SO_x) established by the International Maritime Organization (IMO) is analyzed. It establishes new restrictions to conserve the environment by reducing the emissions that emanate from merchant ships. These regulations will lead to a much more sustainable planet with less polluting emissions. Exhaustive controls will be carried out for compliance with this rule by all merchant ships, in addition to sanctioning any situation that does not comply with the new rule. All this has led to the appearance of new fuels with low amounts of sulfur that comply with regulations, or the appearance of new, more efficient fuels such as LNG, a cleaner fuel with great projection. This new situation forces shipping companies to have to choose a fuel change or to make an investment in new facilities, such as scrubbers, a way to clean gases in order to adapt to regulations. An analysis of the evolution of conventional fuels is observed, showing the effect that the new regulations have had on prices.

Furthermore, the IMO makes available an uniform implementation plan for the sulfur limit under Annex VI of MARPOL for all ships, thus helping to make the change much easier. Looking ahead, research projects with new fuels are being carried out in order to find more efficient fuels that do not affect the environment.

Introducción

En el ámbito mundial, el transporte marítimo es reconocido generalmente como la modalidad más utilizada para el comercio internacional y ocupa un elevado porcentaje del transporte de los bienes del planeta. No obstante, a pesar de su gran valor a nivel mundial, es una de las principales causas de contaminación tanto por ser una vía de entrada de sustancias perjudiciales a los océanos como fuente de polución del aire, ya sea por motivos de la propia gestión operacional de los buques o por posibles accidentes.

En 1997 se adoptó un nuevo anexo en el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (Convenio MARPOL), el Anexo VI, el cual entró en vigor el 19 de mayo de 2005. Dicho anexo se centra exclusivamente en reglas para controlar la contaminación atmosférica ocasionada por el transporte marítimo. (Organización Marítima Internacional, 2020)

En octubre de 2008 se acogió una revisión completa del Anexo VI del Convenio MARPOL que entró en vigor el 1 de julio de 2010 mediante la Resolución MEPC.176(58). A continuación, y hasta la fecha, luchando por cumplir el objetivo de la reducción de la contaminación atmosférica se han adoptado numerosas enmiendas y directrices como, por ejemplo, para introducir más zonas de control de emisiones, crear prescripciones sobre eficiencia energética, mejorar la supervisión y vigilancia del contenido medio de azufre y el estudio de datos sobre el consumo de fueloil. Estas resoluciones relacionadas con la contaminación atmosférica han sido estipuladas con el fin utilizarse de guía para los Estados, los propietarios de buques, armadores, constructores de buques, fabricantes de motores diésel marinos y proveedores de combustible para sus usos marinos.

Teniendo en mente el objetivo de reducir la contaminación atmosférica generada por los buques, la Organización Marítima Internacional (OMI), mediante el Comité de Protección del Medio Marino (MEPC), enmienda el Anexo VI del Convenio MARPOL e implanta un nuevo límite máximo, expresado en porcentaje en masa, del contenido de azufre en el fueloil marino. Este nuevo valor reduce el contenido de azufre hasta 0.50% en masa para los buques que operan fuera de las zonas de control de las emisiones designadas (las zonas de control de las emisiones son espacios determinados en los que se establecen una serie de limitaciones más estrictas). Esta nueva normativa entra en vigor

a partir del 1 de enero de 2020, como decretó en 2016 el MEPC de la OMI en el 70° período de sesiones. En consecuencia, queda ratificado el límite máximo permitido de 3.50% en masa que fue implantado el 1 de enero de 2012. (Organización Marítima Internacional, Comité de protección del medio marino (MEPC), 2020)

Este nuevo límite se crea con la intención de reducir la cantidad de emisiones de óxidos de azufre procedentes de los buques, lo que supondrá beneficios sanitarios y ambientales para el mundo y, en especial, para las poblaciones cercanas a puertos y costas.

1. Normativa

El Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, (Convenio MARPOL 73/78) es un conjunto de normativas internacionales con el objetivo de prevenir la contaminación del medio marino generada por motivos de funcionamiento o accidentes de los buques, como se ve reflejada en la *Ilustración 1*. Tipos de contaminación del transporte marítimo El Convenio MARPOL fue adoptado por la Organización Marítima Internacional en 1973, pero antes de que entrara en vigor fue modificado por el Protocolo de 1978 en respuesta al gran número de accidentes de buques tanques ocurridos entre 1976 y 1977. También fue modificado por el Protocolo de 1997, en el que se incluye un nuevo anexo al Convenio, el Anexo VI, de gran interés dirigido principalmente para los propietarios de buques, armadores, constructores de buques, fabricantes de motores diésel marinos y proveedores de combustible para sus usos marinos.

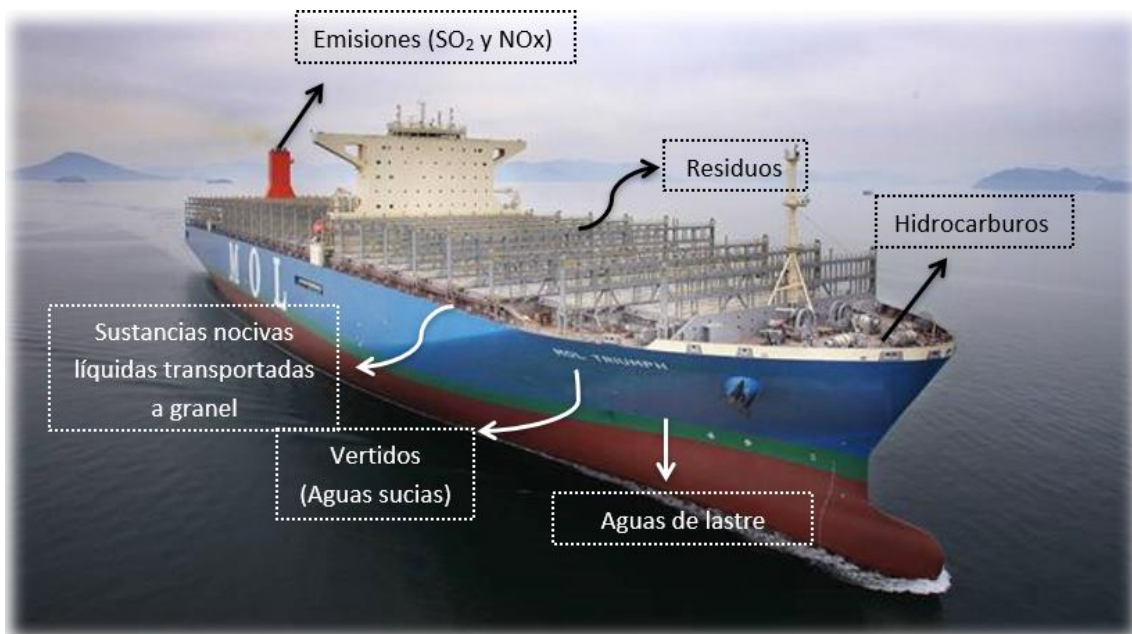


Ilustración 1. Tipos de contaminación del transporte marítimo

Fuente: <https://ingenieromarino.com/el-buque-como-fuente-de-contaminantes/>

En el Convenio de MARPOL, principalmente figuran reglas para prevenir y reducir al mínimo la contaminación ocasionada por los buques tanto por operaciones

normales como accidentales. En la actualidad el Convenio MARPOL incluye 6 anexos (Organización Marítima Internacional, 2020):

- Anexo I: Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos (entrada en vigor 2 de octubre de 1983)
- Anexo II: Reglas para prevenir la contaminación por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel (entrada en vigor: 2 de octubre de 1983)
- Anexo III: Reglas para prevenir la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos (entrada en vigor 1 de julio de 1992)
- Anexo IV: Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques (entrada en vigor: 27 de septiembre de 2003)
- Anexo V: Reglas para prevenir la contaminación ocasionada por las basuras de los buques (entrada en vigor: 31 de diciembre de 1988)
- Anexo VI: Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques (entrada en vigor: 19 de mayo de 2005)

1.1. Protocolo de 1997- Anexo VI del Convenio MARPOL

Para la realización del presente trabajo se hará hincapié en el Anexo VI del Convenio MARPOL, es el anexo más reciente del Convenio MARPOL, dicho anexo fue adoptado en el Protocolo de 1997 y entró en vigor el 19 de mayo de 2005. Para la entrada en vigor del Protocolo de 1997 era necesario que, como mínimo 15 Estados, cuyas flotas mercantes combinadas representasen la mitad del tonelaje bruto de la marina mercante mundial, se consolidaran en Partes de dicho Protocolo ((MEPC) C. d., 1997).

Según nos expone el Boletín Oficial del Estado, BOE, N.º 251 del 18 de octubre de 2004, la adhesión de España al Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio MARPOL 73/78 fue firmada en Madrid a 24 de julio de 2003 por Juan Carlos I, el Rey de España, para que según el Artículo 5 del Anexo VI del Convenio MARPOL, España pase a ser Parte del Protocolo de 1997.

El Protocolo de 1997 que enmienda del Convenio MARPOL fue considerado el modo más eficaz de lograr prevenir y contener la contaminación atmosférica creada por los buques recordando el Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente. Esta enmienda consistió en la adición del Anexo VI, titulado “Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques”. En general, en dicho anexo, las reglas quedan agrupadas en los siguientes 5 capítulos:

- Capítulo I: Generalidades. Este capítulo engloba el ámbito de aplicación, las definiciones, las excepciones y las equivalencias en accesorios, materiales, dispositivos o aparatos u otros procedimientos, tipos de fueloil o métodos ((MEPC) C. d., 2008).
- Capítulo II: Reconocimiento, certificación y medios de control. Dicho capítulo comprende los tipos de reconocimientos, la expedición o referendo de los certificados, su expedición, su modelo, su duración, su validez, las declaraciones de cumplimiento sobre la notificación del consumo de fueloil, la supervisión de las prescripciones por los Estados, la detección de transgresiones y el cumplimiento de la norma ((MEPC) C. d., 2008).
- Capítulo III: Prescripciones para el control de las emisiones de los buques. El citado capítulo contiene reglas sobre las sustancias que agotan la capa de ozono, los óxidos de nitrógeno (NOx), los óxidos de azufre (SOx), la materia particulada, los Compuestos orgánicos volátiles (COV), la incineración a bordo, las instalaciones de recepción, la disponibilidad y calidad del fueloil ((MEPC) C. d., 2008).
- Capítulo IV: En un nuevo capítulo adoptado en las enmiendas de 2011 (Resolución MEPC.203(62)), además se establecen medidas técnicas y operacionales obligatorias de eficiencia energéticas encaminadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los buques
- Capítulo V: Es el último capítulo añadido al Anexo VI en las enmiendas de 2014 (Resolución MEPC.247(66)), verificación del cumplimiento de las disposiciones del presente anexo

El Anexo VI concluye adjuntando una serie de apéndices, los cuales se enumeran a continuación ((MEPC) C. d., 2008):

- Apéndice I: Modelo de Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica (IAPP) para los buques en sí y su suplemento para sus equipos.
- Apéndice II: Ciclos de ensayo y factores de ponderación, relacionado con los NOx
- Apéndice III: Criterios y procedimientos para la designación de zonas de control de las emisiones
- Apéndice IV: Homologación y límites de servicio de los incineradores de a bordo
- Apéndice V: Información que debe incluirse en la nota de entrega de combustible
- Apéndice VI: Procedimiento de verificación del combustible a partir de las muestras de fueloil estipuladas
- Apéndice VII: Zonas de control de las emisiones (Enmiendas MEPC.190(60) y MEPC.202(62))
- Apéndice VIII: Modelo de certificado internacional de eficiencia energética (IEE) (Enmienda MEPC.203(62))
- Apéndice IX: Información que se ha de presentar a la base de datos de la OMI sobre el consumo de fueloil de los buques (Enmienda MEPC.278(70))
- Apéndice X: Modelo de declaración de cumplimiento – Notificación del consumo de fueloil (Enmienda MEPC.278(70))

Hasta la fecha, el Anexo VI ha sido objeto de enmiendas en numerosas ocasiones, entre ellas es importante destacar que en 2008 el MEPC mediante la Resolución MEPC.176(58) (adoptada el 10 de octubre de 2008) realiza una revisión completa del Anexo VI del Convenio MARPOL. En el ámbito nacional, en España, el BOE N.º 276 del 15 de noviembre de 2010 acoge las enmiendas de 2008 al Anexo del Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio MARPOL. Dichas enmiendas se consideraron aceptadas el 1 de enero de 2010 y entraron en vigor el 1 de julio de 2010. Posteriormente, con el

paso de los años, los avances de las nuevas tecnologías, la ampliación del sector del transporte marítimo, el aumento de la contaminación y el mayor conocimiento de las posibles repercusiones de la contaminación sobre el medio ambiente y los propios seres humanos; se ha ido ajustando mediante enmiendas la mayoría de las reglas de esta última revisión completa del Anexo VI.

El Anexo VI prohíbe toda emisión deliberada de sustancias que agotan la capa de ozono. Según determina este anexo, estas sustancias son las definidas en el párrafo 4 del artículo 1 del Protocolo de Montreal, relativo a sustancias que agotan la capa de ozono, de 1987. Y todos los buques a los que les aplica el presente anexo deben nombrar todo equipo que contenga sustancias que agoten la capa de ozono en el Suplemento del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica, dicho registro de sustancias estará expresado en unidades de masa (kg) en las recargas, ya sean plenas o parciales, de los equipos que las contengan; en las reparaciones o el mantenimiento de estos equipos; en la descarga a la atmósfera de dichas sustancias, ya sea de manera deliberada o no deliberada; en la descarga en instalaciones de recepción instaladas en tierra; y en el suministro al buque de sustancias que agoten la capa de ozono.

1.1.1. Óxidos de azufre en el fueloil marino

El anexo VI concreta 3 sustancias, junto a unas especificaciones individuales a cada una de ellas. Estas sustancias son Óxidos de nitrógeno (NO_x), Óxidos de azufre (SO_x) y materia particulada, y compuestos orgánicos volátiles (COV). El óxido de azufre, comúnmente abreviado como SO_x, es la sustancia principal en la que vamos a basar gran parte de este trabajo. Las prescripciones relacionadas con dicha sustancia están expuestas en la Regla 14 del presente anexo, las cuales se especificarán a continuación.

El contenido de azufre, expresado en tanto por ciento en masa/masa, en todo fueloil utilizado a bordo de los buques que operan fuera de las zonas de control de las emisiones designadas no excederá los siguientes límites por año ((MEPC) C. d., 2008):

- 4,50% en masa antes del 1 de enero de 2012
- 3,50% en masa el 1 de enero de 2012 y posteriormente; y

- 0,50% en masa el 1 de enero de 2020 y posteriormente.

Tal contenido medio a escala mundial será vigilado según las directrices elaboradas por la OMI, reflejadas en la Resolución MEPC.192(61) “Directrices de 2010 para la vigilancia del contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil suministrado para uso a bordo de los buques”

Por zona de control de las emisiones (Zona ECA) de SO_x, según el Anexo VI, se entiende “una zona en la que es necesario adoptar medidas especiales de carácter obligatorio para prevenir, reducir y contener la contaminación atmosférica por SO_x y sus consiguientes efectos negativos en zonas terrestres y marítimas”. Según la última revisión de la Regla 14 adoptada en 2018 mediante la Resolución MEPC.305(73) que entró en vigor el 1 de marzo de 2020, dichas zonas designadas por la OMI de conformidad con los criterios y procedimientos indicados en el Apéndice III del Anexo VI y en virtud de la Regla 14, incluirán zonas las expuestas a continuación, las cuales podemos observar en la *Ilustración 2. Zonas de control de las emisiones*:

- la zona del mar Báltico (definida en la regla 1.11.2 del Anexo 1 del Convenio MARPOL);
- la zona del mar del Norte (definida en la regla 1.14.6 del Anexo V del Convenio MARPOL);
- la zona de control de las emisiones de Norteamérica (por la cual se entiende la zona definida por las coordenadas que figuran en el apéndice VII del presente anexo) y
- la zona de control de las emisiones del mar Caribe de los Estados Unidos (por la cual se entiende la zona definida por las coordenadas que figuran en el apéndice VII del presente anexo)

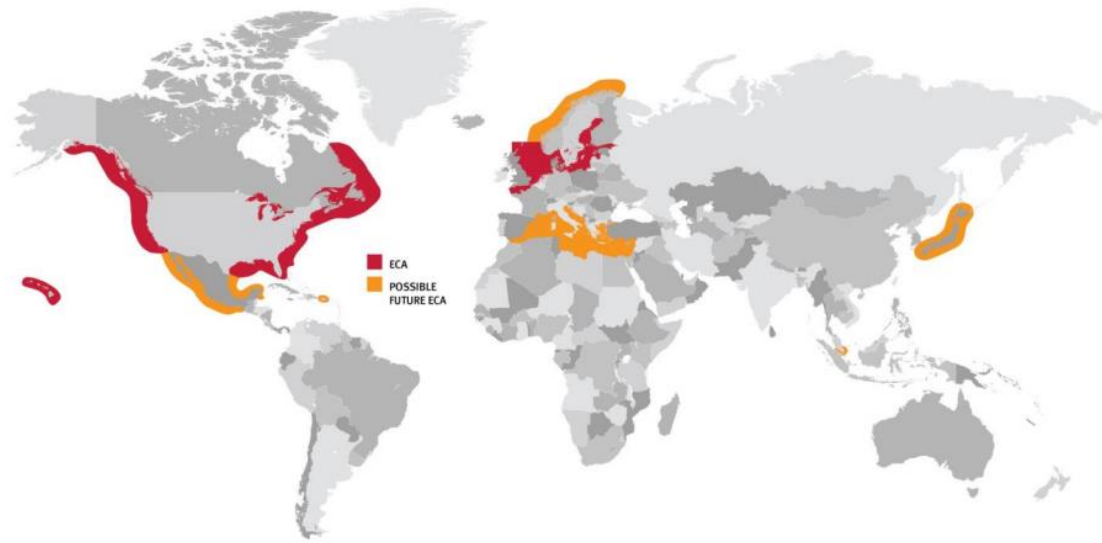


Ilustración 2. Zonas de control de las emisiones

Fuente: DuPont

Los buques que operen dentro de una zona de control de las emisiones de SO_x deberán cumplir mínimo con una de las siguientes condiciones. En la primera condición el contenido de azufre que se utilice a bordo no excederá de los siguiente límites por año, según la Resolución MEPC.176(58):

- 1,50% en masa antes del 1 de julio de 2010;
- 1,00% en masa el 1 de julio de 2010 y posteriormente; y
- 0,10% en masa el 1 de enero de 2015 y posteriormente.

La segunda condición consiste en la utilización de un sistema de limpieza de los gases de escape, o también se podría dar el caso de la utilización de cualquier otro método o tecnología a paz de reducir las emisiones de SO_x. En cualquier caso, los métodos deberán estar aprobados por la Administración, según expone la Resolución MEPC.259(68).

Los buques que utilicen fueloil de distintos tipos para cumplir lo prescrito, antes de entrar en una zona de control de las emisiones, se preverá tiempo suficiente para limpiar los combustibles que tengan un contenido de azufre superior al 1,5% en masa del sistema de distribución del fueloil y se indicará en el libro de registro prescrito por la Administración el volumen del fueloil con bajo contenido de azufre de cada tanque la

fecha la hora y la situación del buque cuando se llevó a cabo la operación ((MEPC) C. d., 2008).

El fueloil que se entregue a bordo de los buques deberá ajustarse a lo prescrito en la Regla 18 del presente anexo. La cual explica que estará compuesto por mezclas de hidrocarburos derivados del refinado de petróleo, con la posibilidad de incorporar pequeñas cantidades de aditivos con objeto de mejorar algunos aspectos de rendimiento. El fueloil no contendrá ningún ácido inorgánico, ni ninguna sustancia añadida, ni desecho químico que sea perjudicial para el buque, los motores, el personal o el medio ambiente. No deberá tener un contenido de azufre superior al estipulado en la Regla 14, ni será causa de que el motor supere los límites de emisión de NOx estipulados en la regla 13, apartado 3) a). Lo mencionado no se aplicará al carbón en su forma sólida ni a los combustibles nucleares.

1.1.2. Aplicación, excepciones y exenciones

Por un lado, según prescriben las Reglas 5 y 6 del Anexo VI, los reconocimientos y certificados prescritos en el Anexo VI son aplicables a todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 y todas las torres de perforación y otras plataformas fijas o flotantes.

Por otro lado, como excepciones generales, según expone la Regla 3 del Anexo VI, las reglas del Anexo VI no se aplicarán a emisiones necesarias para proteger la seguridad del buque o salvar vidas en el mar, ni a las emisiones resultantes de averías sufridas por un buque o por su equipo, siempre que después de descubrirse la emisión se hayan tomado todas las precauciones razonables para reducir al mínimo tal emisión. Además, en el texto revisado de 2008, se añadió que se podría proceder a una excepción respecto a las disposiciones del anexo en los ensayos para la investigación de tecnologías de reducción y control de las emisiones de los buques, y en las emisiones procedentes de actividades relacionadas con recursos minerales del lecho marino. ((MEPC) C. d., 2008)

1.1.3. Reconocimientos y medios de control

Los buques a los que se les aplique el Anexo VI serán objeto de varios reconocimientos, expuestos en la Regla 5, con el fin de garantizar que el equipo, los

sistemas, los accesorios, las instalaciones y los materiales cumplen lo prescrito en el anexo. Entre ellos, los buques deben someterse a los siguientes reconocimientos que se especifican a continuación ((MEPC) C. d., 2008):

- Un reconocimiento inicial antes de que se expida por primera vez el Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica (Certificado IAPP).
- Tras el reconocimiento inicial, los reconocimientos periódicos o de renovación se realizarán a intervalos que no excedan de 5 años.
- En las enmiendas de 2008, se añade un reconocimiento anual al que deberán someter dentro de los 3 meses anteriores o posteriores a cada fecha de vencimiento anual del certificado.
- Además, como mínimo, era necesario un reconocimiento intermedio durante el período de validez de del certificado, pero en las enmiendas de 2008 se redefine y especifica el reconocimiento intermedio, el cual se debe realizar en los 3 meses anteriores o posteriores a la segunda o tercera fecha de vencimiento anual del certificado. Este reconocimiento sustituirá a uno de los reconocimientos anuales.
- Y después de la realización de reparaciones o renovaciones importantes, en el buque se debe efectuar un reconocimiento adicional, ya sea parcial o general según dicten las circunstancias, para que se garantice que las reparaciones o renovaciones necesarias se realizaron de modo seguro, que los materiales utilizados en tales reparaciones o renovaciones y su calidad son satisfactorios.

La Administración de la OMI confiará los reconocimientos a inspectores reconocidos. Cuando dichos inspectores dictaminen que el estado del equipo no corresponde correctamente con el certificado, se tomarán medidas correctivas e informará de ello a la Administración. En caso de que el buque no corrija las medidas oportunas, se procederá a la retirada del certificado.

Para la detección de transgresiones y el cumplimiento de las disposiciones, las Partes pertenecientes al Anexo VI cooperarán llevando a cabo cualquier medida apropiada de detección y vigilancia ambiental, ya puede ser del tipo vigilancia aérea para evaluar las columnas de humo y otras técnicas para identificar posibles infracciones (OMI, El límite mundial de contenido de azufre de 2020, 2019), los correctos

procedimientos de notificación y la recolección de pruebas. Todo buque al que se le aplique el presente anexo puede ser objeto de inspección en cualquier puerto o terminal de una Parte y en el caso de que la inspección indique que hubo transgresión del presente anexo, se enviará un informe a la Administración para que tome las medidas oportunas, en el que se le podrán facilitar pruebas, en el caso que las hubiese, de que un buque ha emitido alguna de las sustancias a las que se aplica el anexo, transgrediendo lo dispuesto en él.

Como medida de control, en todos los buques que se le aplique la regla 5 del Anexo VI se registrarán en una nota de entrega de combustible como mínimo la información especificada en el Apéndice V. Esta nota de entrega se conservará a bordo durante un periodo de 3 años a partir de la fecha de entrega del combustible a bordo, para posibles inspecciones. La nota de entrega de combustible ira acompañada de una muestra del fueloil entregado (como la que se muestra en *Ilustración 3*. Muestra de combustible de un buque), dicha muestra irá sellada y firmada por el proveedor y por el Capitán o el oficial encargado de la operación de toma de combustible y se conservará en el buque por un periodo no inferior a 1 año desde la fecha de entrega. ((MEPC) C. d., 2008).

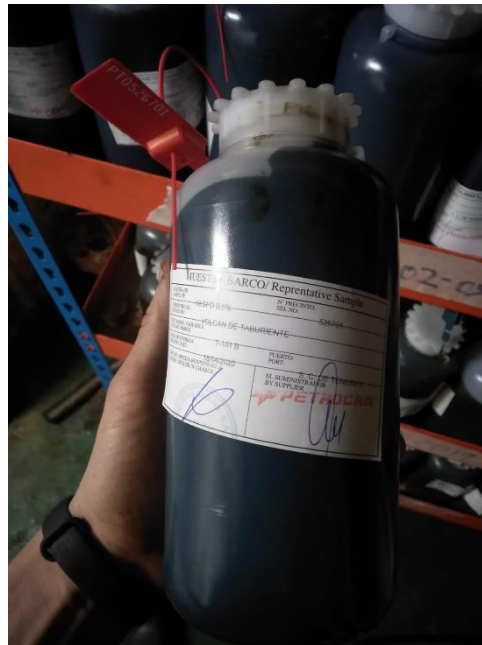


Ilustración 3. Muestra de combustible de un buque

Fuente: elaboración propia

1.1.4. Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica

Se realizará la expedición del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica (Certificado IAPP) de modo que garantice que el equipo, los sistemas, los accesorios, las instalaciones y los materiales cumplen plenamente las prescripciones aplicables del presente anexo. Dicho certificado se elaborará conforme al modelo que figura en el apéndice 1 del anexo VI.

El período de validez del presente certificado no excederá de 5 años a partir de la fecha de expedición y no se permitirá prórroga de dicho período. Sin embargo, como única excepción de prórroga del período de validez, en el supuesto de que el buque no se encuentre en un puerto del Estado cuyo pabellón tenga derecho a enarbolar. En este caso, la validez del certificado podrá ser prorrogada por un periodo que no exceda de 5 meses, con el fin de que el buque pueda completar su viaje y llegar a un Estado apto. El buque al que se le haya concedido tal prórroga no está autorizado, cuando llegue al mencionado Estado, a salir de ese puerto sin haber obtenido previamente su nuevo Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica.

Este certificado podrá perder su validez si no se han realizado las inspecciones y los reconocimientos especificados, si se efectúan reformas considerables del equipo, los sistemas, los accesorios, las instalaciones o los materiales a los cuales se aplica el presente anexo sin autorización expresa de la Administración o si un buque cambia su pabellón por el de otro Estado.

1.2. Restricciones y multas en el territorio español

Existen una serie de limitaciones más estricta sobre el contenido de azufre de los combustibles marinos para los buques que se encuentren en aguas españolas según el Real Decreto 61/2006. En ellas, para los buques que estén fondeados o atracados en cualquiera de los puertos del territorio nacional, en los que España ejerce soberanía y jurisdicción, se reduce el límite del contenido de azufre en el combustible hasta el 0.10% en masa. Como excepción, en los puertos canarios, el contenido máximo de azufre en los combustibles es de 0.50%. Estos límites no se aplicarán a aquellos buques que utilicen métodos equivalentes de limpieza de los gases de escape.

Se están llevando a cabo inspecciones a los buques en el territorio español y se estima que durante el año 2020 se realizarán más de 300 controles de muestras de combustibles. A la vista de esta nueva normativa, el despacho de abogados de derecho marítimo, derecho de los transportes, seguros y comercio internacional, San Simón & Duch, recuerda que para los casos en los que se excedan los límites establecidos se podrían recurrir a sanciones de hasta 120.000€. (San Simon & Duch, 2020).

2. Efectos de los óxidos de azufre en el medio ambiente y la salud humana

Los óxidos de azufre son un grupo de compuestos gaseosos en los que el más común que vamos a ver y tratar nosotros es el dióxido de azufre (SO₂). Se trata de un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante. La vida media de este compuesto en la atmósfera es de alrededor de 2 a 4 días, y prácticamente la mitad de estas emisiones vuelven a depositarse en la superficie, mientras que otros se transforman en iones de sulfato. Con el tiempo en contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre que es soluble en agua formando disolución ácida. (Contaminantes, s.f.)

2.1. Fuentes de emisión

Más de la mitad de las emisiones de óxidos de azufre que llegan a la atmósfera se producen por actividades humanas, la gran mayoría por la combustión de carbón, petróleo y por la industria metalúrgica. En la naturaleza lo podemos encontrar sobre todo en las proximidades de los volcanes, donde las erupciones de estos liberan grandes cantidades de óxidos de azufre. (Contaminantes, s.f.)

En el caso de los buques, el principal tipo de hidrocarburos usado como combustible es el fueloil pesado, derivado del residuo de la destilación del petróleo crudo. Dicho combustible, contiene cantidades de azufre que tras la combustión en los motores son liberados a la atmósfera juntos con el resto de las emisiones. Es por ello por lo que sean creado limitaciones de emisiones para los buques, con el fin de la mejora de la calidad del aire y el medio ambiente. (OMI, Azufre 2020: reduciendo las emisiones de óxidos de azufre)

2.2. Salud humana y medio ambiente

El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Este afecta sobre todo a la mucosidad y los pulmones probando ataques de tos. La exposición de concentraciones altas durante cortos períodos de tiempo puede provocar la irritación del tracto respiratorio, causar bronquitis, reacciones asmáticas, parada respiratoria, etc. (Contaminantes, s.f.)

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), la contaminación ambiental del aire, tanto en ciudades como en zonas rurales, fue causa de 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año, causando enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cáncer. Además, los óxidos de azufre en la atmósfera pueden producir lluvia ácida, que a su vez puede provocar daños en los cultivos, bosques y especies acuáticas además de contribuir a la acidificación de los océanos. Por ello, la OMI a establecido la nueva normativa de 2020, con la que al limitar la cantidad azufre se reducirá la cantidad de óxidos de azufre que liberan los buques, lo que debería de provocar grandes beneficios tanto para la salud como para el medio ambiente mundiales, en especial, para la población que vive cerca de puertos o costas. (OMS, 2018), (Contaminantes, s.f.)

3. Cómo cumplir la normativa IMO 2020

Los buques van a poder adaptarse a esta nueva normativa de diferentes formas. Las opciones para ellos pueden ser muy variadas, pero hay tres opciones que por el momento van a ser las más utilizadas por los armadores. Una de las opciones sería la utilización de los nuevos combustibles de bajo contenido en azufre. Por otro lado, se encuentra el Gas Natural, una opción que cada vez se está usando más ya que, sus emisiones de óxidos de azufre son prácticamente insignificantes. También, los buques pueden cumplir con la normativa llevando a cabo la instalación de las torres de lavado (scrubber), que limpian las emisiones que sean liberadas a la atmósfera.

3.1. Tipos de combustibles marinos convencionales

El combustible marino se origina realizando la mezcla en refinerías de hidrocarburos procedentes del refinado del petróleo, añadiendo sustancias aditivas para

mejorar sus cualidades y propiedades. Según la procedencia de este, puede ser Heavy Fuel Oil (HFO), Marine Gas Oil (MGO) o Marine Diésel Oil (MDO).

Existen dos tipos de combustibles:

- Combustible residual: residuo que se obtiene del refino del crudo en las refinerías. Este es un producto de mayor viscosidad que resulta después de extraer la gasolina, gasóleo, propano, aceites lubricantes, etc. Dicho combustible es de color negro, pastoso, olor desagradable, difícil de limpiar y es denominado Heavy Fuel Oil (HFO). Existen diferentes tipos, dependiendo de su viscosidad y contenido en azufre. Podemos distinguir:
 - HSFO (Heavy Sulphur Fuel Oil): con un contenido máximo de azufre del 3,5%.
 - LSFO (Low Sulphur Fuel Oil): con un contenido máximo de azufre de 1,5%.
 - ULSFO (Ultra Low Sulphur Fuel Oil): tiene un contenido máximo de azufre de 0,1%.
 - VLSFO (Very Low Sulphur Fuel Oil): tiene un contenido máximo de azufre de 0,5%.
 - Además, también existen fueles intermedios, que se obtienen de la mezcla del fuel con destilados (gásleo o diésel) de tal forma se obtienen los denominados IFO (Intermediate Fuel Oil).
- Combustible destilado: son aquellos llamados Marine Gas Oil (MGO) y Marine Diesel Oil (Marine Diesel Oil). El gasoil es más ligero y de mayor calidad, pero con un precio más elevado. Se trata de combustibles con un contenido de azufre muy bajos, por ejemplo, el caso del MGO, es utilizado en las zonas ECA (Áreas de Control de Emisiones) donde se exige un máximo de 0,1% de contenido de azufre.

3.2. Adaptación a la normativa mediante combustibles convencionales

Por el momento, se barajan tres principales posibilidades para cumplir la nueva normativa de la OMI (Organización Marítima Internacional).

La primera de ella sería utilizar un combustible bajo en azufre, con un contenido máximo de azufre de 0,5% en masa. Esta opción está siendo una de las más utilizadas ahora mismo, ya que no implica tener que hacer reformas en el buque y no conlleva un coste elevado, ya que simplemente es cambiar el combustible utilizado.

En este sentido es importante destaca que los combustibles HFO (Heavy Fuel Oil) no cumplen la nueva normativa de cantidad de azufre, al igual que las mezclas de este fuel pesado con combustibles más ligeros como gasóleo o diésel marino con las que se obtiene el IFO (Intermediate Fuel Oil), que tampoco cumplirán la nueva normativa, a excepción del ULSFO (Ultra Low Sulphur Fuel Oil) y el nuevo VLSFO (Very Low Sulphur Fuel Oil), que si cumple el límite de contenido en azufre , por lo tanto, para seguir utilizando el resto de tipos de HFO, los buques deberán instalar un scrubber (torre de lavado de gases) y así cumplirían la nueva normativa. Por ello, entran con mayor acción el nuevo combustible VLSFO (Very Low Sulphur Fuel Oil) y los ya usados MGO (Marine Gas Oil). VLSFO son los combustibles de nueva creación introducidos para el cumplimiento de esta nueva normativa ya que tienen un contenido máximo de azufre de 0,5% masa/masa, al igual que los combustibles MGO con un contenido máximo de azufre de 0,1%. Debido a la diferencia de precios entre uno y otro, la mayoría de los armadores están optando por el VLSFO, ya que tendrán costes más bajo, sin embargo, otros armadores han decidido seguir con el MGO ya que es un combustible más contrastado aun que tengan un mayor coste. Seguir utilizando el HFO, llevaría a los buques a tener que instalar un scrubber (torre de lavado de gases), lo que llevaría a una gran inversión de 1 a 3 millones de dólares para cumplir con la normativa.

Una de las preguntas que se está generando mucho, es si estos combustibles bajos en contenido de azufre son seguros para los buques. Según la OMI, todos los combustibles destinados para la combustión a bordo de los buques deben cumplir las normativas de calidad establecidas en el Anexo VI del Convenio MARPOL (regla 18.3).

Sin embargo, se está estudiando la identificación de posibles problemas de seguridad relacionados con estas mezclas de fueloil, debido a que si dichos combustibles no se administran de manera adecuada podrían producir problemas de compatibilidad y estabilidad. La norma ISO 8217 de la Organización Internacional de Normalización (ISO) es donde se especifican las prescripciones para los combustibles de motores diésel marinos y calderas.

3.3. Evolución del precio de los combustibles convencionales

La modificación de la normativa y la búsqueda de combustibles alternativos está produciendo cambios en la demanda y como consecuencia se están produciendo variaciones en los precios de estos combustibles. En las siguientes gráficas, se puede ver una evolución del precio de los combustibles desde la entrada en vigor de la normativa el 1 de enero de 2020.

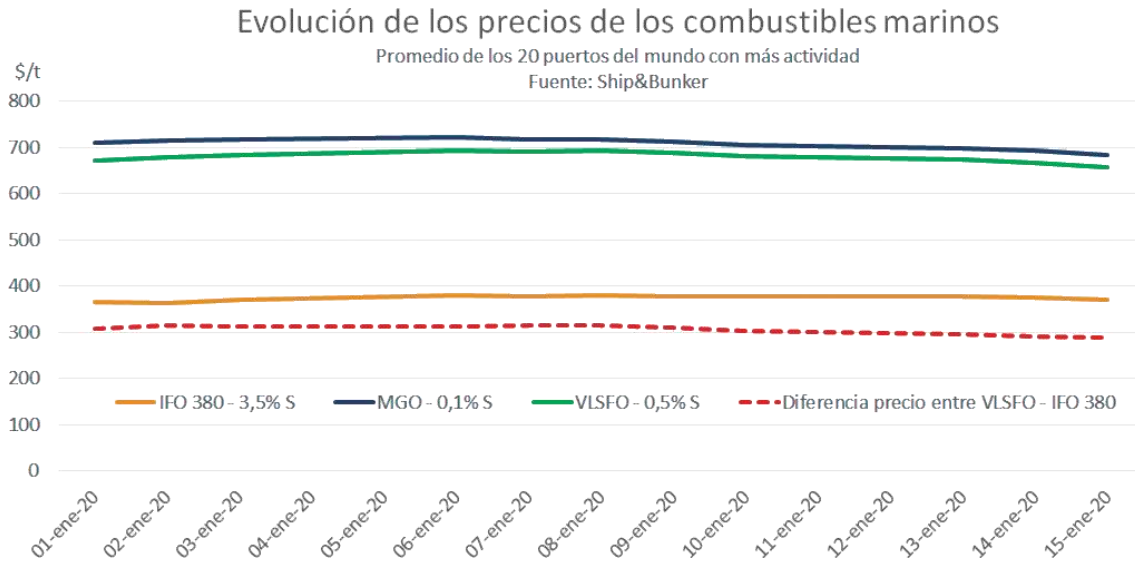


Ilustración 4. Evolución de los precios de los combustibles marinos

Fuente: Anave.es

Según los datos de la revista ANAVE obtenidos de la web especializada shipandbunker, el 15 de enero, el promedio de los 20 puertos con más actividad mundial

de suministro de combustible, el precio medio del IFO 380 con un 3,5% de contenido de azufre era de 370,5 \$/t y el de MGO con un 0,1% S, de 684,5 \$/t.

El VLSFO (0,5% S) se cotizaba a 658 \$/t, una diferencia 26,5 \$/t por debajo del MGO y 287,5 \$/t por encima del precio del HFO, un 78% de diferencia.

En dicha fecha, ya el diferencial de precio del IFO 380 y el VLISO se situó por debajo de los 300 \$/t y, entre el 8 y 15 de enero la reducción fue de un 8,4%. (ANAVE, Diferencial de precios de los combustibles marinos, 2020)

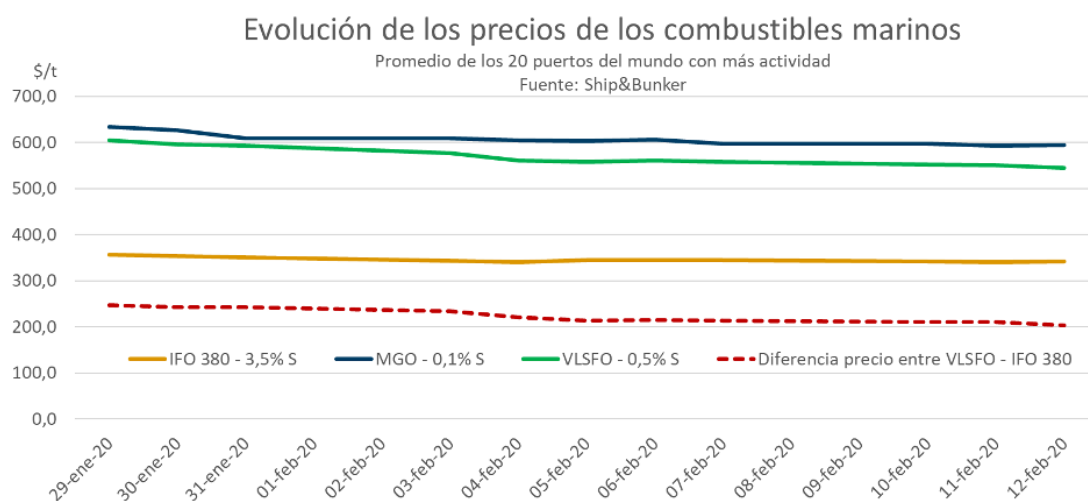


Ilustración 5. Evolución de los precios de los combustibles marinos

Fuente: Anave.es

Para estas fechas, el precio del combustible había variado, el del IFO 380 era de 341 \$/t y el del MGO 595,0 \$/t. El VLSFO se cotizaba a 544,5 \$/t, un diferencial de 50,5 \$/t por debajo del MGO y de 203 \$/t (un 59%) por encima del HFO. (ANAVE, Diferencial de precios de los combustibles marinos, 2020)

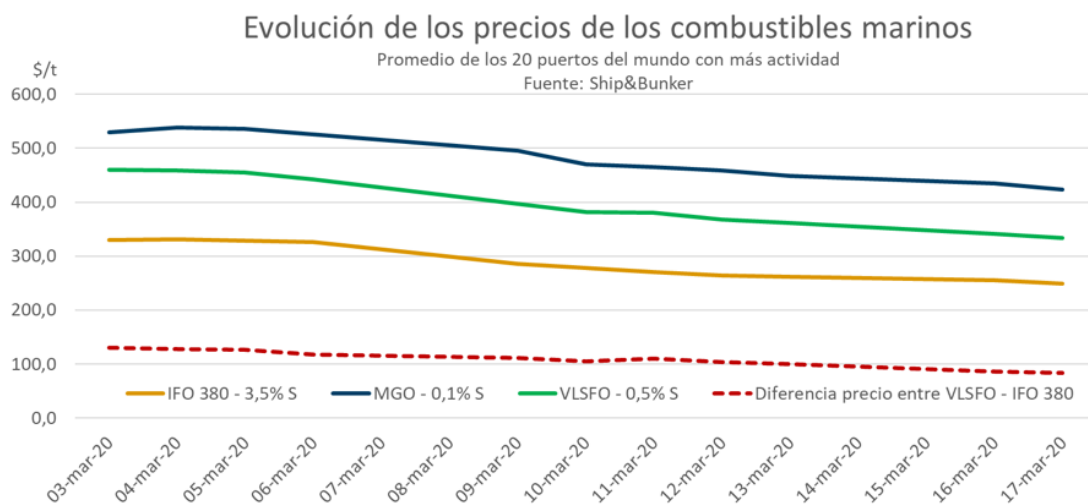


Ilustración 6. Evolución de los precios de los combustibles marinos

Fuente: Anave.es

Durante esta semana, el precio del crudo continuó cayendo como consecuencia de la reducción de demanda del crudo, producida por la pandemia de coronavirus, y la decisión de Arabia Saudí de elevar la producción. El 17 de marzo, el crudo marcaba un valor de 28,73 \$/barril, un 22,8% menos que una semana antes y, por debajo de los 30\$/barril por primera vez desde 2004.

Esta situación ha provocado que los precios de todos los combustibles marinos desciendan de nuevo hasta niveles de 2016. Según los últimos datos publicados por la revista ANAVE obtenidos de la web especializada shipandbunker, el 17 de marzo, el promedio de los 20 puertos con más actividad de suministro de combustible, el precio del IFO 380 era de 249,5 \$/t, el del MGO 423,0 \$/t y el VLSFO se cotizaba a 333,5 \$/t, un diferencial de 84,0 \$/t por debajo del MGO y de 89,5 \$/t con el IFO 380, el más bajo registrado hasta la fecha. (ANAVE, El precio de los combustibles marinos se reduce hasta niveles alcanzados en 2016, 2020)

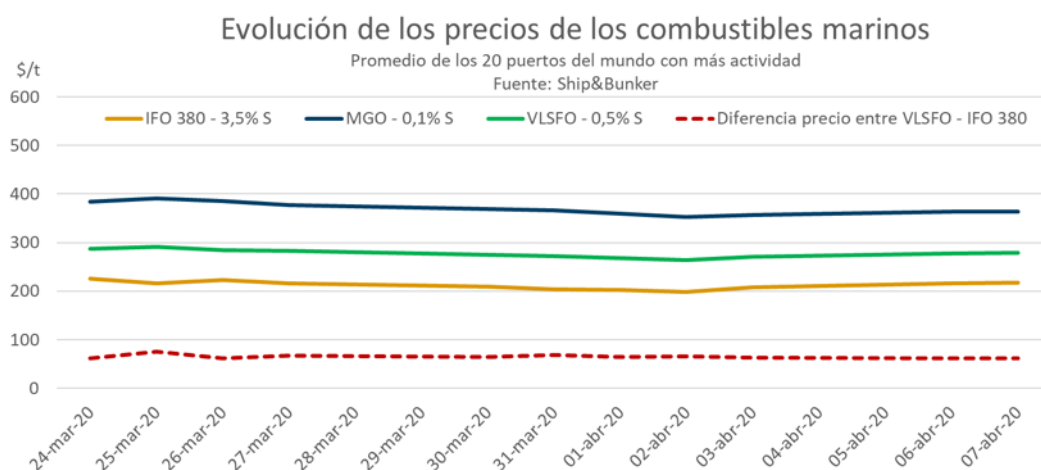


Ilustración 7. Evolución de los precios de los combustibles marinos

Fuente: Anave.es

Durante estos días, los datos publicados por la revista ANAVE obtenidos de la web especializada shipandbunker, el 7 de abril, en el promedio de los 20 puertos con más actividad mundial de suministro de combustible el precio del IFO 380 era de 217,5 \$/t, lo que supone un 9,8% superior al mercado el 2 de abril, día en el que alcanzó el mínimo de este año. El MGO cotizaba a 363,0 \$/t un 3,1% más alto y el VLSFO a 279,0 \$/t , un aumento del 5,9%.

La capacidad de recuperación de los diferentes combustibles ha llevado a la disminución de los diferentes precios que el 7 de abril eran de 84,0 \$/t entre el MGO y el VLSFO y de 61,5 \$/t entre este último y el IFO 380.

Durante esta semana, el precio del crudo continuó mostrando altibajos, pero ya por encima de la barrera de los 30 \$/barril, marcando el 7 de abril 31,87 \$/barril. El 9 de abril, los países de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) se reunirán virtualmente para acordar un recorte de producción tras la fuerte caída de la demanda provocada por la pandemia de coronavirus, lo que se espera que pueda conducir a nuevos aumentos de los precios. (ANAVE, Los precios de los combustibles aumentan ligeramente, pero los diferenciales se siguen reduciendo, 2020)

Los 20 puertos mundiales con más actividad de suministro de combustible: Busan, Colobo, Durban, Fujairah, Gibraltar, Hong Kong, Houston, Estambul, LA / Long Beach,

Las Palmas, Mumbai, Nueva York, Panamá, Pireo, Rotterdam, Santos, Shanghai, Singapur, San Petersburgo, Tokio.

3.4. Adaptación a la normativa mediante Gas Natural Licuado

Otra de las opciones para cumplir la normativa es el fuel con bajo o cero contenidos en azufre como puede ser el gas licuado (GNL). El gas natural es un combustible fósil que se encuentra en reservas subterráneas y es producido en plantas especializadas de gas o en paralelo con la producción de combustibles derivados del petróleo. Las reservas de gas en el mundo son mayores que las de petróleo y se van encontrando nuevas continuamente, por lo que, la situación mundial del gas natural respecto del petróleo está mejor en cuanto a términos de reservas-producción. Los principales productores de gas natural son Rusia, Irán y Qatar. Este, puede ser licuado (GNL) o comprimido (GNC), pero este último no muestra demasiado interés en cuando a su distribución y transporte. El GNL tiene ventajas medioambientales muy claras, como pueden ser que no contiene azufre y sus emisiones son menores, emite un 25% menos de CO₂, un 80% menos de NO_x y prácticamente ninguna cantidad de Sox. Además de esto, ocupa 600 veces un menor espacio que el gas natural en su estado gaseoso, además de ofrecer mayor autonomía (800 – 1500 km) que los combustibles convencionales. Este combustible GNL, es gas convertido en estado líquido mediante un proceso de enfriamiento a -160°, con lo que se consigue reducir su volumen y así hacer su transporte más eficaz, además de ser inoloro, incoloro y no es tóxico, aunque es un inconveniente su temperatura de almacenamiento ya que es muy baja y complica su almacenamiento y manipulación por razones de seguridad. Está siendo una de las opciones más prometedoras a largo plazo, ya que como se comentó anteriormente, no genera emisiones de óxidos de azufre (Sox), ni partículas (PM) además, reduce las emisiones de CO₂ en un 20% y emite un 90% menos de óxido de nitrógeno (NO_x). Esto conlleva a que cumpla con las restricciones de la nueva normativa, por lo que es una apuesta prometedora. Si bien este combustible es más barato, conlleva realizar una remotorización del buque, lo que conlleva una gran inversión de aproximadamente 5 a 10 millones de dólares, pero a largo plazo será una inversión buena ya que es uno de los combustibles con mejor posición a largo plazo. Es cierto que como combustible es mucho más ligero que el gasóleo o fueloil pesado. Sin embargo, una tonelada de GNL proporciona un 12% más de

energía que una de fueloil, pero ha de tenerse en cuenta que el GNL ocupa un volumen mayor. Es por ello, que los espacios reservados para los tanques de almacenamiento de GNL en los buques necesitarán 2,5 a 3 veces mayor espacio que los fueles convencionales.

“En 2002, el suministro de gas natural licuado representaba el 7% mientras que en 2015 ascendió al 16%. Según la Agencia Internacional de la Energía la demanda incrementará un 1,4% cada año hasta 2025”. (Sans, 2019)

Bunkering, es el término designado para referirnos al abastecimiento y repostaje de buques. Cuando se habla del gas natural, es importante tener en cuenta que para suministrar este combustible es necesario contar con una infraestructura de aprovisionamiento. Por el momento es incipiente, pero según las estimaciones, se prevé que en 2035 el 22% del consumo total de bunkering ya sea de gas natural licuado.

En la actualidad, existen cuatro formas de realizar bunkering de GNL:

Desde otro barco (Ship to Ship o STS)

Desde un punto de almacenamiento fijo en tierra (Terminal to Ship o PTS)

Desde un camión cisterna (Truck to Ship o TTS)

Por intercambio de contenedores criogénicos móviles.

La opción a escoger se realiza en función de las siguientes variables: el volumen a repostar, las condiciones del repostaje, la tipología del buque, las rutas o los tiempos de atraque.

Bunkering, tabla comparativa de modalidades				
	BARCO (STS)	ALMACENAMIENTO FIJO EN TIERRA (PTS)	CAMIÓN (TTS)	INTERCAMBIOS DE CONTENEDORES
FLEXIBILIDAD	Siempre que las condiciones del mar lo permitan. Facilidad para realizar operaciones simultáneas carga y bunker	Es una instalación fija. Necesita espacio en los puertos y una corta distancia entre el almacenamiento de GNL y el barco a suministrar	Es la forma más flexible. Puede suministrar independientemente de las condiciones del mar. Mayor complejidad en las operaciones simultáneas carga y bunker	Se instalan en la cubierta de los barcos, sustituyendo los vacíos por los llenos mediante una grúa
VOLUMEN Y RATIOS	Altos. Entre 200 y 15.000 m ³ por toma. Operación rápida	Altos. Desde 300 a más de 15.000 m ³ por toma dependiendo de la capacidad de la planta GNL	Solo adecuado para volúmenes hasta 200 / 400 m ³ de carga. Tiempo de operación más largo	El volumen de GNL proporcionado oscila entre los 40 y 120 m ³ , según el número de isocontenedores
TIPO DE BARCO	Versátil. Todo tipo de barcos y de todos los tamaños	Versátil. Todo tipo de barcos y de todos los tamaños	Solución adecuada para ferris, barcos pequeños en rutas cortas, remolcadores y pesqueros	Solución adecuada para ferris y barcos pequeños en distancias muy cortas

Ilustración 8. Tabla comparativa de bunkering

Fuente: Lavanguardia.com

España, pretende liderar el proceso del GNL, ya que actualmente se posiciona como la tercera potencia mundial de este combustible, por detrás de Corea y China. En Europa, es líder en capacidad de almacenamiento y capacidad de regasificación, con un 40% y un 32%, además de, líder mundial en conocimiento y uso de tecnología del GNL. (Lavanguardia)

En el caso del puerto de Barcelona, es uno de los que está apostando por el gas natural como uno de los ejes centrales del Plan de Mejora de la Calidad del Aire del Puerto. Ven en la gasificación de la movilidad no simplemente una solución para el medioambiente sino una oportunidad. Su objetivo, es posicionar el puerto en las grandes rutas que utilicen GNL gracias a la capacidad que tiene de proveer este combustible a través de su planta de regasificación. (Ports, 2019) (Tenerife, 2019) También, el puerto de Santa Cruz de Tenerife ha hecho un gran avance adaptándose y proporcionando este tipo de combustible a los buques. A principios de 2019, realizó su primer bunkering de GNL al buque AIDAnova, buque que hizo historia al ser el primer crucero propulsado únicamente por GNL. Además, a finales de año, dicho puerto después del de Barcelona y Vigo, se ha convertido en el tercer puerto del país en suministrar energía eléctrica a un

buque desde el muelle mediante el uso de un motor de gas natural, un proyecto además pionero en Europa. Dicha iniciativa, enmarcada en el proyecto CORE LNGas hive, es desarrollada como ya se ha comentado en los de puertos de Barcelona (líder de la actividad), y Vigo, socio conjunto con el de S/C de Tenerife. Gracias a este proyecto, el funcionamiento de este motor a gas permite sustituir al de los motores auxiliares de los buques en sus estancias en puerto, lo que conlleva un tráfico más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Balearia, es una de las navieras española que más está apostando por este combustible, con dos nuevos buques que navegarán con este combustible, y ha hecho una gran inversión para la remotorización de cinco de sus barcos, con lo que reducirán sus emisiones. Además, la naviera ha probado un innovador método de bunkering, llamado Multi Truck To Ship (MTTS), se trata del suministro simultáneo de tres cisternas, gracias al desarrollo de innovaciones que evitan la pérdida de caudal y elevando la velocidad de suministro, utilizando un colector que une las tres cisternas y una bomba criogénica. (Balearia, 2019)

3.4.1 Posibles inconvenientes del GNL

Según el estudio "LNG as a marine fuel in the EU" realizado por la University Maritime Advisory Services (UMAS), la Unión Europea debería pensar en otra formulas a largo plazo para reducir las emisiones, ya que si se pretende reducir en un 80% las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) para el 2050, con el uso de GNL no lo conseguirá ya que las emisiones de GNL también contaminan y según dicho estudio solo producirá unas mínimas reducciones de emisiones de CO₂ de entre un 6% a un 10%. Por otro lado, es cierto que el GNL no tiene emisiones de Sox y reduce las emisiones de NO_x en un 90% en comparación con otros combustibles. Sin embargo, hay que tener en cuenta el escape de metano (methane slip), debido a que este puede afectar al clima en mayor medida que el CO₂. Según el estudio, el fenómeno de "deslizamiento de metano" cuando el GNL no quemado escapa a la atmósfera, echaría atrás todas las teorías que quieren sustituir los combustibles convencionales por el gas para reducir las emisiones. Sin olvidar, que los buques de GNL son mucho más caros de construir y mantener debido a sus requisitos de seguridad además de, el equipo de almacenamiento de combustible y los motores que son más caros. (energía, 2018)

3.5. Adaptación a la normativa mediante Torres de lavado de gases de escapes (Scrubber)

Las torres de scrubber, también conocidas como lavadoras de gases, son sistemas de depuración para las emisiones de gases a la atmósfera. Gracias a esta tecnología, los buques pueden despojarse de gran parte de los gases nocivos para la atmósfera, como el azufre. El scrubber, tiene un diseño de forma de depósito cilíndrico, que captura los gases y mediante un líquido neutraliza los componentes contaminantes. Dicho líquido, puede ser agua, un reactivo químico o la mezcla de ambos, dependiendo del contaminante que se vaya a tratar. En el caso del nitrógeno puede ser absorbido por un medio ácido, mientras los derivados del azufre en medio alcalino u oxidante. Ciertos contaminantes son muy solubles en el agua, y no necesitan un reactivo químico para ser lavados.

El resultado del contacto del líquido con el gas siempre va a ser el mismo. La separación de las moléculas contaminantes. Con este proceso, se obtendrá un gas limpio, sin toxicidad y donde las emisiones perjudican mucho menos a la atmósfera. Por todo esto, muchos armadores ya están optando por esta opción para cumplir con la nueva normativa de emisiones de la OMI, ya que mediante esta opción obtendrán un gas libre de azufre.

Dicho sistema de limpieza de gases se diferencia en dos grupos:

- Sistema húmedo: circuito abierto, circuito cerrado o circuito híbrido.
- Sistema seco

3.5.1. Scrubber de tipo seco

En la actualidad, los sistemas que hay instalados y se instalan en los buques suelen ser de tipo húmedo. Sin embargo, cabe la posibilidad de instalar uno de tipo seco ya que últimamente se están desarrollando para el sector marino. Dichos sistemas pueden llegar a reducir en un 99% las emisiones de Sox.

En cuanto a las ventajas de este tipo de sistema pueden ser:

Mínimo consumo energético.

Eliminación tanto de gases NO_x como de SO_x con un único sistema de limpieza de gases de escape, cumpliendo así con la normativa sin tener que instalar otro tipo de dispositivo para la eliminación de los gases NO_x.

La forma granulada del material utilizado para la reacción es más fácilmente manejable y reciclable.

Con este sistema, no se transmiten contaminantes al mar durante el uso, ya que las sustancias nocivas que se recogen después del lavado de los gases son recogidas en un tanque y descargadas en el puerto para un mejor tratado. (Sin, 2014)

3.5.2. Scrubber de tipo abierto

En este sistema, el cual el agua a utilizar para el tratado de los gases se coge desde el mar, luego es tratado y se descarga de vuelta al mar. Se requiere, que los gases de escape sean mezclados completamente con el agua salada para disolver los óxidos de azufre. El agua de lavado del scrubber después es tratada en la entrada y salida para asegurar que cumple con los criterios de descarga al mar del MEPC. 184 (59), para no provocar efectos dañinos en el medio marino. (Sin, 2014)

3.5.3. Scrubber de tipo cerrado

El sistema de tipo cerrado es el cual se utiliza agua dulce tratada con un químico Alcalino para neutralizar y eliminar el SO_x. Dicha agua de lavado se hace recircular y en caso de pérdida de caudal se añade agua dulce adicional. Una parte del agua utilizada para el lavado es purgada hacia la planta de tratamiento para ser descargada al mar. Dichas descargas, mientras se navega o se está fondeado, deben ser almacenadas en un tanque hasta su descarga programada en puerto. (Sin, 2014)

3.5.4. Scrubber de tipo híbrido

Se trata de un sistema flexible que trabaja tanto en sistema cerrado como en sistema abierto utilizando agua de mar para la limpieza de los SO_x. Cuando se trabaje con el sistema abierto, se mezcla el agua de mar con los gases de escape tal como se ha explicado con anterioridad, a diferencia de cuando se trabaje con el sistema cerrado, donde será necesario un producto alcalino. (Sin, 2014)

3.5.5. Posibles inconvenientes del Scrubber

En cuanto a los peligros de la implantación de los scrubber, es importante mencionar que existen riesgos. El más evidente es el económico, ya que ha de hacerse una gran inversión, y que se agrava con la incertidumbre de futuras regulaciones. También, es posible que el combustible HFO no tenga un precio más barato con la entrada del combustible bajo en azufre, debido a que la demanda del HFO siga siendo alta debido a que muchos armadores opten por las torres de scrubber. Otro aspecto, bastante importante a tener en cuenta, es que, si se opta por esta opción, las rutas comerciales pueden verse afectadas, ya que los buques deben ser parados durante un periodo largo, de hasta unas seis semanas, lo que puede llegar a impactar a la capacidad del transporte.

En 2020 el 90% de los buques utilizarán el nuevo combustible VLSFO, mientras que el 10% restante, en primer lugar, utilizarán los scrubbers y el resto se decantan por el uso del GNL. A simple vista, la primera de estas opciones parece más económica ya que no hay que realizar cambios en el buque, pero esto puede no ser así, ya que la cantidad de este tipo de combustible es más baja, y debido a la gran demanda que habrá, el precio sufrirá un incremento considerable, por lo que, realizando una inversión mayor al principio, supondrá un mayor beneficio a largo plazo. Es por ello, que la opción del GNL a largo plazo parece la opción más económica ya que su precio es barato, y la gran inversión que se hace es para un largo periodo de tiempo, ya que se trata de uno de los combustibles del futuro.

4. Plan para la implantación uniforme del límite de contenido de azufre del 0,50% en virtud del Anexo VI del Convenio MARPOL

El plan de implantación para 2020 podría abarcar diferentes elementos para cada buque en concreto, entre los que se encuentran los siguientes:

1. El plan de evaluación y mitigación de riesgos (repercusión de los nuevos combustibles);

2. Las modificaciones del sistema de fueloil y limpieza de los tanques (si fuera necesario);
3. La capacidad de fueloil y la capacidad de segregación;
4. La adquisición de combustible reglamentario;
5. El plan de cambio de fueloil (de fueloil residual convencional a fueloil reglamentario con un contenido de azufre del 0,50%); y
6. La documentación y presentación de informes.

A continuación, se expondrá el ejemplo indicativo del plan de implantación para el cumplimiento del límite de contenido de azufre publicado por la OMI (Organización Marítima Internacional).

APÉNDICE 1

EJEMPLO INDICATIVO DEL PLAN DE IMPLANTACIÓN EN EL BUQUE PARA LOGRAR EL CUMPLIMIENTO DEL LÍMITE DE CONTENIDO DE AZUFRE DEL 0,50 % QUE ENTRA EN VIGOR EL 1 DE ENERO DE 2020 UTILIZANDO ÚNICAMENTE FUELOIL REGLAMENTARIO

Pormenores del buque

1. Nombre del buque:
2. Número o letras distintivos:
3. Número IMO:

Planificación y preparación (antes del 1 de enero de 2020)

1 Evaluación de riesgos y plan de mitigación

- 1.1 Evaluación de riesgos (repercusiones de los nuevos combustibles): SÍ/NO
- 1.2 Vinculado al sistema de gestión de la seguridad de a bordo: SÍ/NO

2 Modificaciones del sistema de fueloil y limpieza de los tanques (si es necesario)

- 2.1 Programa de reuniones con los fabricantes y/o las sociedades de clasificación:

- 2.2 Modificaciones estructurales (instalación de sistemas de alimentación de fueloil/tanques) requeridas: SÍ/NO/NO SE APLICA

Si la respuesta es "SÍ", entonces:

- 2.2.1 Sistema de almacenamiento de fueloil:

Descripción de la modificación:

Pormenores de la reserva en el astillero (según proceda), programas de trabajo, etc.:

Fecha estimada de ultimación de la modificación:

2.2.2 Sistemas de trasvase, filtrado y alimentación de combustible:

Descripción de la modificación:

Pormenores de la reserva en el astillero (según proceda), programas de trabajo, etc.:

Fecha estimada de ultimación de la modificación:

2.2.3 Equipo de combustión:

Descripción de la modificación:

Pormenores de la reserva en el astillero (según proceda), programas de trabajo, etc.:

Fecha estimada de ultimación de la modificación:

2.3 Se requiere limpieza de tanques: SÍ/NO/NO SE APLICA

Si la respuesta es "SÍ", entonces:

Pormenores del programa de limpieza (incluida la reserva en el astillero, programas de trabajo, etc., si procede):

Fecha estimada de ultimación de la limpieza:

3 Capacidad de fueloil y capacidad de segregación:

Después de cualquier modificación necesaria, como se indica en la sección 2:

- 3.1 Número previsto de tanques de combustible líquido destinados a almacenar fueloil que cumple el límite de contenido de azufre del 0,50 %:
- 3.2 Capacidad total prevista de almacenamiento (m³) de fueloil que cumple el límite de contenido de azufre del 0,50 %:
- 3.3 Número previsto de tanques de combustible líquido destinados a almacenar fueloil que cumple el límite del contenido de azufre del 0,10 %:
- 3.4 Capacidad total prevista de almacenamiento (m³) de fueloil que cumple el límite de contenido de azufre del 0,10 %:
- 3.5 Contenido total aproximado de fueloil (m³) en los sistemas de trasvase, purificación y alimentación de fueloil:

4 Adquisición de fueloil reglamentario

- 4.1 Pormenores del procedimiento de adquisición de combustible a fin de obtener combustibles reglamentarios, incluidos los procedimientos en los casos en los que no se disponga fácilmente de fueloil reglamentario:

- 4.2 Fecha estimada de toma de fueloil reglamentario a más tardar a las 24:00 h del 31 de diciembre de 2019:
- 4.3 Si quien suministró el combustible es el fletador, ¿existe la intención de aceptar contratos de fletamento que no tengan una obligación específica de proporcionar fueloil reglamentario después del 1 de junio de 2019 u otra fecha que se determine?: SÍ/NO

Si la respuesta es "SÍ", entonces:

Pormenores de las medidas alternativas adoptadas para garantizar que el fletador suministra oportunamente fueloil reglamentario:

- 4.4 ¿Confirma el proveedor o proveedores de combustible líquido que van a proporcionar fueloil reglamentario en la fecha estipulada?: SÍ/NO

Si la respuesta es "NO", entonces:

Pormenores de las medidas alternativas adoptadas para garantizar la disponibilidad de fueloil reglamentario de manera oportuna:

- 4.5 Pormenores de las medidas (si hay medidas previstas) para descargar cualquier fueloil no reglamentario restante:

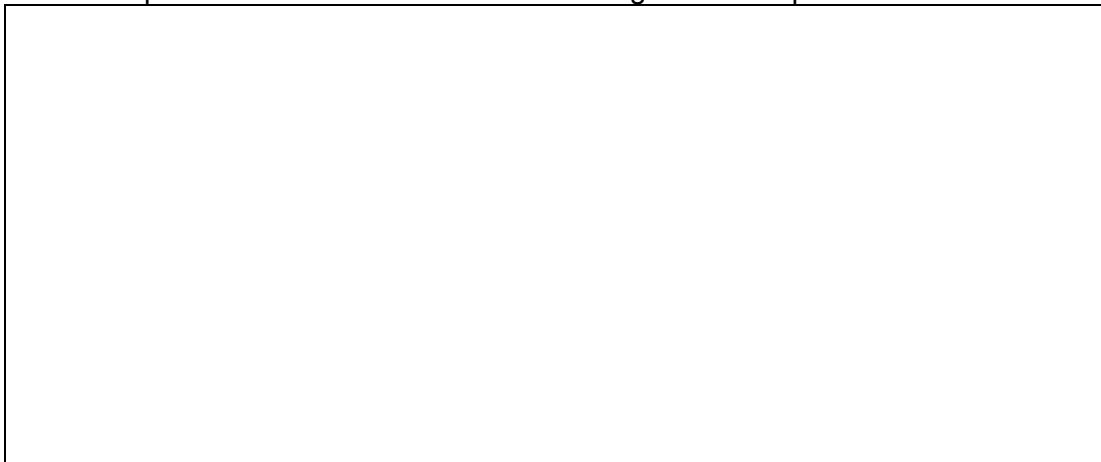
5 Plan de cambio de fueloil

- 5.1 Examinar si se debe hacer disponible un plan de cambio de combustible específico para el buque. Este plan debería incluir medidas para descargar o consumir todo fueloil no reglamentario restante. El plan también debería demostrar que el buque tiene la intención de garantizar que todas sus unidades de combustión estarán consumiendo fueloil reglamentario a más tardar el 1 de enero de 2020.
- 5.2 De conformidad con el plan de cambio de combustible específico del buque, el periodo máximo necesario para el cambio del sistema de fueloil del buque para pasar a consumir fueloil reglamentario en todas las unidades de combustión:
- 5.3 Fecha prevista y hora aproximada de ultimación del procedimiento de cambio mencionado anteriormente:
- 5.4 Debería considerarse la posibilidad de que el procedimiento de cambio de combustible lo lleven a cabo oficiales y tripulantes debidamente formados y familiarizados con el sistema de alimentación de combustible y los procedimientos de cambio de combustible. Si esto no puede confirmarse, examinar si se dispone de suficiente tiempo para la familiarización y la formación específicas del buque para los nuevos oficiales y la tripulación.

6 Documentación y notificación

- 6.1 Si hay modificaciones previstas según lo dispuesto en la sección 2, deberían actualizarse en consecuencia los documentos conexos, entre ellos, los planes de gestión de los tanques de fueloil de a bordo y los cuadernillos de estabilidad y asiento.
- 6.2 El plan de implantación debería llevarse a bordo y actualizarse según proceda.

- 6.3 Si, al seguir el plan de implantación, el buque tiene que tomar combustible y consumir fueloil no reglamentario debido a la falta de disponibilidad de fueloil reglamentario seguro para su consumo a bordo, las medidas para limitar las repercusiones de consumir fueloil no reglamentario podrían ser:



- 6.4 El buque debería disponer de un procedimiento para la notificación de falta de disponibilidad de fueloil (FONAR). El capitán y el jefe de máquinas deberían estar familiarizados con cuándo y cómo debería utilizarse el FONAR y a quién debería informarse.

5. Proyectos de combustibles del futuro

Como alternativa, existen diferentes proyectos de futuro, en los que se contempla el uso de amoníaco, biodiésel, hidrógeno y biometanol como combustibles del futuro.

Es el caso por ejemplo de Wärtsilä, que ha realizado prueba de combustión con amoníaco para evaluar su potencial como combustible marino para un futuro próximo. En esta primera prueba se llevó a cabo la inyección de amoníaco en una unidad de investigación para obtener resultados de sus propiedades. Según Kaj Portin, responsable de combustibles de Wärtsilä Marine (Lorenzo, 2020), ``las primeras pruebas han arrojado resultados prometedores, por lo que se van a continuar optimizando los parámetros de combustión``.

En 2022, se espera que ya se lleven a cabo ensayos reales junto con la colaboración de armadores y otros posibles clientes. Además, se están desarrollando sistemas de almacenamiento y suministro de amoníaco para las pilas de combustible que se tienen previsto instalar en buque ``Viking Energy``, que se encuentra dentro de un proyecto de la Unión Europea, y que estará operativo en 2023. (Lorenzo, 2020)

También, se realizan investigaciones de futuro con otros combustibles alternativos como pueden ser el metano sintético, el hidrógeno o el metanol, con el fin de que haya una mayor flexibilidad entre motores y suministro de combustible.

Según un estudio realizado en conjunto por el grupo Maerks y la sociedad de clasificación Lloyd's Register, el alcohol, el biometano y el amoníaco son las mejores apuestas como combustibles del futuro con cero emisiones en el transporte marítimo.

También, es posible el uso del hidrógeno en pilas de combustibles. Esto ha llamado mucho la atención del sector, pero dicho estudio considera poco probable que estas pilas sean una solución y vayan a jugar un papel importante a corto plazo en la descarbonización del transporte marítimo. Basándose en proyecciones del mercado, dicho estudio ha llegado a la conclusión de que el biometano, el alcohol y el amoníaco son los mejor posicionados para su investigación y desarrollo como combustibles con cero emisiones de carbono a partir de 2030. El coste será similar entre ellos, pero cada opción deberá afrontar diferentes obstáculos a lo largo de su desarrollo.

Según el jefe de operaciones de Maerks, Soren Toft (ANAVE, Combustibles con cero emisiones: alcohol, biometano y amoníaco, 2019), ``todavía es temprano para descartar cualquier opción por completo, pero en Maerks están seguros de que estos tres son los puntos de salida correctos''. Además, añadió que ``dedicaremos el 80% de nuestro esfuerzo en esta hipótesis de trabajo y mantendremos el 20% restante para buscar otras opciones''.

Los alcoholes, como el metanol o etanol tienen varias vías de producción. Podemos obtener directamente de biomasa o mediante combinación de hidrógeno renovable con carbono. Aunque ya el metanol se utiliza como combustible en una docena de buques, según el estudio el camino para soluciones basadas en el alcohol está aún por definir. El biometano, tiene la ventaja de una transición suave, gracias a la tecnología ya probada y una infraestructura creciente, pero según el estudio, tiene el problema de pérdidas methane slip (escapes de metano).

Durante este último año, el amoníaco ha estado en el centro de todas las apuestas ya que se puede producir a partir de energías renovables. Sin embargo, como combustible marino tiene un problema, su alta toxicidad, ya que implica un riesgo importante para tripulación y medioambiente. Por lo que, la transición será un gran desafío para el amoníaco.

Al igual que ha ocurrido con el GNL y su promoción como combustible marino a nivel mundial, no se trata solamente de los buques, la mayor dificultad para estos está en las infraestructuras en tierra para su suministro. Según Toft (ANAVE, Combustibles con cero emisiones: alcohol, biometano y amoníaco, 2019), las innovaciones tecnológicas a bordo de los buques implican dificultades menores en comparación con las numerosas soluciones de infraestructura que se deben desarrollar para producir y distribuir estas fuentes de energía sostenibles a escala global. Dicho estudio, establece que como fecha para el desafío tener un buque operativo, neutro en carbono y comercialmente viable en servicio dentro de 11 años. (ANAVE, Combustibles con cero emisiones: alcohol, biometano y amoníaco, 2019)

6. Conclusión

Frente a la reciente incorporación de la normativa IMO 2020 presentada en este trabajo, se ha expuesto las diferentes opciones disponibles en el mercado que permiten a las empresas navieras adaptarse a los nuevos límites.

A modo de conclusión, se expone el caso particular del Ferry Volcán de Taburiente, un buque convencional de bandera española perteneciente a la compañía canaria Naviera Armas que fue construido en el año 2006 y se encarga del transporte de carga rodada y de pasaje (RO-PAX), generalmente en las islas occidentales del archipiélago canario.

Hasta finales del año 2019, el buque era suministrado de IFO 380, que es una mezcla de combustibles destilados y residuales, que generan un combustible intermedio bastante económico. Esta mezcla se realiza para conseguir un combustible que se adapte mejor a las necesidades de manipulación y bombeo para una correcta operación de los distintos equipos de combustión.

En la actualidad, puesto que el IFO 380 tiene un valor del contenido de azufre que ronda el 3,50% en masa y el nuevo límite permite un contenido de azufre de hasta 0.50%, la naviera ha tenido que optar por una nueva propuesta para adaptarse a la norma.

Tras el conocimiento de la implantación de la norma, se propusieron dos opciones; la primera fue optar por cambiar el combustible por otro con un contenido de azufre reglamentario y la segunda, instalar nuevos equipos de limpieza de los gases de escape.

Al analizar estas opciones se optó por realizar el cambio de combustible, de IFO 380 por fueloil con muy bajo contenido de azufre (VLSFO), con el punto a favor de que los motores y los equipos auxiliares que trabajaban con IFO 380 se podrían adaptar perfectamente sin ninguna complicación al VLSFO.

Actualmente, en el caso de posibles inspecciones según la normativa, a bordo del buque se dispone los siguientes elementos:

- Los libros de registro: el diario de navegación, el cuaderno de bitácora y el cuaderno de máquinas, en los que se deben anotar los consumos que realiza el buque;

- las notas de entrega archivadas correctamente en las que se indican la fecha, el puerto, los datos del proveedor, del buque y del fueloil, y
- las muestras de entrega de combustible bien cerrada, precintada y etiquetada correctamente con la siguiente información: tipo de combustible, nombre del buque, código representativo de la gabarra o el tanque del proveedor, fecha y lugar de entrega y el número del precinto.

Finalmente, la elección de adoptar por un cambio de combustible parece ser la favorita por las empresas del sector. Además, algunas como, Balearia sirven de ejemplo tras incorporar recientemente el primer ferry propulsado por gas natural licuado (GNL). Parece que, en cuestión de pocos años, más navieras se decantarán definitivamente por la adaptación de los buques para el cambio de combustible a GNL, un combustible más limpio, lo que tendrá un impacto inmediato en la mejora de la calidad del aire y en la reducción del cambio climático. Sin embargo, la utilización de sistemas de limpieza de los gases de escape será más utilizada por los buques de tipo tanques, petroleros y quimiqueros, por el simple hecho de ya llevar instalada una torre de lavado de los gases de escape para su utilización en la obtención de gas inerte para sus tanques. En cambio, para los buques que no tengan estos sistemas ya acoplados, el hecho de que una implantación de los equipos de limpieza de los gases de escape en los buques sería un gasto muy considerable comparado con la opción del cambio de combustible, en el que el único gasto sería un pequeño aumento en el precio de este.

Conclusion

Regarding the recent incorporation of the IMO 2020 regulation presented in this work, the different options available in the market that allow shipping companies to adapt to the new limits have been exposed.

In conclusion, the particular case of the Volcán de Taburiente Ferry is exposed. It is a conventional Spanish-flagged ship belonging to the Canarian company Naviera Armas that was built in 2006 and it's responsible for the transport of ro-ro and passenger cargo (RO- PAX), generally in the western islands of the Canary Islands

Until the end of 2019, the ship was supplied with IFO 380, which is a mixture of distilled and residual fuels, which generate a fairly inexpensive intermediate fuel. This mixture is made to obtain a fuel that is better adapted to the needs of handling and pumping for the correct operation of the different combustion equipment.

Currently, since IFO 380 has a sulfur content value of around 3.50% by mass and the new limit allows a sulfur content of up to 0.50%, the shipping company has had to choose a new proposal to adapt to the norm.

After learning about the implementation of the norm, two options were proposed; the first one was to choose to change the fuel for another with a regulatory sulfur content and the second one was to install new exhaust gas for cleaning the equipment.

When analyzing these options, it was decided to change the fuel, from IFO 380 to very low sulfur fuel oil (VLSFO), since the engines and auxiliary equipment that worked with IFO 380 could be perfectly adapted to the VLSFO without easily.

Currently, in case of a possible inspection according to regulations, the following elements are available on board of the ship:

- The registry books: the navigation diary, the ship's logbook and the machine notebook, in which the consumptions made by the ship must be recorded;
- Delivery notes filed correctly in which the following information must be registered the date, the port, the supplier, the ship and fuel oil details, and

- samples of fuel delivery tightly closed, sealed and correctly labeled with the following information: type of fuel, name of the ship, representative code of the barge or tank of the supplier, date and place of delivery and the seal number.

Finally, the choice of change the fuel seems to be the favorite among companies in the sector. In addition, some like Balearia serve as an example after recently incorporating the first ferry powered by liquefied natural gas (LNG). It seems that, in a matter of a few years, more shipping companies will definitely opt for adapting ships to change of the fuel to LNG, a cleaner fuel, which will have an immediate impact on improving air quality and reduction of climate change. However, the use of exhaust gas cleaning systems will be more used by tanks, oil and chemical tankers, simply because they already have an exhaust gas washing tower installed in order to obtain inert gas for the tanks. On the other hand, for ships that do not have these systems already coupled, the fact that an installation of exhaust gas cleaning equipment on ships would be a very considerable expense compared to the option of changing the fuel, in which the only expense would be a small increase in its price.

Bibliografía

- (MEPC), C. d. (1997). Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio MARPOL 73/78. *Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio MARPOL 73/78*. Londres.
- (MEPC), C. d. (2008). Anexo VI revisado del Convenio MARPOL. *MEPC.176 (58)*. Londres.
- (OMI), O. M. (2020). *Comité de protección del medio marino (MEPC)*. Obtenido de <http://www.imo.org/es/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Paginas/Default.aspx>
- ANAVE. (2019). *Combustibles con cero emisiones: alcohol, biometano y amoníaco*. Obtenido de <https://www.anave.es/prensa/archivo-noticias/2251-combustibles-con-cero-emisiones-alcohol-biometano-y-amoniaco>
- ANAVE. (Enero de 2020). *Diferencial de precios de los combustibles marinos*. Obtenido de <https://www.anave.es/prensa/archivo-noticias/2299-diferencial-de-precios-de-los-combustibles-marinos>
- ANAVE. (Febrero de 2020). *Diferencial de precios de los combustibles marinos*. Obtenido de <https://www.anave.es/prensa/archivo-noticias/2332-diferencial-de-precios-de-los-combustibles-marinos-12-02>
- ANAVE. (Febrero de 2020). *El precio de los combustibles marinos se reduce hasta niveles alcanzados en 2016*. Obtenido de <https://www.anave.es/prensa/archivo-noticias/2366-el-precio-de-los-combustibles-marinos-se-reduce-hasta-niveles-alcanzados-en-2016>
- ANAVE. (Abril de 2020). *Los precios de los combustibles aumentan ligeramente, pero los diferenciales se siguen reduciendo*. Obtenido de <https://www.anave.es/prensa/ultimas-noticias/2395-los-precios-de-los-combustibles-aumentan-ligeramente-pero-los-diferenciales-se-siguen-reduciendo>
- Balearia. (Noviembre de 2019). *Balearia prueba un innovador bunkering de GNL de alta velocidad en el "ferry Marie Curie"*. Obtenido de <https://www.balearia.com/es/sala-prensa/notas-prensa/balearia-prueba-innovador-bunkering-gnl-alta-velocidad-ferry-marie-curie>
- Contaminantes, R. E. (s.f.). *SOx (Óxidos de Azufre)*. Obtenido de <http://www.prtr-es.es/SOx-oxidos-de-azufre,15598,11,2007.html>
- energía, e. p. (2018). *La Unión Europea se equivoca si invierte en más infraestructuras para que el GNL sea el combustible en el transporte marítimo*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/la-union-europea-se-equivoca-si-invierte-en-mas-infraestructuras-para-que-el-gnl-sea-el-combustible-en-el-transporte-maritimo/>
- Lavanguardia. (s.f.). Transporte marítimo más verde para conservar los océanos más azules. *Lavanguardia*, págs. <https://www.lavanguardia.com/lv/transporte-maritimo-verde-conservar-oceanos-azules-brl/>.
- Lorenzo, J. C. (2020). Wärtsilä prueba combustión con amoníaco en motores marinos. *Puente de mando*.
- Naucher. (31 de Enero de 2020). *Naucher Global*. Obtenido de <https://www.naucher.com/actualidad/la-multa-para-un-buque-que-sobrepase-el->

limite-de-azufre-puede-llegar-a-los-120-000-euros/<https://www.naucher.com/actualidad/la-multa-para-un-buque-que-sobrepase-el-limite-de-azufre-puede-llegar-a-los-120-000-euros/>

OMI. (2019). *El límite mundial de contenido de azufre de 2020*. Obtenido de <http://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/2020%20sulphur%20limit%20FAQ.pdf>

OMI. (s.f.). *Azufre 2020: reduciendo las emisiones de óxidos de azufre*. Obtenido de <http://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Paginas/Sulphur-2020.aspx>

OMS. (2018). *Calidad del aire y salud*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Organización Marítima Internacional. (2020). *Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL)*. Obtenido de <http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-%28MARPOL%29.aspx>

Ports, C. (Febrero de 2019). *Coral Methane ejecuta con éxito en el Puerto de Tenerife la operación de bunkering con GNL en el AIDAnova*. Obtenido de <http://www.canaryports.es/texto-diario/mostrar/1320295/coral-methane-ejecuta-exito-puerto-tenerife-operacion-bunkering-gnl-aidanova>

San Simon & Duch. (29 de Enero de 2020). *San Simon & Duch*. Obtenido de <http://www.lsansimon.com/limites-de-contenido-de-azufre-de-los-combustibles-maritimos/>

Sans, A. S. (Febrero de 2019). El gas natural licuado se confirma como la alternativa sostenible para los buques. *EL ESPAÑOL*.

Tenerife, P. d. (Noviembre de 2019). *El puerto tinerfeño, a la vanguardia también en suministro de electricidad a buque desde motor de gas natural*. Obtenido de <https://www.puertostetenerife.org/el-puerto-tinerfeno-a-la-vanguardia-tambien-en-suministro-de-electricidad-a-buque-desde-motor-de-gas-natural/>