

ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE

“ALMIRANTE MIGUEL GRAU”

PROGRAMA ACADÉMICO DE MARINA MERCANTE

ESPECIALIDAD DE PUENTE



**IMPORTANCIA DE LA REGULACIÓN OMI SOBRE EMISIONES DE
SOx EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO EN EL PERÚ PARA EL AÑO
2020**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
OFICIAL DE MARINA MERCANTE**

PRESENTADA POR:

**QUISPE OCHOA, LIDER HIDÚ
CASTREJÓN YZÁZIGA, MIGUEL ÁNGEL**

CALLAO, PERÚ

2018

IMPORTANCIA DE LA REGULACIÓN OMI SOBRE EMISIONES DE
SO_x EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO EN EL PERÚ PARA EL AÑO
2020

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a nuestros familiares, amigos y maestros, pero sobre todo a nuestros padres, ya que ellos han sido nuestro apoyo incondicional a lo largo de la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros asesores por su apoyo en la elaboración de este trabajo, a quienes confiaron en nosotros y nos alentaron cada día y a nuestros padres por estar pendientes de nuestra realización profesional.

ÍNDICE

Portada.....	i
Título.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xix

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Justificación de la investigación.....	5
1.4.1 Justificación teórica.....	6

1.4.2 Justificación metodológica.....	6
1.4.3 Justificación práctica.....	7
1.5 Limitaciones de la investigación.....	7
1.6 Viabilidad de la investigación.....	7
 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes de la investigación.....	9
2.2 Bases teóricas.....	12
2.2.1 Regulación sobre emisiones de SOx.....	12
2.2.1.1 Organización marítima internacional (OMI).....	13
2.2.1.2 MARPOL.....	13
2.2.1.3 Anexo VI del MARPOL.....	14
2.2.1.4 Regla 14.....	15
2.2.1.5 ECAs.....	17
2.2.1.6 Regulación Europea sobre emisiones de azufre.....	18
2.2.1.7 Perú en el Anexo VI.....	19
2.2.2 Efectos del azufre.....	20
2.2.2.1 El azufre.....	21
2.2.2.2 Óxido de azufre (SOx).....	22
2.2.2.3 Efectos del SOx a la salud.....	22
2.2.2.4 Efectos a la atmósfera.....	23
2.2.2.5 Presencia en la lluvia ácida.....	25
2.2.3 Otras emisiones ocasionadas por la combustión de los buques.....	26
2.2.3.1 Materia particulada (MP) y compuestos orgánicos volátiles.....	27
2.2.3.2 Dióxido de carbono (CO2).....	27
2.2.3.3 Óxido de nitrógeno (NOx).....	28
2.2.4 El combustible marino.....	30
2.2.4.1 Refinado de los combustibles marinos.....	31
2.2.4.2 Combustibles marinos más usados por los buques.....	33

2.2.4.3 Refinerías de petróleo en el Perú.....	36
2.2.4.4 Monitoreo de contenido de SOx de los combustibles marinos.....	39
2.2.5 Gas natural.....	41
2.2.5.1 Gas natural licuado (GNL).....	42
2.2.5.2 El GNL como combustible marino.....	44
2.2.5.3 Gas natural en Perú.....	45
2.2.5.4 Normas para barcos propulsados por GNL.....	47
2.2.6.3.1 Código IGC.....	47
2.2.6.3.2 Código IGF.....	48
2.3 Definiciones conceptuales.....	51
 CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	53
3.1 Formulación de la hipótesis.....	53
3.1.1 Hipótesis general.....	53
3.1.2 Hipótesis específicas.....	54
3.1.3 Variables.....	55
3.1.3.1 Variables dependientes.....	55
3.1.3.2 Variable independiente.....	56
 CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO.....	57
4.1 Diseño de la investigación.....	57
4.2 Población y muestra.....	58
4.3 Operacionalización de las variables.....	59
4.4 Técnicas para la recolección de datos.....	59
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos.....	60
4.6 Aspectos éticos.....	60
 CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	61
5.1 Determinación de alternativas de fuentes de energía.....	61

5.2 Alternativas más viables según estudio.....	63
5.2.1 IFO + Scrubber.....	63
5.2.1.1 Scrubber tipo seco.....	67
5.2.1.2 Scrubber tipo húmedo.....	69
5.2.1.2.1 Scrubber de circuito abierto.....	69
5.2.1.2.2 Scrubber de circuito cerrado.....	70
5.2.1.2.3 Scrubber de circuito híbrido.....	71
5.2.2 Combustibles destilados (MDO y MGO).....	72
5.2.3 Gas Natural Licuado (GNL).....	75
5.2.4 Análisis de los precios de los combustibles.....	80
5.2.5 Análisis de la reducción de emisiones.....	89
5.2.6 Cuadro comparativo de las opciones más viables.....	92
5.3 Encuestas de mercado sobre regulación OMI.....	100
5.3.1 Encuesta 1.....	101
5.3.2 Encuesta 2.....	102
5.3.3 Encuesta 3.....	105
5.3.4 Análisis de las encuestas a nivel mundial.....	106
5.3.5 Transcripción de las entrevistas a nivel nacional.....	106
 CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
6.1 Discusión.....	113
6.2 Conclusiones.....	115
6.3 Recomendaciones.....	116
 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	118
- Referencias bibliográficas.....	118
- Referencias electrónicas.....	121

ANEXOS.....	123
Anexo 1 Matriz de consistencia.....	124
Anexo 2 Regla 14 del Anexo VI del convenio MARPOL.....	125
Anexo 3 Enmienda de la Regla 14 del Anexo VI del convenio MARPOL.....	129
Anexo 4 Índice del Código Internacional de Seguridad para los Buques que utilicen Gases u otros Combustibles de Bajo Punto de Inflamación (IGF).....	146
Anexo 5 ISO 8217.....	153
Anexo 6 Directrices para la vigilancia del contenido medio de azufre a escala mundial.....	155
Anexo 7 Lista de barcos propulsados por GNL (no metaneros, 2017).....	161
Anexo 8 Consentimiento de entrevista de Transgas.....	169
Anexo 9 Consentimiento de entrevista de Transoceánica.....	170
Anexo 10 Lista de reserva de GNL a nivel mundial.....	171

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Fecha de implementación de límites de SOx.....	16
Tabla 2 Zona de control de emisiones.....	17
Tabla 3 Emisiones de SOx en cada tipo de buque.....	26
Tabla 4 Límite de emisiones de NOx.....	29
Tabla 5 Características de los combustibles marinos.....	35
Tabla 6 Refinerías en el Perú.....	37
Tabla 7 Producción de hidrocarburos en Perú.....	38
Tabla 8 Producción de la refinerías en Perú.....	38
Tabla 9 Características de los IFOs.....	65
Tabla 10 Costos de instalación de scrubber para buques.....	72
Tabla 11 Características de los combustibles destilados.....	75
Tabla 12 Características del GNL.....	77
Tabla 13 Reducción de emisiones usando GNL.....	78
Tabla 14 Precios de conversión a sistema GNL.....	80
Tabla 15 Precios de los combustibles por diferentes fuentes.....	82
Tabla 16 Promedio de precios.....	87
Tabla 17 Reducción de gases contaminantes.....	89

Tabla 18 Tabla de valoración final de alternativas más viables a cumplir la regulación OMI sobre emisiones.....	92
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de ECAs.....	18
Figura 2 Vista simulada de SOx.....	22
Figura 3 Comparación de emisiones.....	25
Figura 4 Formación molecular de ácido sulfúrico.....	25
Figura 5 Proceso de refinado de combustible marino.....	32
Figura 6 Molécula de metano.....	41
Figura 7 Ciclo de extracción y descarga de GNL.....	44
Figura 8 Tipos de scrubbers.....	67
Figura 9 Instalación de scrubber tipo seco.....	68
Figura 10 Esquema básico de un scrubber húmedo circuito abierto.....	69
Figura 11 Esquema básico de un scrubber húmedo circuito cerrado.....	70
Figura 12 Esquema básico de un scrubber circuito híbrido.....	71
Figura 13 Sistemas de propulsión a GNL.....	79
Figura 14 Costos previos y posteriores a conversión de GNL.....	95
Figura 15 Opciones de suministro de GNL.....	99
Figura 16 Infraestructura de GNL en el mundo.....	100
Figura 17 Puertos encuestados por el estudio de Lloyd's Register.....	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Límites permitidos de SOx.....	17
Gráfico 2 Procedencia de distintas clases de emisiones.....	26
Gráfico 3 Límite de emisiones de NOx.....	29
Gráfico 4 Producción global de las refinerías.....	31
Gráfico 5 Cantidad de fueles residuales.....	40
Gráfico 6 Cantidad de fueles destilados.....	40
Gráfico 7 Comparativo de composición antes y después del licuado.....	43
Gráfico 8 Producción de gas natural en Perú.....	47
Gráfico 9 Evolución de los precios de combustibles.....	81
Gráfico 10 Comparativo de precios.....	83
Gráfico 11 Precio de IFO 380.....	84
Gráfico 12 Precio de IFO 180.....	84
Gráfico 13 Precio de MDO.....	85
Gráfico 14 Precio de MGO.....	86
Gráfico 15 Precio de GNL.....	86
Gráfico 16 Promedio de precios de los combustibles.....	88
Gráfico 17 Reducción de emisiones de SOx.....	90
Gráfico 18 Reducción de emisiones de NOx.....	90

Gráfico 19 Reducción de emisiones de CO ₂	91
Gráfico 20 Reducción de emisiones de PM.....	91
Gráfico 21 Buques en servicio y en orden propulsados por GNL a excepción de los metaneros según su sociedad clasificadora.....	97
Gráfico 22 Buques en servicio y en orden propulsados por GNL a excepción de los metaneros según su tipo.....	97
Gráfico 23 Buques en servicio y pedidos con propulsión GNL.....	98
Gráfico 24 Conclusiones finales del estudio de mercado de GNL.....	101
Gráfico 25 Preferencias de los puertos para suministrar GNL.....	103
Gráfico 26 Proporción de suministro de GNL sobre los combustibles.....	104
Gráfico 27 Factores que incrementan el mercado de GNL.....	104
Gráfico 28 Resultados de encuesta sobre elección de armadores.....	105

RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación tiene como objetivo conocer la importancia de la regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020 y evaluar una posible solución para su cumplimiento con el uso de energías alternas, de las cuales una es el gas natural licuado (GNL), determinado como opción más viable y económica debido a su composición amigable con el medio ambiente y su bajo costo en el mercado mundial, así como por su aceptación por parte de las empresas involucradas en el transporte marítimo. Metodológicamente, es un estudio de enfoque cualitativo, pues evaluamos los beneficios y desventajas según las características de las fuentes de energía, y es de diseño fenomenológico porque tratamos de explorar, describir y comprender las experiencias de las empresas navieras respecto a la regulación y al cual, luego de evaluar, proponemos una solución viable a fin de contribuir a la sociedad envuelta en la problemática. Como población tenemos a todas las empresas navieras del Perú y las fuentes de energía usadas para

la movilización del transporte marítimo, y como muestra tomaremos las alternativas de fuentes de energía más viables, así como las opiniones de las empresas navieras más importantes en el Perú, luego de evaluar las entrevistas realizadas en este estudio. Para la medición de las variables tomaremos en cuenta las especificaciones, características, costos, disponibilidad, viabilidad, regulación, infraestructura y todo en cuanto a las fuentes de energía alternas con la finalidad de analizar todos los datos obtenidos y poder responder a las hipótesis, llegando a concluir que el uso de GNL es la alternativa más viable en cuanto a uso de energía alterna, cumplimiento de la regulación OMI sobre emisiones de gases y contribución de la prevención del medio marino; sin embargo, todo dependerá de la decisión que tomen las empresas navieras.

Palabras claves: energías alternas, emisiones de gases, viabilidad, transporte marítimo, empresas navieras, medio marino.

ABSTRACT

The development of this research aims to determine the importance of the IMO regulation on SOx emissions in shipping in Peru 2020 and evaluate a possible solution for compliance with the use of alternative energies, of which one is liquefied natural gas (LNG), determined as more viable and economical option because of its friendly composition with the environment and low cost on the world market and its acceptance by the companies involved in shipping. Methodologically, it is a study of qualitative approach, as we assess the benefits and drawbacks depending on the characteristics of energy sources, and phenomenological design because we try to explore, describe and understand the experiences of shipping companies regarding the regulation and which, after evaluating, we propose a viable solution in order to contribute to society involved in the problem. As people we all shipping companies of Peru and energy sources used for the mobilization of shipping, as shown take alternative sources more viable energy as well as the views of the largest shipping companies in Peru after

evaluating the interviews conducted in this study. For the measurement of the variables take into account the specifications, features, cost, availability, viability, regulation, infrastructure and everything in terms of alternative energy sources in order to analyze all the data and to respond to hypotheses, reaching the conclusion that the use of LNG is the most viable alternative as to use alternative energy, compliance IMO regulations on emissions and contribution to the prevention of marine environment; However, everything depends on the decision to take by shipping companies.

Keywords: Alternative energy, emissions, feasibility, shipping, shipping companies, marine environment.

INTRODUCCIÓN

El ámbito marítimo y toda actividad que se realiza en éste se encuentra regulado y supervisado principalmente por la OMI y algunas organizaciones externas cuya finalidad es hacer prevalecer la seguridad en cualquier operación, así como el cuidado del medio ambiente, tema que ha venido tomando mucha importancia debido al creciente deterioro del ecosistema, teniendo como principales problemas la emisión de gases de efecto invernadero, el calentamiento global y la lluvia ácida.

El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques o MARPOL 73/78 (Marine Pollution), cuyo objetivo es prevenir cualquier tipo de contaminación producida por los buques, nos presenta en el Anexo VI: “Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques” que nos da una serie de regulaciones sobre los límites de las cantidades permitidas de gases contaminantes por parte de los buques.

La contaminación atmosférica trae consecuencias negativas en el desarrollo normal del ecosistema y, en los últimos años, el índice de contaminación se ha venido incrementando, el porcentaje de gases contaminantes producidos por el transporte marítimo no es considerable en comparación con los emitidos por las grandes industrias, pero es un problema que va tomando mayor importancia debido al gran incremento de la flota mundial que a su vez incrementarán la cantidad de gases contaminantes a la atmosfera.

Entre los gases más perjudiciales se encuentran el NO_x (óxido de nitrógeno), el CO₂ (dióxido de carbono) y el SO_x (óxido de azufre), los cuales son producidos debido a la combustión de los motores marinos y, a pesar de que tienen sus límites establecidos en el convenio MARPOL, no son suficientes para contrarrestar la contaminación atmosférica. El presente trabajo se basará en analizar el impacto de las emisiones de SO_x por parte de los buques, pues según la enmienda realizada al capítulo VI del convenio MARPOL en octubre del 2016, se estableció reducir el límite de porcentaje masa/masa de SO_x a un 0.5%.

A lo largo de los años hemos ido concientizándonos con el tema de protección del medio marino por lo cual los límites se han ido reduciendo pasando de ser 4.5%, el cual era lo permitido antes del año 2012, pero se redujo el a 3.5%. Sin embargo en las zonas ECA pasó de 1% antes de 2010 a 0.1% a partir de 2015. Tras la última reunión de la OMI sobre emisiones de azufre en 2016 se decidió reducir el límite global de emisiones de SO_x a 0.5% a partir del 1 de enero de 2020.

Los combustibles fósiles, mayormente utilizados por la flota mundial, suelen contener moléculas de hidrocarburos extensas que tienden a enlazarse de forma

natural al azufre dichos enlaces van del 1 al 9.7% en masa de dicho elemento ya que son obtenidos a partir de los residuos de baja calidad derivados del refinado del petróleo tras la extracción de los productos ligeros. Así, tras la extracción de gasolina, nafta, queroseno, gasóleo y diésel, se obtiene un remanente pesado y muy viscoso denominado, en general, “residual fuel oil” utilizado en barcos actualmente.

Por lo tanto al reducir el límite de SO_x, el uso de los combustibles fósiles actualmente usados no cumplirían con la regulación y este sería un gran problema para la flota mundial de buques que opera dentro de los límites actuales pues cuando entre en vigor la regulación van a sobrepasar las emisiones de SO_x permitidas. En este trabajo identificaremos también algunas posibles soluciones así como las alternativas más viables para el año 2020 cuando entrará en vigor la regulación OMI con el límite reducido.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, se presenta la descripción y formulación del problema, los objetivos, la justificación, las limitaciones y la viabilidad de la investigación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO, comprende, los antecedentes de la investigación, sus bases teóricas y las definiciones conceptuales.

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES, se formulan la hipótesis general, específicas y sus variables.

CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO, se presenta el diseño de investigación, su población y muestra, la operacionalización de la variable y sus dimensiones, la

técnica de recolección de datos, la técnica usada para el procesamiento y análisis de los datos y se mencionan los aspectos éticos.

CAPITULO V: RESULTADOS, se presenta el análisis realizado para la comprobación de las hipótesis, mostrando así también las respectivas tablas y gráficos obtenidos.

Finalmente se incluyen las referencias generales y sus anexos correspondientes.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Durante las últimas décadas los problemas asociados a la contaminación atmosférica han ido adquiriendo mayor preocupación, por lo que las principales organizaciones mundiales, como la ONU y Greenpeace, han ido tomando cartas en el asunto, ya sea por medio de establecer reglas más estrictas o concientizar a la población del problema en cuestión.

La contaminación atmosférica en el transporte marítimo, aunque no es el mayor contaminante, ha ido contribuyendo significativamente en los últimos años, debido al crecimiento del comercio marítimo y la flota mundial; pues, según UNCTAD¹(2017),

¹ UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT: realizada por el Review of Maritime Transport anualmente desde 1968, con la finalidad de mantener la transparencia en cuanto a la flota mundial y su desarrollo.

para el 1 de enero de 2017 la flota mundial estaba conformada por 93,161 buques, con un total de 1.860 millones de Toneladas de Peso Muerto, es decir, creció un 3,15% (en términos de TPM) respecto al 2016. Este crecimiento de la flota, con el pasar de los años, ha producido el aumento de las emisiones de gases contaminantes que afectan los niveles aceptables a la atmósfera.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático², el 14% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero son producidas por el transporte, y con respecto al transporte marítimo, éste representa sólo el 3% de las emisiones mundiales de CO₂; sin embargo, en cuanto a óxidos de azufre (SO_x), éste representa el 15% y de óxidos de nitrógenos (NO_x) entre el 18-30% de las emisiones globales, además de otros contaminantes.

La Organización Marítima Internacional (OMI) reconoce que las emisiones procedentes de los gases de escape de los buques son altamente perjudiciales para la salud humana y son los responsables de la lluvia ácida, además de contribuir al calentamiento global, por lo que la OMI se ha visto obligado a reducir progresivamente el límite global de las emisiones de NO_x, SO_x y materia particulada del Anexo VI de Convenio MARPOL. Actualmente la regulación sobre emisiones de azufre es de 3.5% masa/masa y en ciertas zonas es de 0.1%.

En su mayoría, la flota mundial consume combustibles poco procesados o fueloil residual que contiene altas concentraciones de sustancias nocivas en su composición,

² Conocido por el acrónimo en inglés IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), es una organización internacional que realiza investigaciones científicas sobre el riesgo del cambio climático, consecuencias y formas de combatirlos.

entre ellas el azufre. Es debido a las cantidades descomunales de combustible utilizadas que las emisiones se convierten en una grave problemática a nivel mundial, es aquí donde la OMI juega un papel fundamental sumando esfuerzos para reducir los contaminantes producidos en el sector marítimo, generando normativas cada vez más estrictas que permitan mantener la calidad del aire, regulando problemas como el calentamiento global, daños ambientales y afecciones a la salud. Es por este motivo que la OMI decidió limitar la regulación sobre emisiones de azufre de 3,5% a 0.5% a nivel global para el 1 de enero de 2020.

Sin embargo, tanto el Perú como otros países no podrían estar preparados para cumplir dicha demanda, debido a la baja disponibilidad de diésel. Es por esta razón que en este estudio se analizarán las diferentes alternativas de solución para satisfacer la demanda de combustible bajo en azufre para el año 2020.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la importancia de la regulación OMI sobre las emisiones de SO_x en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo actúa la regulación OMI vigente sobre emisiones de SOx y el cambio en su enmienda para el año 2020?

¿Qué alternativas de energías cumplirían con la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020?

¿Cuál es la decisión de las empresas navieras más importantes en el Perú frente a la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar soluciones para el cumplimiento de la regulación OMI para reducir las emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020.

1.3.2 Objetivos específicos

Describir la regulación OMI vigente sobre emisiones de SOx, así como el cambio en su enmienda para el año 2020.

Determinar las mejores alternativas de energías que cumplan con la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.

Analizar la decisión de las empresas navieras más importantes en el Perú frente a la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.

1.4 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica y adquiere importancia por las siguientes razones:

1.4.1 Justificación teórica:

El tema de contaminación atmosférica ocasionada por el transporte marítimo es de interés mundial ya que los gases producidos por la combustión de los motores marinos repercuten en el cambio climático, reducción de la esperanza de vida en ciudades costeras con altos niveles de azufre en el aire, suelos cada vez más ácidos que sufren pérdida de biodiversidad a causa de las deposiciones sulfúricas y nítricas. Por ende, resulta necesaria la exploración de alternativas de solución que permitan reducir las emisiones contaminantes por parte de la flota mundial.

1.4.2 Justificación metodológica:

Este estudio busca analizar y comparar todas las posibles alternativas de solución que cumplan con la regulación sobre emisiones de azufre en el transporte marítimo para el año 2020, teniendo en cuenta aspectos importantes como la sostenibilidad económica y viabilidad para las empresas navieras, y a su vez generen menor impacto al planeta.

1.4.3 Justificación práctica:

La utilización de estas nuevas energías, tales como el GNL, no solo cumplirán con la regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo para el año 2020 sino que también reducirá considerablemente las emisiones de otros gases nocivos como el CO₂ y NO_x.

1.5 Limitaciones

Las limitaciones para el objeto de investigación son:

- Restringido y escaso acceso a información del ámbito nacional e internacional referente al tema a tratar.
- Mayor cantidad de información en otros idiomas, principalmente en inglés.

1.6 Viabilidad

A pesar de ciertas limitaciones, el proyecto de investigación es viable, ya que se pueden acceder a cierta información relevante como las características y propiedades de los combustibles, así como sus precios actuales y disponibilidad que son los instrumentos fundamentales para poder llevar a cabo el estudio. De esta manera se

pretende encontrar la alternativa más eficiente y que se pueda adaptar a la mayor parte de la flota nacional y mundial y así generar menor impacto ecológico.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

La creciente preocupación medioambiental está fomentando políticas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y elementos contaminantes producidos por la combustión de derivados fósiles. En este sentido, son muchas las iniciativas, políticas y normativas, tanto internacionales como europeas, orientadas en este sentido.

En la actualidad hay escasos antecedentes nacionales relacionados al tema a tratar; sin embargo, en el exterior, principalmente en Europa, estos temas son de gran envergadura debido al tráfico marítimo.

Coronado, E. (2013), de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, Perú, en su estudio: *“Disponibilidad del gas natural y petróleo y la demanda*

mundial de energía”, tuvo como objetivo evaluar la demanda mundial y nacional de las fuentes de energías actuales, que son los combustibles de origen fósil, tales como el carbón, petróleo y el gas natural, ya que éstos suponen el 89% del consumo total de energía. También el estudio pretendía demostrar que las reservas de estos combustibles son limitados, los cuales a futuro se acabarán si sigue creciendo el consumo y sobre explotación de extracción de crudo.

Como conclusión de este estudio, se demostró que la demanda de petróleo disminuirá y pronto se llegaría a usar el GNL como fuente de energía, y dado que el Perú cuenta con yacimientos, podría aprovecharlos de una manera correcta sin recorrer a grandes costos, así como también se debe ir explorando nuevas energías alternas y limpias ya que en un futuro habrá regulaciones más rigurosas.

Boned, J. (2013), de la Facultad de Náutica de Barcelona, España, en su estudio: *“Análisis y propuesta de cumplimiento de los requisitos ambientales de los buques de short sea shipping para el año 2013”*, cuyo objetivo era analizar la regulación en cuanto a emisiones de gases contaminantes causadas por la combustión de los motores de los buques. Como segundo objetivo se analizó los diferentes combustibles utilizados en el transporte marítimo y se realizó una evaluación económica de las consecuencias que supone para un buque cumplir con la regulación. Su trabajo se enfocó principalmente en los buques con rutas de corta distancia, especialmente dentro de Europa.

Este proyecto estudió principalmente el GNL como combustible en buques, además demostró su reducido precio en comparación con los combustibles convencionales. Mientras que para cumplir con la regulación, el GNL reduce casi un 100% las

emisiones de SO_x y PM, en cuanto a NO_x se reducen un 80% y las de CO₂ aproximadamente un 20%, esto lo hace el combustible ideal para cumplir con los requisitos ambientales tanto dentro de las ECAs como fuera de ellas.

De igual manera, Vacas, L. (2014), de la Facultad Náutica de Barcelona, España, en su estudio: *“Prospectiva del uso del GNL como combustible en el transporte marítimo”*, cuyo objetivo era tratar de encontrar un combustible que cumpla todas las normativas actuales y futuras sobre emisiones contaminantes y trató de exponer todas las ventajas del GNL como combustible marino.

Este estudio demostró que debido a la contaminación atmosférica, la regulación vigente y la que entrará en vigor en los años venideros, traerán cambios de gran envergadura en el transporte marítimo. Las futuras construcciones deberán adaptarse en función de las regulaciones que entrarán en vigor, mientras que los buques existentes tendrán que elegir la mejor alternativa para poder cumplir con los límites generales sobre emisiones; y si tuvieran que navegar en las zonas ECAs, elegir el mejor combustible que cumpla el límite de 0.1% de azufre. Por ende, este estudio propone el GNL como la mejor alternativa de solución ya que es limpio y será el combustible del futuro, cumpliendo además con las zonas ECAs.

Peña, H. (2016), de la Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas, España, en su estudio: *“Ingeniería Marina: Medidas para la reducción de gases contaminantes en motores marinos”*, el cual tuvo como objetivo analizar todas las tecnologías existentes, tales como el scrubber, y medidas utilizadas para reducir los gases contaminantes producidas por los buques, creando una situación alarmante que

involucra a las empresas navieras, armadores, y otras entidades que deben cumplir con la nueva regulación por obligatoriedad.

Este estudio determinó que para poder cumplir con los objetivos es imprescindible realizar inversiones, ya que en todos los casos estudiados resultan, de alguna manera, costosos. Los factores que influyen en la decisión de una inversión de scrubber son el costo y su permanencia en las zonas ECAs. “Se ha demostrado que las inversiones son retornables a medio plazo” (Peña, 2016, p.99).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Regulación sobre emisiones de SOx

A continuación se detallarán los organismos competentes para la prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques y sus regulaciones, así como sus cambios a lo largo del tiempo, prestando especial atención a las emisiones de SOx.

2.2.1.1 Organización Marítima Internacional (OMI)

Es el principal encargado de la Naciones Unidas en cuestión de seguridad y protección de la navegación, así como la prevención de la contaminación del medio marino. Fue creado en 1948 y actualmente cuenta con 173 estados miembros y 3 miembros asociados.

Desde su creación, la OMI ha trabajado arduamente para reducir el impacto de los efectos ambientales en el transporte marítimo a nivel mundial, creando marcos normativos para el sector marítimo.

2.2.1.2 MARPOL

Como principal método para combatir la contaminación marítima, la OMI creó el convenio MARPOL (Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques), adoptado en 1973 y modificado por el Protocolo de 1978, que entró en vigor en 1983 y desde la fecha los incidentes por contaminación del medio marino, sea por cuestiones operacionales o por accidente, se han visto reducidos considerablemente.

La OMI designó como principal encargado de los problemas ambientales al Comité de Protección del Medio Marino o MEPC (Marine Environment Protection Committee, sus siglas en inglés) especialmente aquellas recogidas dentro del Convenio MARPOL.

Sin embargo, con el pasar de los años, nuevas preocupaciones surgían de carácter ambiental por lo que la OMI ha ido agregando nuevos anexos al convenio, siendo el anexo VI el de mayor interés para el estudio:

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

2.2.1.3 Anexo VI del MARPOL

Adoptado en 1997, con el nombre de: Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica ocasionada por los Buques, entró en vigor el 19 de mayo de 2005. Sin embargo, en la sesión 53° del MEPC, se acordó revisarlo con la finalidad de reducir aún más los límites máximos de emisiones contaminantes. En 2008, en el MEPC 58

se adoptó el Anexo VI revisado del Convenio MARPOL y entró en vigor el 1 de julio de 2010, en el cual se reduce las emisiones de SOx y se adopta el Código técnico conexo sobre NOx 2008.

En el Anexo VI se estipulan los límites de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y de óxidos de azufre (SOx) y materia particulada de gases de escape de los motores de los buques, así como las emisiones deliberadas de sustancias que agotan el ozono, compuestos orgánicos volátiles (COV) e incineración a bordo.

Sin embargo, este estudio sólo abarcará la regulación sobre emisiones de óxidos de azufre y materia particulada descritas en la Regla 14 del Capítulo III del Anexo VI y la nueva enmienda para el año 2020 (Ver anexo 2, regla 14).

2.2.1.4 Regla 14

Los límites del contenido de azufre en el fueloil (expresados en % masa/masa) de la regla 14 han estado sujetos a una serie de cambios a lo largo de los años. Antes del 1 de enero de 2012 la emisión de azufre era 4,50% masa/masa y a partir del 1 de enero de 2012 hasta la actualidad es de 3,50% masa/masa. En la 70ª sesión de la MEPC, celebrado del 24 al 29 octubre de 2016, en Londres, se presentaron varios estudios sobre la disponibilidad de combustible para los años venideros donde se discutió la problemática de limitar las emisiones de SOx del actual 3,5% al 0,5%.

El estudio de los consultores CE Delft, encargado por la OMI, sostuvo que: "La industria de refino puede producir suficiente cantidad de combustibles marinos de la

calidad demandada, mientras suministra al mismo tiempo a otros sectores los productos del petróleo que necesitan”. Mientras que otro estudio llevado a cabo por la BIMCO, IPIECA, y otros sectores refineros, encomendaron a la consultora EnSys otro estudio donde éste reveló ante la reunión de la MEPC que los resultados demostraron que estaban presentes ante una potencial inviabilidad de poder suministrar el combustible requerido de 0,5% de azufre por parte del sector de refino.

Sin embargo, la OMI declaró que se volvería a hacer otro estudio que se presentará a más tardar en 2018 en la próxima reunión del MEPC. Por lo pronto, la decisión quedaría en que a partir del 1 de enero de 2020, el límite global del contenido de azufre de los combustibles marinos será del 0,5% en masa (Ver anexo 3, enmienda de la regla 14) (Ver tabla 1 y gráfico 1).

FECHAS DE IMPLEMENTACIÓN	% masa/masa	
	NIVELES GLOBALES	NIVELES SO _x ECAs
Antes del 1 de julio de 2010		1.5
Después del 1 de julio de 2010		1
Antes del 1 de enero de 2012	4.5	
Después del 1 de enero de 2012	3.5	
Después del 1 de enero de 2015		0.1
A partir del 1 de enero de 2020	0.5	

Tabla 1. Fechas de implementación de límites de emisiones de SO_x.
Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del MARPOL.



Gráfico 1. Niveles permitidos de SOx a través del tiempo.
Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del MARPOL.

2.2.1.5 ECAs

Una Zona de Control de Emisiones o ECA (Emission Control Area) es un área donde el límite de las emisiones de óxido de azufre, nitrógeno o MP, producidos por la quema de los combustibles marinos, es más riguroso. Actualmente se aplica sólo en ciertas zonas de América y Europa (Ver tabla 2).

ECA	Límite de emisiones	En vigor
Zona del Mar Báltico	Sox	05/19/2006
Zona del Mar del Norte	Sox	11/22/2007
Norte América	SOx, PM y NOx	08/01/2012
Zona del Mar Caribe de EEUU	SOx, PM y NOx	01/01/2014

Tabla 2. Zonas de Control de Emisiones en vigor.
Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del MARPOL.

Se plantea también la posibilidad de que las zonas de emisiones controladas se amplíen en años venideros, con la finalidad de reducir aún más el impacto ambiental del comercio marítimo (Ver figura 1).

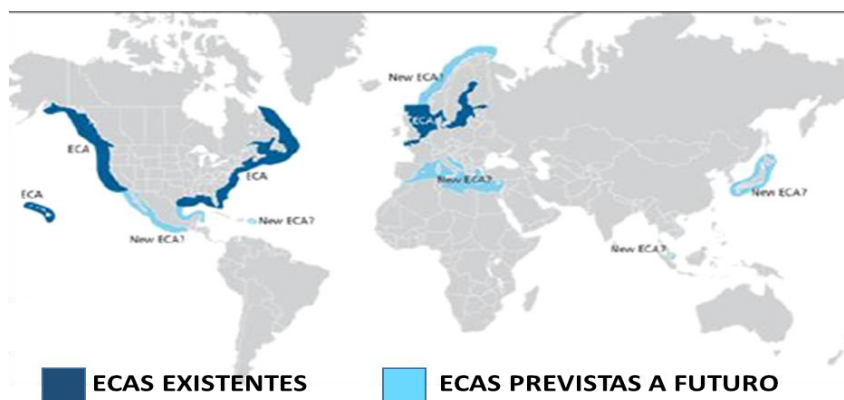


Figura 1. Ubicación geográfica de ECAs.
Fuente: www.intertanko.com

2.2.1.6 Regulación Europea sobre emisiones de azufre

Por ser los mares y océanos de Europa los más transitados, la contaminación atmosférica comenzó a ser el mayor problema de la Comunidad Europea lo que la obligó a adoptar la Directiva 93/12/CEE9 “que regulaba el contenido en azufre de los combustibles líquidos utilizados para la propulsión de vehículos, así como del gasóleo usado en calefacción y los destinados a usos industriales y marítimos con el objetivo de conservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente y contribuir a la protección de la salud humana, reduciendo los daños provocados por las emisiones de dióxido de azufre”, (Sin, 2012, p.20).

Hasta la fecha se han ido modificando varias veces:

Directiva 93/12/CEE del Consejo de 23 de Marzo de 1993 relativa al contenido en azufre de determinados combustibles líquidos.

Directiva 1999/32/CE del Consejo de 26 de Abril de 1999 relativa a la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos y por la que se modifica la Directiva 93/12/CEE.

Directiva 2005/33/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de Julio de 2005 por la que se modifica la Directiva 1999/32/CE en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo.

Directiva 2012/33/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de noviembre de 2012 por la que se modifica la Directiva 1999/32/CE del Consejo en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo.

Según la Directiva 2012/33/UE, establece que, independientemente de la decisión de la OMI de si posponer la nueva regulación de 0,5% de azufre al 2025, a partir del 2020 los buques que navegan por la zona económica exclusiva europea, deberán consumir un combustible con un límite máximo de 0,5% de azufre.

2.2.1.7 Perú en el anexo VI

Siendo la contaminación ocasionada por los buques un problema de gran envergadura, el Estado Peruano formó parte del MARPOL 73/78, de acuerdo a los siguientes instrumentos legales:

- Mediante Decreto Ley N° 22703 de fecha 25 septiembre 1979, donde se aprobó el Convenio el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973.
- Mediante Decreto Ley N° 22954 de fecha 29 marzo 1980, donde se aprobó el Protocolo de 1978.

Según la RESOLUCION DIRECTORAL N° 0024-2010-DCG, el Perú aprobó las normas para la prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por buques convenio MARPOL, entrando en vigor desde febrero de 2010.

Como parte del Anexo VI, el Perú ha tratado de buscar una solución para satisfacer la demanda de combustible bajo en azufre para el año 2020; sin embargo, debido a la baja disponibilidad de diésel y fueloil destilado podría no estar preparado para cumplir con dicha demanda.

Se espera que las disposiciones revisadas produzcan un notable beneficio a la atmósfera y la salud humana, especialmente para aquellas personas que viven en ciudades portuarias y comunidades costeras.

2.2.2 Efectos del azufre

Las emisiones contaminantes liberadas a la atmosfera por la combustión de hidrocarburos de los buques se pueden dividir en dos grupos: los gases y las partículas. Aunque en comparación con otros medios de transporte es que el menos contamina, la quema de los combustibles marinos genera una serie de gases que

forman parte del cambio climático y la producción de gases de efecto invernadero. Pero en este estudio detallaremos los efectos del azufre.

2.2.2.1 El azufre

El azufre, proveniente del latín *sulphur*, descubierto en 1774, con peso atómico de 32.065 g/mol, es un elemento químico de número atómico 16 en la tabla periódica. Tiene un olor característico y se encuentra en la corteza terrestre en forma nativa principalmente en zonas volcánicas en variación de concentración y en sus formas de sulfuros, como la pirita o la galena, también en sulfatos, como el yeso.

Por otro lado, también se encuentra en pequeñas cantidades, en combustibles fósiles ya que el petróleo crudo utilizado para su fabricación lo contiene por naturaleza; ya sea por la concentración de azufre en el suelo y océanos de donde es extraído.

Durante el proceso de transformación de crudo a combustible se fraccionan cadenas complejas de compuestos para dar lugar a sustancias químicas de diversas propiedades, esto mediante procesos de fracción, destilación y cambio de condiciones para la materia prima (presión y temperatura). Sin embargo a pesar de que una fracción de azufre se logra retirar de estos derivados, se mantiene presente en los combustibles y aditivos generados, mismos que al ser utilizados en motores alcanzan una oxidación inmediata convirtiéndose en gases pesados y tóxicos.

2.2.2.2 Óxido de azufre (SO_x)

El término “óxido de azufre” es utilizado para describir el conjunto de compuestos químicos formados por átomos de oxígeno y azufre, variando en cuanto al número de átomos de oxígeno presentes en el enlace llamándose dióxido de azufre (SO₂) al compuesto completado con dos oxígenos y trióxido de azufre (SO₃) al formado con tres (Ver figura 2).

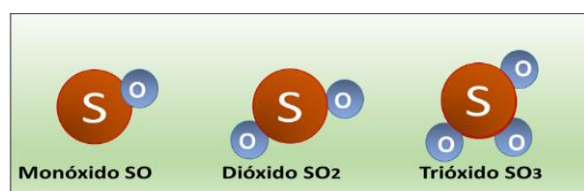


Figura 2. Vista simulada de los SO_x en su forma molecular.
Fuente: Elaboración propia

2.2.2.3 Efectos del SO_x a la salud

Los óxidos de azufre (SO_x) son considerados como gases tóxicos de efecto directo a la salud ya que al ser su composición química más pesada que el aire, éste resulta ser mortal en concentraciones alrededor de las 500 ppm (partes por millón). En menor concentración genera problemas en vías respiratorias, daño en tejido pulmonar, irritación ocular, inflamación de mucosas, opacamiento de la córnea (queratitis), alteraciones psíquicas, complicación de problemas cardiovasculares, irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas entre otros (Sin, 2014).

Existen estándares para los niveles de concentración de azufre en el aire, si éstos están debajo de las 200ppm no presentaría daño alguno (Sin, 2014).

Además, la causa más importante de muerte en niños menores de 5 años es la infección respiratoria y neumonía, problemas que se originan con la concentración de azufre en el aire. “El 36% de infecciones respiratorias bajas a nivel mundial son atribuidas a los combustibles sólidos y el 1% de todas las infecciones respiratorias, a la contaminación atmosférica” (Gavidia, 2009).

2.2.2.4 Efectos a la atmósfera

Los buques generan aproximadamente de 15% a de emisiones de SO₂ a nivel global. Las emisiones, producto de la quema de combustibles derivados del petróleo utilizados en la navegación marítima, se clasifican como gases nocivos de efecto invernadero, causantes del desgaste de la capa de ozono, calentamiento global y de afecciones para los seres vivos, ya que tanto el dióxido de azufre (SO₂) como los compuestos nitrosos al contacto con la humedad atmosférica (H₂O) adquieren carácter ácido.

Las emisiones no afectan únicamente al lugar dónde se emiten, sino que tienen la capacidad de transportarse a distancias considerables, durante este proceso ocurre la reacción química anteriormente mencionada donde toman el oxígeno e hidrógeno presentes en el agua en estado gaseoso.

Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA), de los Estados Unidos, “la concentración de azufre suspendida el aire es menor de 10 ppm, que indica que la concentración anual actual en los Estados Unidos es del rango de 1 a 6 partes por millón aproximadamente” (Sin, 2014, p. 9).

El aumento en concentración de SO_x en la atmósfera a largo plazo vulnera el equilibrio ecológico existente, ya que si bien el azufre se encuentra de forma natural en organismos vivos, mantos acuíferos y superficie terrestre el aumento en composición de la misma deriva en anormalidades que van desde cambios de condición del medio hasta la pérdida de la biodiversidad.

“Un solo buque portacontenedores de gran tamaño puede emitir la misma cantidad de gases de óxido de azufre que 50 millones de coches (Ver figura 3)”, (China Daily Asia, Ship Emissions Choking the Region, 2016).

Las emisiones provenientes de los buques tienen costos externos que recaen directamente a los puertos con gastos de casi 12 mil millones de euros al año en los 50 puertos más grandes, según la OECD, debido a las emisiones de NO_x, SO_x y materia particulada. Aproximadamente 230 millones de personas son expuestas directamente a las emisiones proveniente de los buques en los 100 puertos más grandes del mundo, mayormente en la costa Este y Sur de Asia y Europa (ITF, 2014).

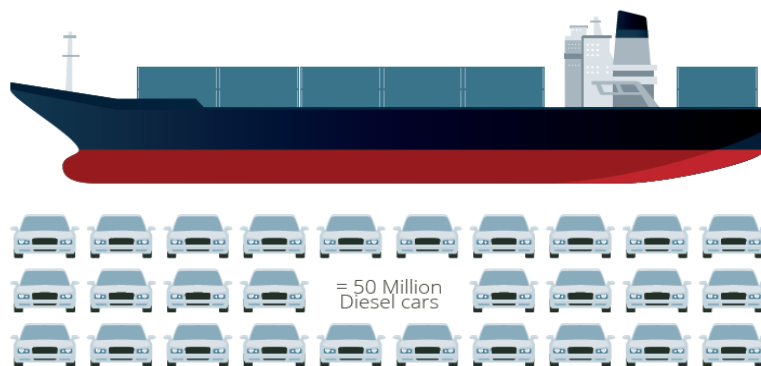


Figura 3: Comparación de emisiones de un barco y 50 millones de coches.

Fuente: IGU, 2014

2.2.2.5 Presencia en la lluvia ácida

A pesar de que los óxidos de azufre cuentan con una estructura similar, el comportamiento y efectos a la atmósfera tienden a variar, el SO_2 es higroscópico, es decir, cuando está en la atmósfera reacciona con la humedad y forma aerosoles de ácido sulfúrico que luego forman parte de la llamada lluvia ácida (Ver figura 4).

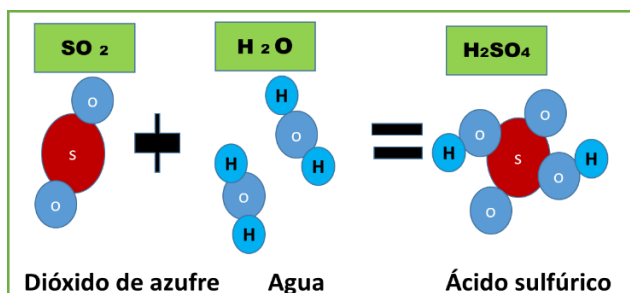


Figura 4. Formación molecular del ácido sulfúrico.

Fuente: Elaboración propia.

La intensidad de formación de aerosoles y el período de permanencia de ellos en la atmósfera depende de las condiciones meteorológicas reinantes y de la cantidad de impurezas catalíticas (sustancias que aceleran los procesos de unión molecular) presentes en el aire.

La lluvia ácida tiene impactos directos e indirectos sobre los ecosistemas, en zonas con suelos y aguas alcalinos tienen la capacidad de neutralizar los ácidos, sin embargo en zonas donde no existe el nivel suficiente de alcalinidad, los efectos son de gran impacto, reduciendo de forma drástica los nutrientes en el suelo impidiendo el crecimiento de vegetación, se afecta la resistencia de los seres vivos vulnerando su salud y reproducción, convierte sistemas acuáticos estables en entornos tóxicos reduciendo la diversidad biológica.

2.2.3 Otras emisiones ocasionadas por la combustión de los buques

Aunque sólo hemos mencionado los efectos del óxido de azufre y su regulación, hay otras emisiones contaminantes que no deben ser descartados y se mostrarán en una breve descripción.

2.2.3.1 Materia particulada (MP) y compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los procesos de combustión siempre emiten a la atmósfera partículas sólidas o líquidas de materia que no se ha quemado al completo y que contiene compuestos orgánicos volátiles como cloro benceno, anilina, acetaldehído, etc.

A parte de los problemas medio ambientales que causa la materia particulada y los compuestos de aroma desagradable que viajan en ella, también provoca grandes problemas en la salud.

La regla aplicada a los compuestos orgánicos volátiles (COV) es la regla 15 del anexo VI del convenio MARPOL, y para la materia particulada es la regla 14.

2.2.3.2 Dióxido de carbono (CO₂)

El CO₂ es el principal gas de efecto invernadero resultante de la quema de combustible entre el hidrocarburo y el aire. Aunque es un gas de origen natural o antropogénica, éste último es el responsable de los principales daños que se ha vivido en el planeta durante las últimas décadas ya que este gas al llegar a la atmósfera, contribuye al calentamiento global.

El protocolo de Kioto, adoptado en 1997, pidió a la OMI que reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello la OMI realizó estudios para recopilar datos con respecto a la cantidad de emisiones de CO₂.

A consecuencia de sus estudios, la OMI estableció tres alternativas para controlar las emisiones ocasionadas por los combustibles marinos:

- Índice de Eficiencia Energética de los Buques o EEDI (Energy Efficiency Design Index) para los buques nuevos de más de 400 de TRB o que hayan sufrido una transformación importante.
- Plan de Eficiencia Energética de los Buques o SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) para todos los buques de más de 400 TRB a partir del 1 de enero de 2013.
- Índice de Eficiencia Energética Operacional o EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator) para los buques existentes.

2.2.3.3 Óxido de nitrógeno (NO_x)

A las altas temperaturas que se alcanzan en los procesos de combustión, el nitrógeno que normalmente es inerte, reacciona con el oxígeno y forma el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). A estos gases se les conocen como óxidos de nitrógeno (NO_x) (Mesa, 2014).

Los óxidos de nitrógeno son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias; sin embargo, pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno reaccionarán con el agua formando ácido nítrico, uno de los componentes más abundantes en la lluvia ácida.

Respirar altos niveles de óxidos de nitrógeno puede rápidamente producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y la muerte.

Al igual que con los SO_x, la OMI ha ido reduciendo consecutivamente los límites de emisiones de NO_x ocasionados por los combustibles marinos, tal como se observa en el siguiente cuadro, con los datos extraídos de la regla 13 del anexo VI del convenio MARPOL (ver tabla 4 y gráfico 3).

Nivel	Fecha de construcción o en adelante	Límite de Nox, g/kWh n=rpm		
		n < 130	130 ≤ n < 2000	n ≥ 2000
Tier I	1 de enero de 2000	17.0	$45 \cdot n^{(-0.2)}$	9.8
Tier II	1 de enero de 2011	14.4	$44 \cdot n^{(-0.23)}$	7.7
Tier III*	1 de enero de 2016	3.4	$9 \cdot n^{(-0.2)}$	2.0

* Aplicado solo a buque que naveguen en ECAs con límites de Nox.

Tabla 4: Límite de emisiones de NO_x en el transporte marítimo.

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos del convenio MARPOL.

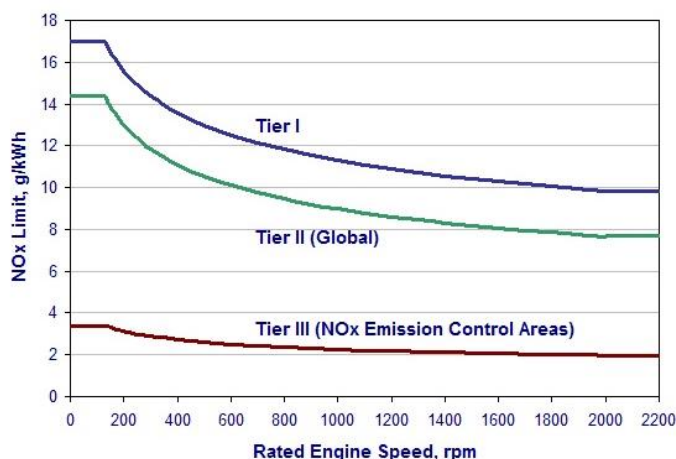


Gráfico 3: Límite de emisiones de NOx en el transporte marítimo.

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos del convenio MARPOL.

2.2.4 El combustible marino

El evento indispensable y más importante en el movimiento de los buques es, sin duda alguna, el funcionamiento del motor de combustión interna, incluso en un mundo moderno y globalizado no deja de ser uno de los eventos más importantes. Dicho movimiento no solo necesita del motor equipado como maquinaria autónoma a bordo, sino que además es indispensable el uso de un combustible que pueda aportar mediante un proceso de combustión la energía química requerida, para luego ser transformada en energía calorífica y mecánica lo que logra en su finalidad el movimiento del motor y como consecuencia el movimiento de la embarcación.

Principalmente los combustibles se obtienen del petróleo crudo, pues ésta es la materia prima para la creación de éstos, debido a que el petróleo en su estado natural no es apto para ser consumido inmediatamente en ninguna clase de motor, tiene que ser refinado para cumplir dicha función y así obtener sucesivamente más combustibles a partir de éste con diferentes características y más limpios cada vez, produciendo hoy en día los tipos de combustibles que se consumen en las embarcaciones.

El combustible es cualquier material que al ser quemado produce energía, en el caso de los combustibles marinos son una mezcla homogénea de hidrocarburos provenientes del refinamiento del petróleo. Estos combustibles producen emisiones a

la atmósfera que afectan al medio ambiente cuando se queman en un motor diésel o caldera.

Existen combustibles destilados y residuales, siendo estos últimos los más utilizados debido a que resultan menos costosos que los combustibles ligeros de bajo porcentaje en azufre. Sin embargo, de la producción general del destilado y residual sólo un 5% y 45%, respectivamente, son usados para el transporte marítimo (Ver gráfico 4).

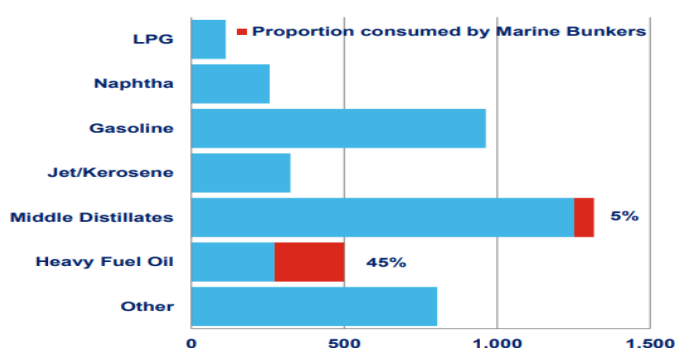


Gráfico 4: Producción global de la Refinería (2012)

Fuente: www.clarksons.com

2.2.4.1 Refinado de los combustibles marinos

Explicaremos brevemente y de manera esporádica, pues no es el objetivo en concreto de este trabajo de investigación, el cómo se obtiene los combustibles de uso marino, que será solo referencia para el desarrollo del tema.

Comienza con el crudo llegando a la refinería, este procede del lugar donde ha sido extraído, es transportado luego a la torre de fraccionamiento donde se va a producir la

fase de destilación con la aplicación de calor al crudo lo cual hace que las fracciones livianas cuyo punto de ebullición es menor se evaporen y asciendan a lo largo de las torres siendo así separadas del crudo inicial. Luego de terminado el proceso de destilación obtenemos lo que conocemos como fueloil pesado o residual (HFO). Este fueloil al ser mezclado con gasoil marino (MGO), un producto 100% destilado, se consigue el fueloil intermedio (IFO); depende de la proporción fueloil y gasoil que contenga este IFO podemos obtener las diferentes viscosidades, las de importancia para nosotros son el IFO 380 y el IFO 180 (Ver figura 5).

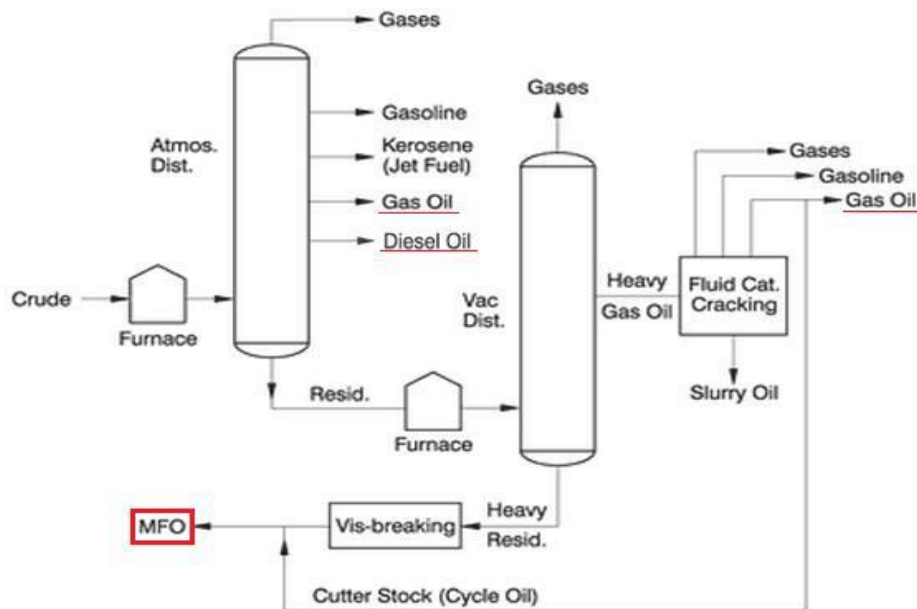


Figura 5. Proceso de refinado del combustible marino.

Fuente: “Análisis y propuesta de cumplimiento de los requisitos ambientales de los buques de short sea shipping a partir del año 2013”, Joan Boned, 2013.

El fueloil intermedio es sometido a un proceso de desulfuración, causando que éste tenga menos contenido de azufre y siendo denominado como LS IFO; los IFO que no pasan por dicho proceso y tiene más contenido de azufre son conocidos como HS IFO.

2.2.4.2 Combustibles marinos más usados por los buques

Luego de explicar los diferentes tipos de combustible y su proceso, pasaremos ahora a nombrar cuales son los más utilizados por buques mercantes: el HS IFO380, LS IFO 380, HS IFO180, LS IFO180, MGO, MDO.

Las abreviaturas de los combustibles usados en el estudio son:

- HS = Hight Sulphur/ Alto contenido en Azufre.
- LS = Low Sulphur/ Bajo en Azufre.
- IFO = Intermedium Fuel Oil 380: hace referencia a la viscosidad cinemática en centistoke (cst) a 50°C.
- IFO180: es la viscosidad cinemática en cst a 50°C
- MDO = Marine Diesel Oil.
- MGO = Marine Gas Oil.

Teniendo en cuenta que las cualidades y características que se atribuyen a los diferentes tipos de combustible varían según la zona donde éste sea comercializado, ya que los IFO son producidos siguiendo la normativa vigente del lugar donde se comercialice, esto determina que el contenido de azufre pueda variar de acuerdo al contenido máximo que pueda contener cada tipo de combustible.

De igual manera, la ISO 8217: 2017 habla sobre los: "Productos del petróleo - Combustible (clase F) - Especificaciones de combustibles marinos", como estándar mundial y así distinguir los combustibles residuales y combustibles destilados de

acuerdo con sus principales componentes (Ver anexo 5, ISO 8217). Según la ISO, los combustibles marinos se clasifican de la siguiente manera:

- MGO como DMA.
- MDO como DMB y DMC.
- IFO 180 como RME180 y RMF180.
- IFO 380 como RMG380, RMH380 y RMK380.

Cabe resaltar que los buques llevan más de un tipo de combustible a bordo debido a que el uso de cada uno va a depender del área por donde se encuentre navegando y las regulaciones prescritas, por ejemplo, se puede usar IFO durante toda la navegación pero antes de llegar a puerto se debe cambiar a MDO para cumplir con la regulación de emisión de azufre en puertos, además en lugares denominados ECA donde el porcentaje de emisión de azufre es mucho menor y es requerido usar el MGO para cumplir los estándares internacionales.

Las principales características de los combustibles más utilizados por los buques dedicados a tráficos de corta distancia son las que se detallan en la tabla siguiente (Ver tabla 5).

Dato	HS IFO380	LS IFO380	HS IFO180	LS IFO180	MDO	MGO
Denominación ISO	RMG 380	RMG 380	RME 180	RME 180	DMB	DMA
Composición	98% Fueloil residual 2% fueloil destilado	98% Fueloil residual 2% fueloil destilado	88% Fueloil residual 12% fueloil destilado	88% Fueloil residual 12% fueloil destilado	Fueloil destilados con trazas de Fueloil residual	100% Fueloil destilado
Densidad a 15°C (Kg/m ³)	991	991	991	991	900	860
Viscosidad cinemática 50°C	380 cst	380 cst	180 cst	180 cst	(40°): 11 cst	(40°): 6 cst
Punto de Inflamación	60°C	60°C	60°C	60°C	60°C	60°C
Azufre (m/m)	<3,5%	<1%	<3,5%	<1%	1,5-0,5%	<0,1%
H ₂ O (v/v)	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,3%	0%
Cenizas (m/m)	0,1%	0,1%	0,07%	0,07%	0,01%	0,01%
Contenido Carbono (m/m)	18%	18%	15%	15%	0,3%	0,3%
Vanadio (mg/Kg)	350	350	150	150	0	0
Potencia calorífica	40 MJ/Kg	40 MJ/Kg	40 MJ/Kg	40 MJ/Kg	42 MJ/Kg	42 MJ/Kg

Tabla 5. Características de los combustibles marino comunes.

Fuente: “Análisis y propuesta de cumplimiento de los requisitos ambientales de los buques de short sea shipping a partir del año 2013”, Joan Boned, 2013.

Analizando la tabla donde se exponen las características de los diferentes tipos de combustibles podemos resaltar que la principal diferencia entre ellos es la viscosidad cinemática, propiedad por la cual se determina qué IFO van a usar los buques, pues puede ser el 380 o el 180. Estas diferencias se deben a la cantidad de fueloil destilado que posee cada uno, como se puede observar en la tabla 3. La mayoría de barcos

consume el IFO 380 debido al menor costo en comparación al IFO 180 como podremos observarlo más adelante.

Gran parte de la flota mercante utiliza el IFO 380 que es un fueloil más espeso que el IFO 180, por lo cual éste tendrá que ser calentado hasta alcanzar una temperatura entre los 100 – 140 °C (variable en las especificaciones de cada motor) antes de llegar a los inyectores, el fin de calentar este fueloil espeso es que al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad y densidad haciéndolo así más fluido, en el caso del IFO 180 dependiendo de las especificaciones de cada motor, deberá ser calentado a una temperatura aproximada de 100-125°C para que pueda ser inyectado sin causar problema alguno. Cualquiera de estos combustibles, además de ser calentados, pasan por un proceso de purificación en las depuradoras, lo que permite su entrada más limpia al motor así evitando daños a lo largo de la vida del motor.

En cuanto el buque se encuentre atracado en las instalaciones portuarias, suele mantenerse solo los motores auxiliares del buque para seguir abasteciendo de energía eléctrica, en casos como éste es usado el MGO que por su reducido contenido de azufre nos permite cumplir con la normativa vigente de no usar combustibles con contenido mayor a 0,1% mientras permanezca atracado.

2.2.4.3 Refinerías de petróleo en Perú

Actualmente el Perú cuenta con 7 refinerías de petróleo aunque no con la suficiente capacidad de abastecimiento para satisfacer toda la demanda del Perú, es por ello que el país es uno de los países importadores de diésel.

Los principales productores del refinado de petróleo son las refinerías de Talara y la Pampilla, representando más del 50% entre ambos a nivel nacional.

A continuación se muestra un cuadro de las 7 refinerías del Perú (ver tabla 6).

Nombre	Propiedad/Operador	Ubicación	Destilación Primaria	Destilación al Vacío	Craqueo Catalítico (FCC)
La Pampilla	Privado/Repsol YPF	Callao	X	X	X
Talara	Estatal/Petroperú	Talara - Piura	X	X	X
Conchan	Estatal/Petroperú	Lima - Lima	X	X	
Iquitos	Estatal/Petroperú	Maynas - Lorteo	X		
Pucallpa	Estatal/Petroperú	Coronel Portillo - Ucayali	X		
El Milagro	Estatal/Petroperú	Ucubamba - Amazonas	X		
Shiviyacu	Privado/Pluspetrol Perú	El Tigre - Loreto	X		

Tabla 6. Refinerías en el Perú.

Fuente: Informe quincenal de la SNMPE.

Según un informe estadístico emitido por el Ministerio de Energía y Minas, para el 31 de diciembre de 2017 se obtuvo un promedio de 141,326 BPD (Barriles Por Día) con respecto a la producción fiscalizada de hidrocarburos líquidos (petróleo y condensados más Líquidos de Gas Natural) (Ver tabla 7).

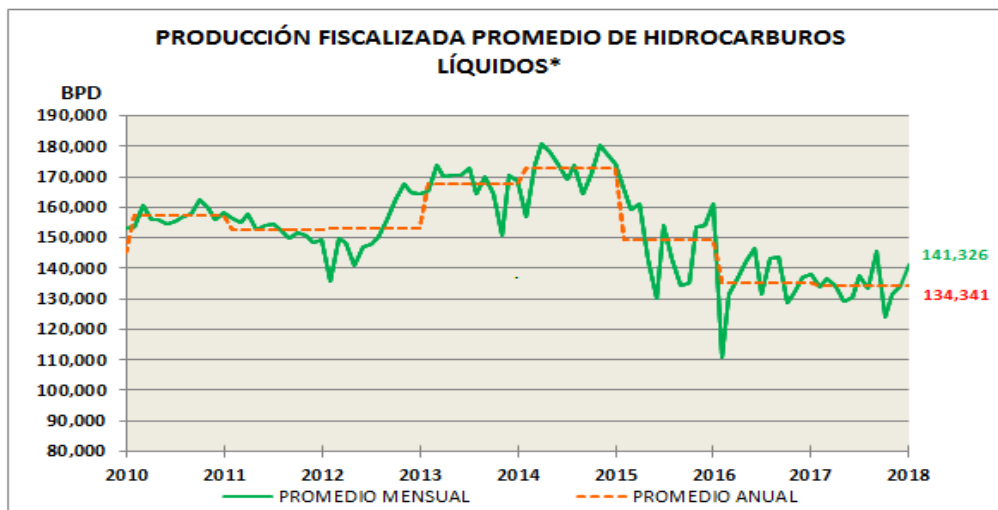


Tabla 7. Producción de hidrocarburos en Perú.

Fuente: Informe estadístico del Ministerio de Energía y Minas, 2017.

Como se puede apreciar en el siguiente cuadro, Talara representó el 31%, mientras que la Pampilla un 48%, siendo ambos los más importantes en cuanto a refinado se refiere, sumando un 79% del refinado nacional de los 274.55 MBPD (Miles de barriles por día) (Ver tabla 8).

Refinerías	Total de Cargas (MBPD)	Cargas %
Talara	85.06	31%
Iquitos	8.91	3%
Conchan	47.05	17%
Milagros	0	0%
Pampilla	133	48%
Pucallpa	0.52	0.20%
TOTAL	274.55	100%

Tabla 8. Producción de las refinerías en Perú.

Fuente: Informe estadístico del Ministerio de Energía y Minas, 2017.

Según Petroperú, la producción nacional de fuel oil residual es suficiente para el abastecimiento nacional, aunque carecemos de diésel, para poder hacer las mezclas que nos puedan proporcionar los porcentajes de 0,5% de azufre que exige la regulación OMI. Sin embargo, es importante mencionar que el contenido de azufre de los residuales que son producidos por las refinerías de Perú es realmente bajo, conteniendo apenas entre aproximadamente 1,2 y 1,3% de azufre.

2.2.4.4 Monitoreo de contenido de SOx de los combustibles marinos

De acuerdo a la OMI, cada año se lleva a cabo un registro del contenido medio de azufre a nivel global del fueloil suministrado por los proveedores a los buques (ver anexo 6).

En 2016, de las 143 141 muestras de un total de 123 171 609 toneladas de fueloil residual suministradas a los buques, se obtuvo un promedio anual de 2,58% de azufre, mientras que en 2015 fue de 2,45%; es decir, creció un 0,13% para ese año (Ver gráfico 5).

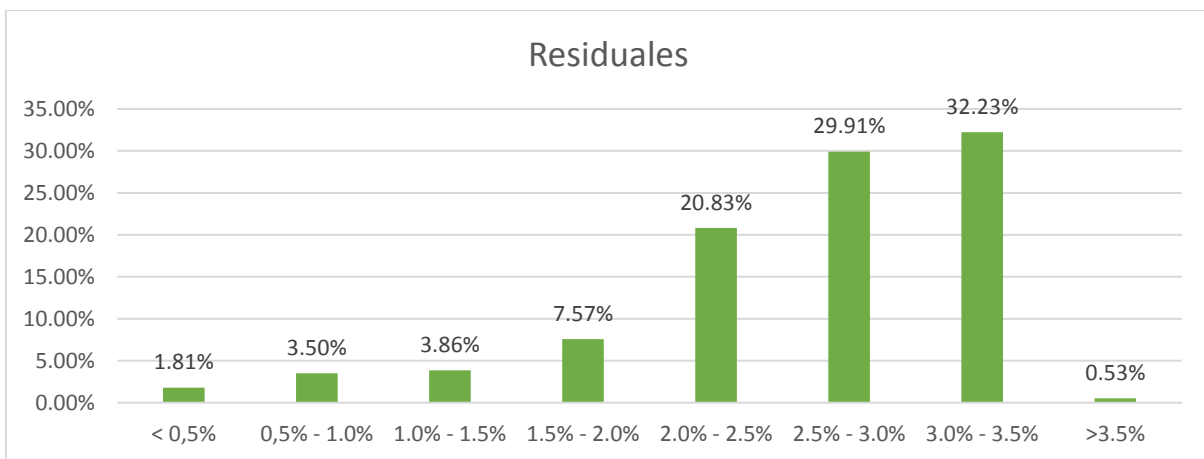


Gráfico 5: Cantidad de fueles residuales con diferentes contenidos de % de azufre en masa/masa, 2016

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del IMO.

Mientras que el fuel destilado, de las 71 901 muestras contenidas en 11 362 954 toneladas, se obtuvo un promedio de 0.08% de contenido de azufre para el 2016, siendo el mismo promedio que se obtuvo en el 2015 (Ver Gráfico 6).

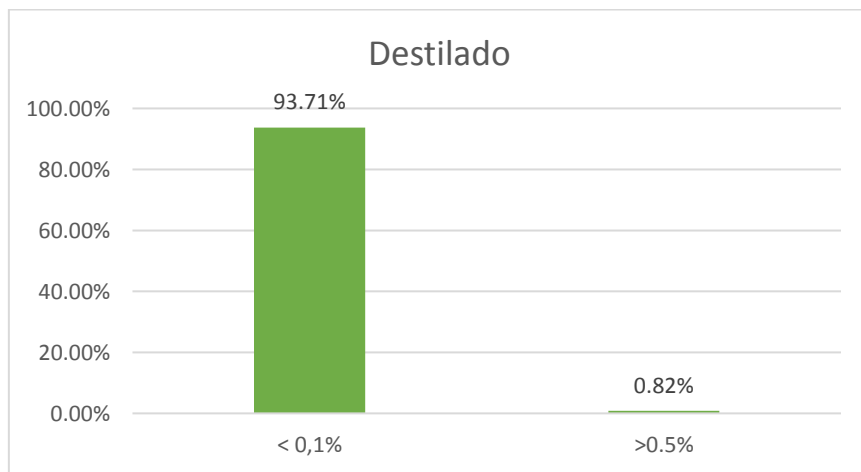


Gráfico 6: Cantidad de fueles destilados con diferentes contenidos de % de azufre en masa/masa, 2016

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del IMO.

2.2.5 Gas natural

El gas natural es un combustible formado en su mayoría por la molécula hidrocarbúrica más elemental: el metano, que consiste en un único átomo de carbono unido a cuatro hidrógenos.

El gas natural también puede contener en menor proporción moléculas de hidrocarburos más compuestos, como el butano, propano y etano, por mencionar algunos, así como estar enlazados con un porcentaje variable de nitrógeno en cantidades mínimas.

El gas natural es considerado como el hidrocarburo que tiene el menor impacto ambiental debido a que la relación de sus enlaces se encuentra completa. Cada carbono cuenta con la capacidad de unirse a cuatro elementos y cada hidrógeno a un elemento solamente, reduciendo la posibilidad de generar enlaces con compuestos no deseados a comparación de otros combustibles con cadenas más largas de carbonos e hidrógenos (Ver figura 6).

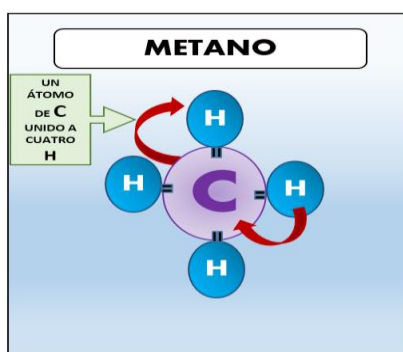


Figura 6. Molécula del metano.

Fuente: Elaboración propia.

El gas natural se encuentra normalmente en el subsuelo continental o marino, en depósitos formados hace millones de años y generados por descomposición de animales y plantas sepultados bajo lodo y arena en lagos y océanos. La presión causada por el peso sobre éstas capas más el calor de la tierra, transformaron lentamente el material orgánico en petróleo crudo y en gas natural. El gas natural se extrae mediante tuberías que desembocan en plantas de acondicionamiento, el gas natural también es considerado un combustible renovable ya que además de ser extraído de los depósitos ya existentes puede ser generado mediante la descomposición de la biomasa y por tanto su uso para sustituir a los hidrocarburos complejos perfilándose como el futuro combustible principal en los transportes.

2.2.5.1 Gas natural licuado (GNL)

El gas natural licuado (GNL) es el producto de la licuefacción del gas natural. El proceso de licuefacción consiste en ciclos de compresión-expansión que llevan al producto al enfriamiento a menos de -162°C , de forma que el gas se convierte a líquido a presión atmosférica en su forma líquida el volumen del gas se ve reducido unas 600 veces y por tanto su transporte resulta más sencillo que si se realizara en forma gaseosa.

Durante el proceso de licuefacción también se eliminan gran parte de los elementos indeseables presentes en el gas al momento de ser extraído, aumentando de esta

manera la proporción de metano molecular existente en el gas natural, no es necesario someter al metano a ningún otro proceso pues después de esto está listo para ser enviado a zonas de consumo, mediante tanques, camiones o tuberías (Ver gráfico 7).

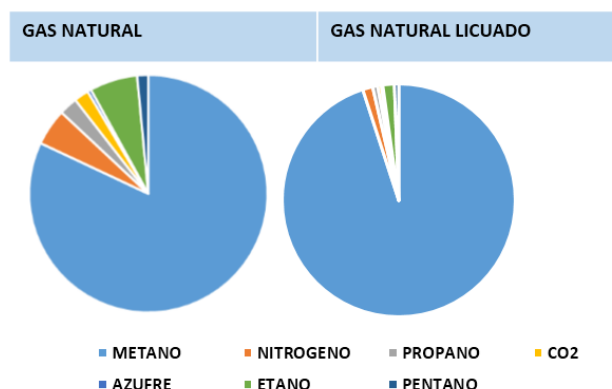


Gráfico 7. Comparativo de composición antes y después del licuado del gas natural.

Fuente: Elaboración propia.

Tras un derrame de GNL los vapores generados se disipan fácilmente si no se encuentra una fuente de calor que estimule la reacción de combustión, además estos derrames no son considerados contaminantes de agua, suelo o aire ya que a diferencia de otros combustibles no permanecen sino que se disipan.

Un peligro que podrían representar los derrames de gas natural licuado es que son inodoros e incoloros por lo cual no son detectables a los sentidos y es necesaria una serie de medidas preventivas que va desde añadir un aroma característico al gas hasta sistemas de válvulas y sensores que mantengan a los operarios informados sobre el estado del gas. También son altamente inflamables al momento de entrar en contacto con una sola chispa se desencadena la combustión total de aquellos vapores que se encuentren cerca.

Proyectos que involucran el uso de gas natural necesitan estar respaldados por empresas sólidas que cuenten con la capacidad de sustentar los gastos que genera la extracción, licuefacción, transporte y suministro del combustible debido a que las características de este son especiales en comparación a otros hidrocarburos utilizados actualmente (Ver figura 7).

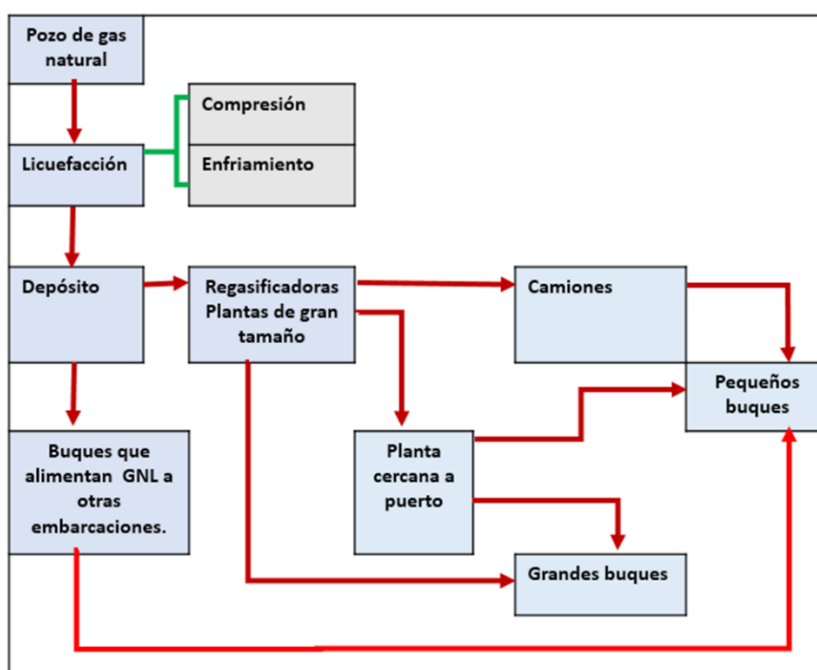


Figura 7. Ciclo de extracción y descarga de GNL como combustible marino.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.2 El GNL como combustible marino

El GNL, como combustible, resulta altamente energético en comparación con biocombustibles, energías alternas y hasta combustible convencionales ya que generan una gran cantidad de energía con cantidades en masa reducidas, pero

duplicadas en volumen, es decir el gas natural es menos denso que los combustibles convencionales y ocupa el doble de espacio.

El gas natural es además un hidrocarburo que al entrar en combustión produce considerablemente menos emisiones contaminantes que otros y por tanto cuenta con las características que le permitiría cumplir las normas más exigentes en las ECAs sobre emisiones de óxidos de azufre y de nitrógeno, así como de materia particulada (PM) y reducir las emisiones de CO₂, alternativa que se ha ido explorando desde hace algunos años.

Una contemplación al uso de gas natural licuado es que requiere de ser convertido a gas nuevamente al momento de utilizarse, se debe aumentar la temperatura para salir del estado criogénico en el que se encuentra además de ser expuesto a un sistema de compresores y descompresores que le permitan esta transición, generalmente estos sistemas son costosos y complejos y se encuentran bajo diversas normativas.

2.2.5.3 Gas natural en Perú

Durante los últimos años la producción de gas natural en el Perú se ha incrementado, principalmente desde la ejecución y operación del proyecto Camisea. Los otros dos más importantes son el yacimiento de Aguaytía y de la Costa Norte del Perú. Sin embargo, el gas natural es usado generalmente en la generación de energía eléctrica en el Perú, teniendo pocos usos en las industrias y hogares.

El yacimiento de Aguaytía, se encuentra localizado en la provincia de Curimaná, en el departamento de Ucayali, con un área total de 16,630 hectáreas. Entró en operación en 1998 con un estimado de duración entre 30 y 40 años de sus reservas, con una producción promedia de 70 MMPCD, según Osinergmin.

El yacimiento de la costa y el zócalo norte se encuentra localizado en Piura y Tumbes, aunque se encuentra en su mayoría en los reservorios en explotación asociado a la producción de petróleo, lo que produce que los costos resulten bajos. Su producción es limitada, estando su consumo por debajo de los 40 MMPCD, es decir, tiene poca demanda debido a las bajas inversiones. Según Osinergmin, las reservas probadas de gas natural en 2012 se incrementaron entre de 0.2 a 1.0 TCF, aumentando el total de reservas de 1.5 a 2.3 TCF. Además la producción anual de esta zona tuvo un máximo de 34 MMPCD solo en 2011, estando los demás años por debajo de esta cifra.

El proyecto Camisea ubicado en el departamento de Cusco, es el principal productor de gas natural, descubierto en 1984 y 1988 por Shell, los yacimientos de Mipaya, San Martín y Cashiriari. Éste es extraído y transportado a través de un ducto que se bifurca, uno para uso en Lima y Callao y el otro que se dirige a la Pampa de Melchorita para su licuefacción y transporte a varias partes del país por medio de camiones cisterna y para su exportación desde la terminal a otros países. Según Osinergmin, la producción de Camisea en el 2013 representó un total de 97% con respecto al total del país, siendo su producción fiscalizada en el Lote 88 para ese año de 509 MMPCD y del Lote 56 de 630 MMPCD.

El promedio de la producción fiscalizada de Gas Natural en el mes de diciembre 2017 fue de 1,321 MMPCD, menor en 57 MMPCD (Millones de pies cúbicos por día) comparado al mes anterior, aunque cabe destacar que se mantuvo cerca de ese promedio durante los últimos años (Ver gráfico 8).

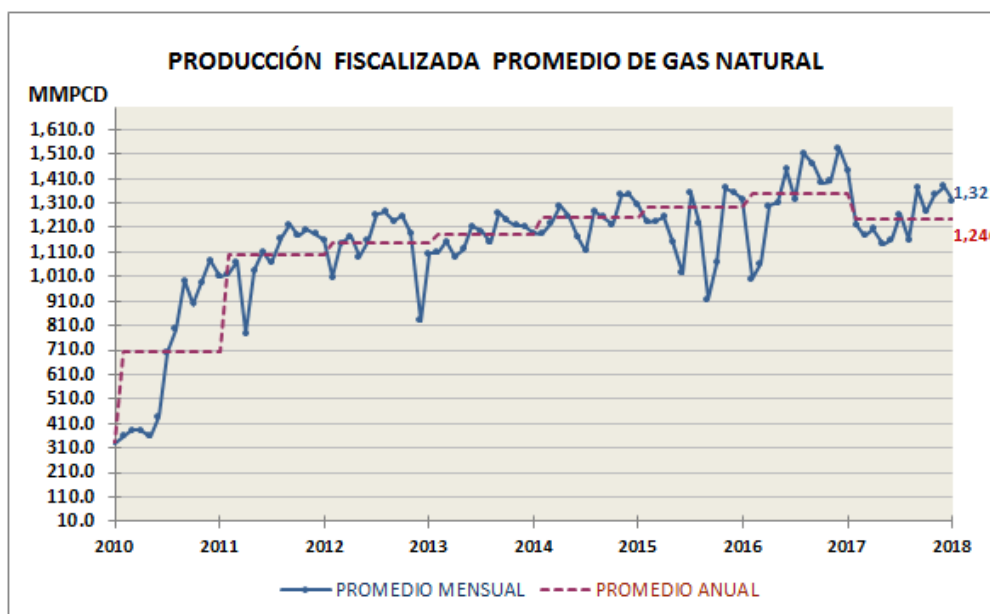


Gráfico 8. Producción de gas natural en Perú.

Fuente: Informe estadístico del Ministerio de Energía y Minas, 2017.

2.2.5.4 Normas para barcos propulsados por GNL

2.2.5.4.1 Código IGC (Para metaneros)

El código IGC (International Gas Carrier), creado por la OMI con el propósito de establecer normas internacionales para la construcción y el equipamiento de buques

que transporten gases licuados a granel, para la seguridad del transporte marítimo de los buques que transportan gas natural licuado.

2.2.5.4.2 Código IGF (Para no metaneros)

Debido a la falta de requisitos de seguridad internacionales para uso de gas como combustible en los buques tanque que no transportan GNL, se ha visto la necesidad de desarrollar un Código Internacional de Seguridad para los Buques que utilicen Gases u otros Combustibles de Bajo Punto de Inflamación (Código IGF, junio 2015, ver anexo 4), se propuso al Marine Safety Comité (MSC) de la OMI en 2004. El objetivo de la directriz es proporcionar un estándar internacional para buques con instalaciones en su máquina principal propulsadas con GNL.

The Iterim Guideline MSC.285 (86) fue adoptada en 2009 y especifica los criterios para la disposición e instalación de maquinaria propulsada por GNL con el fin de poder alcanzar un nivel de integridad en términos de seguridad, confiabilidad y calidad equivalentes a los barcos con maquinaria propulsada por combustible convencional. Después de 2009, el desarrollo de un código internacional obligatorio (código IGF) continuó y este trabajo está ahora en su etapa final con respecto a su implementación en 2017. El Código IGF será exigido por el SOLAS y, por lo tanto, será como una adición al SOLAS.

El código IGF entró en vigor el 1 de enero de 2017.

El objetivo es sentar una norma internacional aplicable a:

- Los buques que consumen combustibles de bajo punto de inflamación (Flash Point < 60°C, límite de SOLAS).
- A todos los buques que se transformen para usar GNL como combustible, independientemente de su fecha de construcción desde la entrada en vigor.
- Para uso en todo tipo de conversores de energía: motores, calderas, turbinas de gas, células de combustible, etc.
- Excepto los buques regidos por el Código IGC (aplicable a los buques que transporten gases licuados a granel).

El contenido de la segunda parte del código IGF inicia con el desarrollo de medidas para combustibles de bajo punto de inflamación, incluidos los alcoholes metílicos/etílicos, todo tipo de gases y diésel de bajo punto de inflamación.

A nivel mundial, se ha reconocido la necesidad de crear y modernizar reglas para mantenerse al día con el rápido desarrollo tecnológico y manteniendo los riesgos dentro de los límites aceptables para el uso y operación de este sistema.

Las nuevas reglas son creadas a base de experiencias en la vida real como herramientas que evalúen los riesgos, éstas contienen requerimientos funcionales permitiendo la capacidad de considerar soluciones innovadoras dentro del marco de trabajo de las reglas, también incluyen directrices claras y prescriptivas para la construcción segura de buques propulsados a GNL y soluciones conocidas. Esto, por ejemplo, significa directrices más claras para todos los espacios referentes a los tipos de tanques de almacenamiento de GNL y requerimientos criogénicos en cuanto a las tuberías de combustible que van a través del barco y para la preparación de espacios de combustible. Las reglas actualizadas proporcionan también requerimientos para

una certificación más precisas de los elementos usados en los barcos con sistema de GNL.

Por lo tanto, se reducen las preocupaciones para los armadores y los diques, ambos están examinando para encontrar soluciones estándares e innovadoras. El resultado principal es lograr reducir, eficientemente, los riesgos para los diseños de buques propulsados a GNL.

Gracias a este código, las empresas constructoras y clasificadoras deben seguir las reglas para la construcción e instalación de buques propulsados a GNL.

Cabe resaltar que debido a la puesta en vigor reciente de este código no existen aún normas o reglas específicas para las operaciones de toma de combustible ya sea mediante un buque abastecedor, en las instalaciones portuarias o de un camión cisterna. Con el tiempo se irá enmendando con nuevas normas a fin de reducir al máximo cualquier tipo de incidente y el correcto manejo del GNL (DNV, 2015).

2.3. Definiciones conceptuales

- BIMCO: (Baltic and International Maritime Council) Consejo Marítimo Internacional y del Báltico.
- Buque: todo tipo de embarcaciones que operen en el medio marino, incluidos los alíscafos, así como los aerodeslizadores, los sumergibles, los artefactos flotantes y las plataformas fijas o flotantes.
- CE Delft: consultora independiente especializada en investigación y desarrollo de soluciones innovadoras para reducir los problemas ambientales.
- Criogénico: que produce muy bajas temperaturas.
- Destilado: fluido que se obtiene mediante destilación.
- Emisión: todo gas proveniente del escape del motor de un barco.
- Enmienda: corrección o arreglo de los errores o defectos de una cosa o una persona.
- EnSys: consultoría norteamericana especializada en buscar soluciones para reducir los problemas ambientales.
- Gas-fuelled: barco propulsado por la combustión de gas natural licuado.
- Gasero: buque destinado al transporte de gas natural licuado.
- Hidrocarburo: petróleo en todas sus manifestaciones, incluidos los crudos de petróleo, el fuel-oil, los fangos, los residuos petrolíferos y los productos de refinación.

- IGC: (International Gas Carrier Code) Código Internacional para la Construcción y el Equipo de Buques que Transporten Gases Licuados a Granel.
- IGF: (International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-Flashpoint Fuels) Código Internacional de Seguridad para Buques que utilicen Gas u otros Combustibles de Bajo Punto de Inflamación.
- IPIECA: (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association) Asociación mundial del sector petrolero y gasista para asuntos medioambientales
- MARPOL: (Marine Pollution) Convenio Internacional para Prevenir Contaminación por los Buques.
- MEPC: (Marine Environment Protection Committee) Comité de protección del medio marino, encargado de los asuntos ambientales de la OMI.
- Metano: es el hidrocarburo más sencillo, cuya fórmula química es CH₄.
- Regulación: principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad.
- Sustancia dañina: se entiende cualquier sustancia cuya introducción en el mar pueda ocasionar riesgos para la salud humana, dañar la flora, la fauna y los recursos vivos del medio marino, menoscabar sus alicientes recreativos o entorpecer los usos legítimos de las aguas del mar.
- Tanque: se entiende todo espacio cerrado que esté formado por la estructura permanente de un buque y esté proyectado para el transporte de líquidos.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Formulación de la Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

H₁: La utilización de nuevas energías, tales como el GNL, cumplirán con la regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo para el año 2020.

H₀: La utilización de nuevas energías, tales como el GNL, no cumplirán con la regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo para el año 2020.

3.1.2 Hipótesis específicas

- **Hipótesis específica 1**

H_1 : El cambio en la regulación OMI reducirá significativamente las emisiones de azufre para el año 2020.

H_0 : El cambio en la regulación OMI no reducirá significativamente las emisiones de azufre para el año 2020.

- **Hipótesis específica 2**

H_2 : Existe más de una alternativa viable para el cumplimiento de la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.

H_0 : No existe más de una alternativa viable para el cumplimiento de la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.

- **Hipótesis específica 3**

H₃: Las empresas navieras más importantes en el Perú están dispuestas a aceptar y apoyar las posibles soluciones frente a la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.

H₀: Las empresas navieras más importantes en el Perú no están dispuestas a aceptar y apoyar las posibles soluciones frente a la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.

3.1.3 Variables

3.1.3.1 Variable independiente

Regulación OMI sobre emisiones de azufre.

Dimensiones:

- Regulación OMI vigente sobre emisiones SOx.
- Cambio en la regulación OMI sobre emisiones de SOx al año 2020.
- Alternativas eficientes y viables para el cumplimiento de la regulación OMI sobre emisiones de SOx.

- Decisión de las empresas navieras implicadas.

3.1.3.2 Variables dependientes

Transporte marítimo en el Perú.

Dimensiones:

- Análisis de la importancia de la regulación OMI en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020.

CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Diseño de la investigación

La presente investigación es de enfoque cualitativo.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan: “los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio” (p. 7).

Bernal (2006), señala además sobre el enfoque cualitativo: “su preocupación no es prioritariamente medir, sino cualificar y describir el fenómeno social a partir de rasgos

determinantes, según sean percibidos por los elementos mismos que están dentro de la situación estudiada” (p. 57).

Además, es de diseño fenomenológico.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014): “Su propósito principal es explorar, describir y comprender las experiencias de las personas con respecto a un fenómeno y descubrir los elementos en común de tales vivencias.” (p. 493).

4.2 Población y muestra

Para la siguiente investigación hemos tomado como población todas las empresas navieras involucrados en la movilización y legislación del transporte marítimo en el Perú, así como las fuentes de energía de uso en el transporte marítimo, tales como fuentes de propulsión y control de emisiones de azufre que cumplirían con la regulación OMI para el año 2020.

Tratándose de una investigación cualitativa, la muestra no requiere de un diseño probabilístico; sin embargo, para el objeto de nuestro estudio tomaremos como muestra solamente los más viables de las fuentes para la propulsión y control de emisiones de azufre que cumplirían con la regulación, así como las empresas navieras más importantes en el Perú.

4.3 Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
X. Regulación OMI sobre emisiones de SOx	X1.1 Regulación OMI vigente sobre emisiones SOx.	X1.1.1 Límites de la regulación actual sobre SOx
		X1.1.2 Regulación Europea
		X1.1.3 Nacional: Resolución Directorial existente
	X1.2 Cambio en la regulación OMI sobre emisiones de SOx al año 2020.	X1.2.1 Nuevo límites en el cambio de la regulación OMI que entrará en vigor el 2020
		X1.2.2 Composición de los combustibles y cuales pueden ser usados.
	X2. Alternativas eficientes y viables para el cumplimiento de la regulación OMI sobre emisiones de SOx.	X2.1 Nuevas energías que cumplan la regulación.
		X2.2 ISO 8217: 2017
		X2.3 Tecnología y operación
		X2.4 Precios
		X2.5 Disponibilidad
		X2.6 Viabilidad
	X3. Decisión de las empresas navieras implicadas.	X3.1 Recopilación de información de encuestas a los puertos.
		X3.2 Infraestructura.
		X3.3 Estudios de interés realizados por empresas navieras.
Y.-Transporte marítimo en el Perú	Y. Análisis de la importancia de la regulación OMI en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020.	Y1. Análisis de las entrevistas a las empresas navieras y puertos a nivel mundial.
		Y.2 Análisis de las entrevistas a las empresas navieras a nivel nacional.
		Y.3 Aceptación de las posibles soluciones a la regulación.

4.4 Técnicas para la recolección de datos

Para la recolección de datos se recurrió a la lectura de documentos y la observación.

Se tomaron referentes de publicaciones o datos bien conocidos y explorados en el área, para la identificación de las características, ventajas y desventajas de energías alternas seleccionadas.

Finalmente, entrevistas a las empresas navieras más importantes en el Perú.

4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

Para el procesamiento de la información se utilizó un cuadro comparativo de las alternativas de fuentes de energía tradicionales y alternas, de donde se recurrió a costo y disponibilidad para poder seleccionar los más viables para cumplir con la regulación OMI sobre emisiones de azufre para 2020, y poder ser analizados a profundidad.

Por otro lado, de las entrevistas realizadas a las empresas navieras más importantes en el Perú, se analizaron sus respuestas para compararlos y poder sacar nuestras conclusiones.

4.6 Aspectos éticos

Cumpliendo con los aspectos éticos y morales, se logró obtener información verídica a base de registros reales obtenidos mediante fuentes confiables, las cuales se describen en la bibliografía, y quienes constantemente, debido a sus funciones e intereses, realizan estudios sobre los impactos ambientales y económicos del transporte marítimo; nuestra finalidad fue consolidar y analizar toda la información relevante para plantear una solución a la presente investigación.

CAPITULO V. RESULTADOS

5.1 Determinación de alternativas de fuentes de energía

Se hizo un recopilatorio de las fuentes de energía tradicionales junto con las energía alternas renovables para poder seleccionar entre el conjunto de éstos las alternativas que más aceptación tienen en el transporte marítimo y son más viables.

A continuación se muestra un cuadro resumido de cada fuente de energía según su tipo (hidrocarburos líquidos, gaseosos, biocombustibles, entre otros) y sus desventajas.

NOMBRE	INFORMACIÓN	DESVENTAJA
Hidrocarburos Líquidos		
HFO/IFO	Combustible marino más usado en la actualidad y barato.	No cumple con la regulación de Sox para 2020. Será estudiado a mayor detalle más adelante.
MDO/MGO	Es el más usado como combustible marino, después del IFO.	Costoso. Será estudiado a mayor detalle más adelante.
Metanol	Es un alcohol que se obtiene primeramente del metano. Además se puede producir de la caña de azúcar, garbanzo, pasto, etc. Y puede ser usado en los motores duales.	Es altamente tóxico, complejo de conversión y costoso.
Hidrocarburos Gaseosos		
GNL	Gas natural usado como combustible marino principalmente por gaseros. Reduce significativamente los gases contaminantes	Costo de conversión, bunkering, etc. Será estudiado a mayor detalle más adelante.
GLP	(Gas Licuado de Petróleo). Es una mezcla balanceada de hidrocarburos volátiles principalmente propano y butano (Petroperu).	Requiere mucho espacio para almacenamiento en los tanques ya que consume demasiada cantidad de este combustible. Además, no son adaptables a cualquier motor y produce problemas a largo plazo. Costoso.
Biogas	Es un gas que se origina en diferentes medios naturales y dispositivos específicos por la biodegradación de la materia orgánica. Es una energía limpia y renovable.	La producción de este combustible genera altos costos, así como su sistema de almacenamiento. Por su composición, genera gases de efecto invernadero.
Hidrógeno	Es un combustible incoloro e inodoro, y es un recurso muy abundante, y limpio ya que no libera CO2.	Puede ser inflamable al ser liberado. Requiere reducir su temperatura para poder ser almacenado, por ende también requiere altos costos.
Biocombustibles		
Biodiesel	Proveniente de aceites de girasol, higuera y soja, grasas animales, entre otros. Puede utilizarse en motores diésel.	Resulta escaso y costoso, además de implicar modificaciones al motor debido a que genera corrosión en diversas partes constituidas por hierro (Dector <i>et al</i> , 2016).
Bioetanol	Forma de alcohol de origen vegetal. Se origina a partir de la caña de azúcar, maíz, etc, y se utiliza como combustible para vehículos de motor, mezclado constantemente con la gasolina.	No cumple con las características estructurales y energéticas para satisfacer las necesidades de una embarcación. Al igual que el metanol, contribuye a provocar gases de efecto invernadero (Sousa, 2009). Poca disponibilidad.
Nuevas tecnologías		
Pila de combustible	Es un dispositivo electroquímico capaz de convertir directamente en electricidad la energía contenida en un combustible. Esta obtención de electricidad, en forma de corriente continua, se lleva a cabo sin la necesidad de ningún proceso de combustión, ya que la oxidación del combustible y la reducción del comburente se producen en lugares físicos diferentes (Mayandía, 2009).	Este dispositivo requiere hidrógeno para funcionar, y estos son requeridos producción, distribución que son altamente costosos, lo mismo que poder almacenarlos. Además por no tener mucha demanda, es muy costoso.
Energías limpias		
Energía solar	Es una energía renovable obtenida a partir de los rayos solares que usa sistemas de generadores termo solares y generadores fotovoltaicos.	Su tecnología es bien conocida aunque sus usos sean pocos y limitados. Produce bajo rendimiento y su instalación resulta costosa.
Energía eólica	Fuente de energía renovable obtenida del viento. Usa velas convencionales, sistema de aerogeneradores para producir energía eléctrica destinada a usos auxiliares propios del buque, o incluso para reforzar la propulsión del motor principal.	Tomados durante la crisis petrolera, fueron abandonadas en su mayoría las pruebas a pesar de sus resultados favorables. No es una energía muy predecible y podría ser difícil de controlar el viento. Ocupa mucho espacio y puede resultar costoso su infraestructura, así como sería imposible almacenar su energía.
Otros		
Energía Nuclear	Es aquella energía obtenida a partir de la reacción de fusión o fisión que se produce en el núcleo de un átomo, así poder generar energía eléctrica.	Debido a que funciona con el uranio, es radiactivo y su producción generaría costos y contaminación. Es altamente costoso, limitado peligroso.

Como se puede observar en el cuadro, todas las fuentes de energías presentan desventajas, por lo que se ha descartado las energías alternas ya que algunos de están en su fase incipiente y resultan demasiado costosos y de difícil acceso, además de su baja disponibilidad.

Los mejores candidatos para cumplir con la regulación OMI sobre emisiones de azufre para el año 2020, son los combustibles tradicionales: los residuales IFOs con ayuda de los scrubbers y los destilados (MGO/MDO); y el GNL.

5.2 Alternativas más viables según estudio

5.2.1 IFO (380-180) + Scrubbers

Comenzaremos definiendo en términos generales el termino HFO (heavy fuel oil) pues es el comienzo de la obtención del IFO. HFO traducido como fuelóleo pesado y conocido como un tipo de combustible que tiene la capacidad de generar movimiento y/o calor, además caracterizado por su densidad y viscosidad relativamente alta. Según el convenio MARPOL 73/78 el HFO es definido por una densidad superior a 900 kg/m^3 a 15°C o una viscosidad cinemática de más de $180 \text{ mm}^2/\text{s}$ a 50°C .

Estos combustibles pesados son de gran uso en el medio marino como combustible pues hasta el momento es el más utilizado, y prácticamente todos los motores diésel están diseñados para el uso de combustibles pesados. Es un combustible residual

extraído de la primera destilación del crudo, y su calidad depende bastante del crudo que haya sido usado en la refinería, para obtener varios niveles de calidad de este combustible residual se mezcla con gasoil o diésel marino y las mezclas resultantes son conocidos como fueloil intermedio (IFO).

Es en esta etapa que el combustible pesado puede ser usado por los barcos, de la misma manera dependiendo de su viscosidad es que existen el IFO 380 y el IFO 180, los cuales son combustibles pesados mezclados con diferentes cantidades de destilado; en el caso del del IFO 380 está compuesto por un 98% de residual y solo 2% de destilado mientras que el IFO 180 tiene una composición de 88% de residual y 12% de destilado, de acuerdo a esto es que el precio del IFO 180 está ligeramente por encima del IFO 380. Existen dos tipos de IFO y se clasifican según el contenido de azufre en su composición, los de alto contenido de azufre con un máximo de 3.5% masa/masa y los de bajo contenido en azufre los cuales llegan a 1.0% de contenido de azufre en su composición.

Esto está regulado por el ISO 8217 (ver anexo 5), donde también se incluyen los combustibles destilados de los cuales hablaremos más adelante en el desarrollo de la investigación, donde especifica los requerimientos a cumplir para los combustibles usados en el medio marino para su correcto uso a bordo. Según el ISO 8217 el contenido de azufre no deberá ser mayor al límite establecido según Anexo VI del convenio MARPOL (Ver tabla 9).

	HS IFO 380	LS IFO 380	HS IFO 180	LS IFO 180
Composición	98% residual y 2% destilado	98% residual y 2% destilado	88% residual y 12% destilado	88% residual y 12% destilado
Viscosidad cinemática a 50°C mm ² /s	380	380	180	180
Densidad a 15°C kg/m ³	991	991	991	991
Punto de inflamación	60°C	60°C	60°C	60°C
Azufre	3.5% máx.	1.0% máx.	3.5% máx.	1.0% máx.
Potencia calorífica MJ/kg	40	40	40	40

Tabla 9. Características de los IFO

Fuente: Elaboración propia. Datos referidos a DNV e ISO 8217

Debido a la regulación de contenido de azufre que entrará en marcha a partir del 1 enero del 2020, los combustibles antes mencionados no podrán ser usados para el transporte marítimo puesto que el contenido de azufre que liberan luego de la combustión supera los límites permisibles, lo que significaría la caída de una parte importante de la industria marina.

Para esto nuevas tecnologías que permiten reducir el contenido de azufre en las emisiones han sido elaboradas, y la de mayor aceptación han sido los scrubbers (EGCS) “Exhaust gas cleaning system”, los cuales mediante un proceso de lavado en los gases permite catalizar el contenido de azufre, liberando a la atmosfera gases limpios de azufre.

Según SEDIGAS (Asociación española de gas) en un estudio realizado y Mihaela Sin (2014) en su tesis *“Instalación y análisis de un sistema de limpieza de gases de escape para un buque ro-ro”*, concluyeron que el equipamiento de scrubbers puede ayudar a reducir la emisión de SOx entre un 95 a 99% teniendo en cuenta el uso de combustibles pesados como lo son los IFO, lo cual permitiría a los buques seguir usando un combustible relativamente de bajo costo y a la vez cumplir con la normativa OMI que reduce las emisiones a nivel mundial a un 0.5%.

Según Clarkson's Shipping Intelligence Network (SIN), para el 1 de diciembre del 2017, el número de buques equipados con scrubbers alcanzó un total de 240. Éstos estuvieron conformados por 57 Ro-Ros, 62 entre cruceros y ferries, 25 buques tanque gaseros y 23 tanqueros, así lo hizo saber Alex Springer en la página web de la SIN.

“El crecimiento de la flota de buques equipados con scrubbers se está acelerando, con la proporción de nuevos contratos para equipar los buques con scrubber, ya que éstos se han incrementados desde 1% en el periodo de 2012-15 a aproximadamente 5% en 2017”, fue lo que dijo Alex Springer de Clarkson's.

Los scrubbers están regulados por la OMI detallando el equipamiento, funcionamiento, inspecciones, verificación, certificación, así como también los requerimientos específicos para medir el contenido de azufre que se libera a la atmósfera y el monitoreo del agua usada para el lavado, y esto está dividido bajo dos esquemas:

Esquema A: (Type Approval) Demanda una significativa evaluación y un proceso de resultados aprobatorios para su homologación.

Esquema B: (Continuous Emissions Monitoring) Requiere el uso de un sofisticado equipo de monitoreo de emisiones.

Ambos esquemas están reglamentariamente aprobados y las sociedades clasificadoras tienen la obligación de otorgar un certificado de aprobación de clase luego de su implementación en un barco, debidamente realizadas las verificaciones e inspecciones previas.

Según la sociedad clasificadora “Bureau Veritas” existen tres tipos de scrubbers (Ver figura 8).

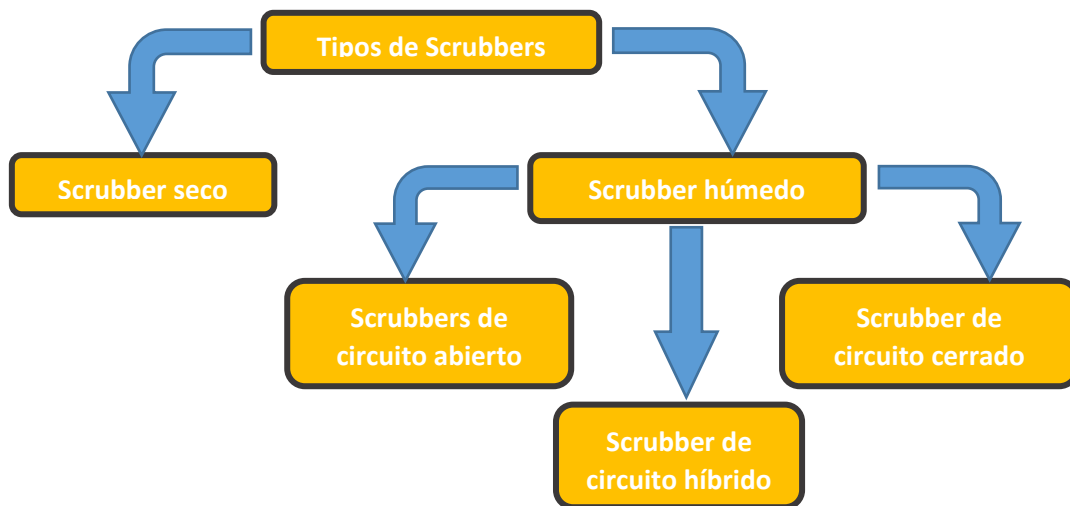


Figura 8: Tipos de Scrubbers.

Fuente: Elaboración propia, en base a Bureau Veritas

5.5.1.1 Scrubber tipo seco

Casi todos los sistemas que actualmente son instalados a bordo de los buques son de tipo húmedo pues es el más usado hoy en día, por otro lado la posibilidad de

instalación de tipo secos se está haciendo más frecuentes en el sector marino puesto que su tecnología se viene desarrollando. Según Sin (2014) estos sistemas podrían llegar a eliminar hasta el 99% de SOx mediante el uso de un reactor lleno con hidróxido de calcio granulado.

Con la implementación de este sistema de lavado tipo seco, se ve favorecido el consumo energético pues es casi insignificante. Por otro lado, nos permite eliminar una parte de emisiones de NOx en los gases de escape y el material utilizado para el lavado es fácilmente manejable y puede ser reciclado para ser usado más de una vez (Ver figura 9).

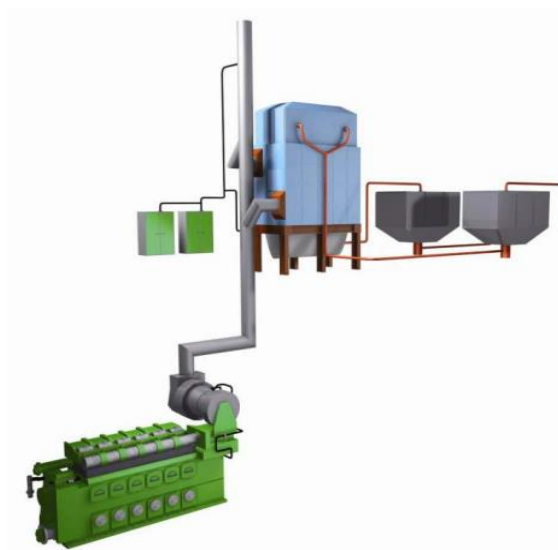


Figura 9: Ejemplo de instalación de Scrubber tipo seco para un buque.

Fuente: MAN DryEGCS System

5.2.1.2 Scrubber tipo húmedo

5.2.1.2.1 Scrubber de circuito abierto

En este tipo de scrubber se utiliza el agua de mar para el lavado de gases, la cual luego de un proceso vuelve a ser descargada al mar. Utilizando el agua de mar se logra neutralizar las emisiones de SO_x , estos scrubbers necesitan mezclar completamente los gases de escape con el agua salada para disolver el óxido de azufre.

Usando el mismo principio del funcionamiento de las torres de gas inerte por el cual en dos etapas se enfría el gas y se elimina el agua mediante un secador, los gases son introducidos por la parte baja a la torre y luego se pulverizan con el agua de mar en dos etapas. Luego el agua de salida es monitoreada y analizada para poder ser descargada al mar (Ver figura 10).

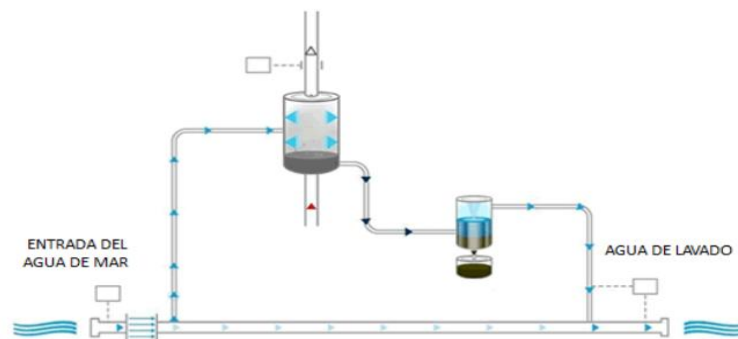


Figura 10. Esquema básico de un scrubber húmedo de circuito abierto para un barco.

Fuente: www.egcsa.com

5.2.1.2.2 Scrubber de circuito cerrado

Existen también los scrubber húmedos de circuito cerrado en el cual se hace uso de agua dulce que se trata con algún químico alcalino tal como la soda caustica para neutralizar el SOx en las emisiones y así eliminarlos. Esta agua usada en el lavado recircula y en caso de pérdidas por el repetitivo proceso se agrega más agua dulce. Los residuos líquidos que deja este proceso son analizados y pueden ser descargados al mar, mientras que lo demás se almacena para su desecho en puerto (Ver figura 11).

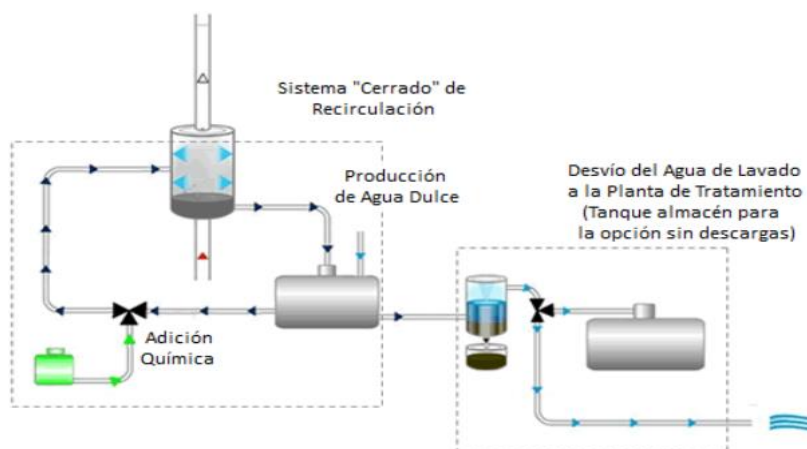


Figura 11. Esquema básico de un scrubber húmedo de circuito cerrado para un barco.

Fuente: www.egcsa.com

5.2.1.2.3 Scrubber húmedo de circuito híbrido

Este es un sistema flexible que combina el circuito cerrado y el circuito abierto, ambos sistemas operan tan cual han sido aplicados anteriormente, usando agua de mar y agua dulce con algún alcalino como la soda caustica.

La mayor ventaja de este sistema híbrido es la capacidad de adaptarse a las operaciones del barco pues requiere el uso de circuito cerrado mientras el buque este atracado en puerto o durante maniobras (Ver figura 12).

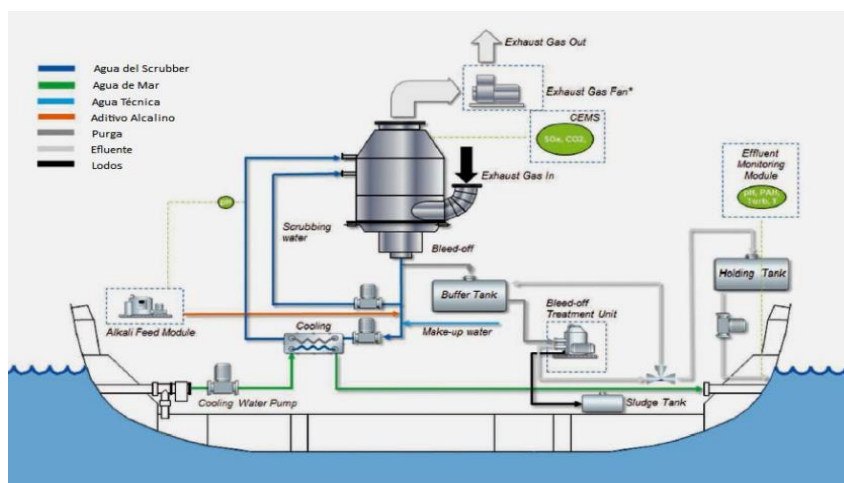


Figura 12. Esquema de un scrubber de circuito híbrido.

Fuente: Wärtsilä Corp.

Una encuesta realizada por la empresa Clarksons al mercado de combustibles marinos obtuvo como resultados la siguiente tabla, donde nos muestra los costos de instalación de los scrubbers teniendo en cuenta el tamaño del barco y el momento de la instalación el cual puede ser: instalación nueva en astillero y equipación y adaptación a un buque ya en servicio (Ver tabla 10).

Vessel Type	Estimated Newbuild Cost*	Estimated Retrofit Cost*
VLCC	\$3.0m - \$5.0m	\$4.0m - \$8.0m
MR Tanker	\$1.5m - \$2.6m	\$3.5m - \$4.5m
Panamax	\$2.0m - \$5.0m	\$5.0m - \$6.0m
Handymax	\$1.5m - \$3.5m	\$4.0m - \$5.0m
Handysize	\$1.0m - \$3.0m	\$3.0m - \$3.5m
12-14,999 TEU	\$5.0m - \$6.0m	\$6.0m - \$7.0m
1-1,999 TEU	\$0.9m - \$1.2m	\$1.0m - \$2.0m

**Based on various industry sources and calculations based on manufacturer data*

Tabla 10. Costos de instalación de scrubbers para buque.

Fuente: Clarksons research “SOx 2020: Effects on the Oil Products Markets” (2017)

Tal como podemos apreciar en la tabla anterior, los costos oscilan desde 1 a 8 millones de dólares dependiendo de la instalación que se desee realizar, lo que significa una inversión para las empresas quienes decidirán qué decisión tomar frente a la regulación de 0.5% de emisiones de SOx.

5.2.2 Combustibles destilados (MDO Y MGO)

El término marine diésel oil (MDO) es un combustible usado en el medio marítimo y está compuesto por una mezcla de destilado en su mayor proporción y una pequeña parte de combustible pesado HFO, lo que significa que no es un destilado puro. Las proporciones de mezcla entre el destilado y el residual son controladas en los procesos

de refinería y a diferencia del combustible pesado, este no necesita ser calentado en ningún momento antes de ser usado.

El marine diésel oil, al contener solo una pequeña cantidad de fuel oil pesado, puede ser considerado como un combustible destilado en varios textos, además según ISO 8217 “Petroleum products – fuel (class F)” el MDO es clasificado con un combustible destilado pues el contenido de residual lo obtiene principalmente del tanque donde se almacena y debido a la contaminación por el fuel pesado el color del MDO puede variar desde marrón claro a negro.

En cuanto a sus propiedades, según ISO 8217 tiene una viscosidad mínima de 2 mm²/s y una máxima de 11 mm²/s a una temperatura de 40°C, y su densidad a 15°C es de 900 kg/m³. Además, su contenido de azufre no debería exceder al 2.0% masa/masa pero es comercializado según “Chevron company” con un contenido de azufre mucho menor que va desde 0.3% hasta 1.5% y dependerá del contenido de azufre su valor comercial. Tiene un punto de inflamación (flashpoint) de 60°C.

Este destilado impuro es de gran uso para la navegación o maniobra en zonas de control de emisiones pues cumple con la normativa actual y llegaría a cumplir con la misma para el año 2020 puesto que presenta un contenido de azufre menor al 0.5%, pero una de sus desventajas es que no puede ser usado en zonas SECA (sulphur emission control área) pues el contenido de azufre permitido en estas zonas es de 0.1% por lo cual su uso sería imposible. Sin embargo, su demanda aumentaría considerablemente pues nos serviría como combustible de navegación mundial y no solo para entrada a puertos o maniobras como es usado hoy en día.

Por otro lado el MGO o marine gas oil es un combustible puramente destilado, estos son obtenidos luego de un proceso de evaporación del crudo en destilación fraccionada para luego ser condensados en una segunda fase. El MDO está compuesto por una mezcla neta de destilados los cuales lo hace el combustible más liviano hoy en día y a diferencia de los pesados este no necesita ser calentado durante su almacenamiento ni para su uso.

Según ISO 8217 es considerado un destilado puro, por lo cual tiene un color transparente a claro. Y al no contener ningún tipo de residual, tiene una viscosidad baja que permite bombearlo a bajas temperaturas sin problemas. Además, en comparación con los demás combustibles el marine gas oil contiene significativamente menos partículas y hollín. El precio de estos combustibles livianos es mayor en comparación a los residuales por lo cual se espera una elevación en sus precios debido a que habrá una mayor demanda del producto a futuro.

Entre sus principales características encontramos, según ISO 8217, tiene una densidad a 15°C de 860 kg/m³ y una viscosidad cinemática a 40°C de mínima de 2 mm²/s y máxima de 6 mm²/s, por otro lado tiene un punto de inflamación de 60°C. Otra característica importante es el contenido de azufre en su composición, la cual no debe exceder del 1.5% según ISO 8217; pero a nivel mundial en su comercialización puede ir desde 0.1% hasta 1.5% en contenido de azufre según "Chevron company", siendo el porcentaje de 0.1% el más comercializado a nivel mundial puesto que el principal objetivo de este combustible destilado es el de cumplir con la normativa de emisiones para las zonas SECA.

Es principalmente usado para tránsito en zonas SECA puesto que hasta la actualidad es uno de los únicos combustibles usado que cumplen con estas limitaciones en las emisiones, también es usado para maniobras puesto que gracias a su viscosidad ofrece un porcentaje de maniobrabilidad al buque y cuando está atracado. A bordo es usado para los motores auxiliares puesto que son unidades más pequeñas en comparación con el motor principal, también para barcos de pesca y remolcadores (Ver tabla 11).

	MDO	MGO
Composición	Un gran porcentaje de destilado con algunas mínimas cantidades de fuel residual	Combustible 100% destilado
Viscosidad cinemática a 40°C mm ² /s	2 - 11	2 – 6
Densidad a 15°C kg/m ³	900	860
Punto de inflamación	60°C	60°C
Azufre	0.3 – 1.5%	0.1%
Potencia calorífica MJ/kg	42	42

Tabla 11. Características de los combustibles destilados

Fuente: Elaboración propia. Datos referidos a DNV e ISO 8217

5.2.3 Gas natural licuado (GNL)

El gas natural es un recurso natural proveniente del subsuelo en especial de los yacimientos petrolíferos, a veces solo o en otras acompañada del petróleo.

Denominado gas libre cuando es encontrado solo y gas asociado cuando este se encuentra en compañía del petróleo. Tiene una composición que puede variar debido a su fuente de yacimiento pero en términos generales según Marcelo (2006) tiene una composición de casi 95% metano, 2.14% etano, 0.29% propano, 0.11% butano, 0.04% pentano, 0.01% hexano, 1.9% nitrógeno y además algunas impurezas como helio, oxígeno y vapor de agua. Este gas es inodoro, incoloro, no tóxico y según sus propiedades solo se quema si entra en contacto con porcentajes de aire de entre 5 a 15%.

El GNL o gas natural licuado es el estado líquido del gas natural el cual ha sido previamente procesado para poder ser transportado y sus diferentes usos, a este proceso de transformación de estado gaseoso a líquido se le conoce como licuefacción. Además siendo una manera favorable para su almacenamiento puesto que al tenerlo en estado líquido puede reducir su volumen hasta en 600 veces, y permite la facilidad de su transporte en los barcos llamados metaneros.

Entre las principales propiedades del gas natural tenemos que su densidad a 15°C es de 450 kg/m³, su punto de ebullición es de -161°C y su flashpoint es de -187°C. Por otro lado, si hablamos de sus características enfocadas al medio marino podemos debatir su uso como combustible de propulsión para los buques de comercio mundial independientemente del tipo que sea, pues es muy común verlo en los buques metaneros los cuales consumen GNL para ser propulsados, lo que nos hace pensar en su uso a futuro para cualquier tipo de barco (Ver tabla 12).

	GNL
Composición	95% metano, 2.14% etano, 0.29% propano, otros como butano, pentano, hexano, 1.9% nitrógeno.
Densidad a 15°C kg/m ³	450
Punto de inflamación	-187°C
Azufre	0%
Potencia calorífica MJ/kg	54

Tabla 12. Características del GNL

Fuente: Elaboración propia. Datos referidos a DNV

Ante la viabilidad del uso del GNL como combustible, podemos añadir que este combustible sería bastante amigable con el medio ambiente pues en cuanto a emisiones por quema de combustible, según DNV, podría reducir hasta en un 99 - 100% las emisiones de SO_x, en cuanto a emisiones de NO_x puede reducir hasta en un 85%, reduciría entre un 25 - 30% las emisiones de CO₂ y en cuanto a materia particulada podría llegar a reducir entre 95 - 100% (Ver tabla 13).

ENVIRONMENTAL REGULATIONS		
Emission component	Emission reduction with LNG as fuel	Comments
SO _x	100%	Complies with ECA and global sulphur cap
NO _x , Low pressure engines (Otto cycle)	85%	Complies ECA 2016 Tier III regulations
NO _x , High pressure engines (Diesel cycle)	40%	Need EGR/SCR to comply with ECA 2016 Tier III regulations
CO ₂	25-30%	Benefit for the EEDI requirement, no other regulations (yet)
Particulate matter	95-100%	No regulations (yet)

Tabla 13. Comparativo de reducción de emisiones usando GNL como combustible.

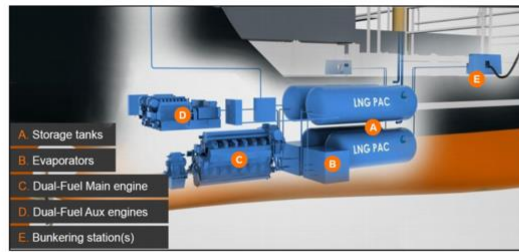
Fuente: DNV - LNG as ship fuel.

Por otro lado su uso como combustible en los barcos está regulado bajo el *ISO 20519:2017 “Ships and marine technology -- Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels”* donde se establecen los requerimientos para el bunkering de GNL, y también regula los equipos utilizados por los buques que son propulsados por GNL, y no están cubiertos por el convenio IGC “International gas carrier”. Este ISO incluye los siguientes cinco elementos:

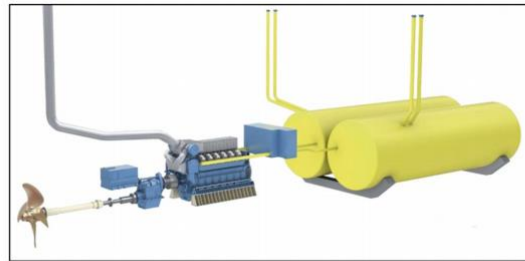
- a) hardware: sistemas de transferencia de líquido y vapor.
- b) procedimientos operacionales.
- c) requerimientos para que el proveedor de GNL entregue una nota de bunker de GNL.
- d) formación y capacitaciones del personal envuelto en las operaciones.
- e) requerimientos para que las instalaciones de GNL cumplan con las normas ISO y los códigos locales.

El ISO 20519:2017 fue creado a petición de la Organización Marítima Internacional (OMI), la Comisión Europea y el Consejo Marítimo Internacional y Báltico (BIMCO), la asociación internacional de transporte marítimo más grande del mundo.

Para su manipulación a bordo se requiere de la instalación de un sistema criogénico para el almacenamiento, procesamiento y utilización en la propulsión de los barcos. Lo que quiere decir un costo significativo de inversión para su uso como energía de propulsión, además de la elección del sistema a implementar puesto que existen dos sistemas más usados los cuales son: Un sistema de consumo único de GNL y sistema dual el cual permite usar gas y diésel dependiendo de lo requerido por el buque (Ver figura 13).



Dual Fuel
Fuente: Wärtsilä



GNL puro
Fuente: Rolls-Royce



Figura 13. Sistemas de propulsión a gas.

Fuente: Enagás “GNL como combustible marino. Situación actual y perspectivas” (2014)

En un estudio realizado por Pace Ralli, co-fundador de Clean Marine Energy, en el año 2015 determinó un aproximado del costo de conversión de los buques a un sistema de propulsión a base de GNL, teniendo en cuenta el tamaño del buque y el volumen de los tanques en relación al consumo diario para un viaje de una semana (Ver tabla 14).

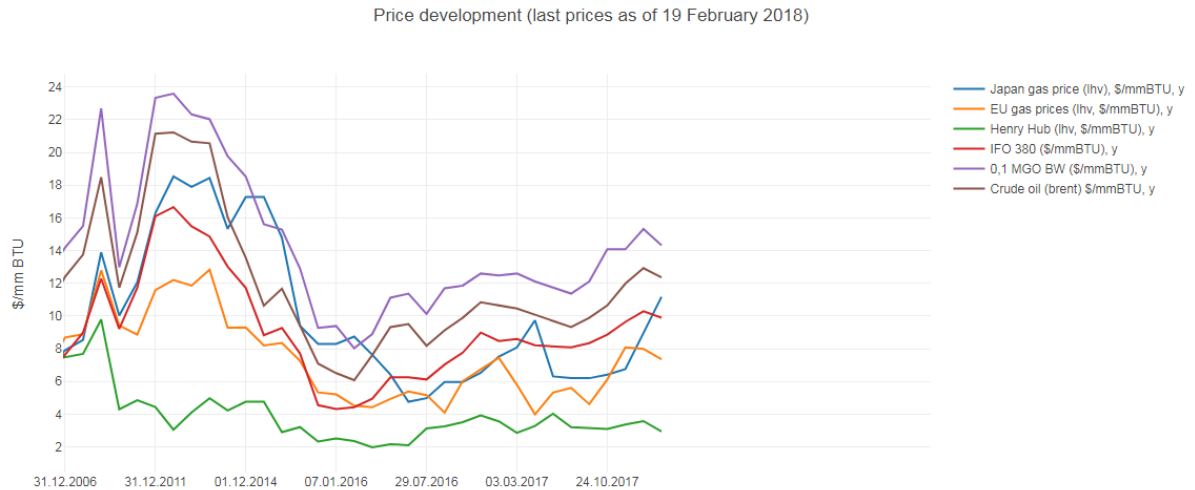
Fuel consumption		Round trip (days)	Tank size (cbm)	Conversion Cost
MGO mt/day	LNG cbm/day			
5	10	7	105	\$ 6,050,000
10	20	7	210	\$ 7,100,000
15	30	7	315	\$ 8,150,000
20	40	7	420	\$ 9,200,000
25	50	7	525	\$ 10,250,000
30	60	7	630	\$ 11,300,000
35	70	7	735	\$ 12,350,000
40	80	7	840	\$ 13,400,000
50	100	7	1050	\$ 15,500,000
60	120	7	1260	\$ 17,600,000
70	140	7	1470	\$ 19,700,000
80	160	7	1680	\$ 21,800,000

Tabla 14. Precios de conversión de buques a sistema de GNL.

Fuente: Ship&Bunker “Industry insight: A survival guide for evaluating the cost of converting a vessel to use LNG bunkers” (Ralli, 2015)

5.2.4 Análisis de los precios de los combustibles

Ahora veremos la evolución de los precios en los últimos 10 años representados en una gráfica lineal donde analizaremos la tendencia que han tenido los precios a través de tiempo y en el último año desde haberse dado a conocer el cambio en la regulación para emisiones de SOx (Ver gráfica 9).



Gráfica 9. Evolución de los precios de los combustibles más usados en el medio marítimo.

Fuente: DNV “Current price development oil and gas”.

Como se puede apreciar en el gráfico 8, de los datos obtenidos de DNV, podemos notar que en el año 2008 tuvieron una subida considerable todos los precios de los combustibles marinos, siendo siempre el MGO el más costoso debido a su bajo contenido de azufre. En el año siguiente podemos observar la caída considerable en todos los precios de los combustibles, para después subir nuevamente en el año 2012 de una manera acelerada. Luego descendieron paulatinamente los precios de todos los combustibles hasta alcanzar su precio más bajo a comienzos del año 2016. A raíz de la regulación OMI los combustibles han ido subiendo poco a poco sus precios mientras que el gas natural se mantiene firme en su valor y por debajo de todos los demás combustibles.

Parte de la viabilidad de los combustibles estudiados anteriormente recae en el precio y en su disponibilidad hacia el año 2020 por lo cual pasaremos a analizar y

comparar los precios del mes de enero del 2018, de los siguientes combustibles que son más usados en el ámbito marítimo (Ver tabla 15).

PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES MAS USADOS								
	FUENTE 1 (DNV-GL) ENE-18		FUENTE 2 (SHIP & BUNKER) ENE-18		FUENTE 3 (BUNKER INDEX) ENE-18		FUENTE 4 (PETRO PERU) NOV-17	
	\$ / mmBTU	\$ / TM	\$ / mmBTU	\$ / TM	\$ / mmBTU	\$ / TM	\$ / GALON	\$ / M3
IFO 380	10.3	395	10.4	398	10.1	387	1.53	336.5
IFO 180	10.8	415	11.1	427	10.7	412.5	1.6	351.9
MDO	X	x	x	x	15.5	585	2.17	477
MGO	15.3	620	15.9	645	16.2	655	x	X
GNL	8	371	x	x	7.54	349.6	x	X

Tabla 15. Precios de combustibles utilizando fuentes mostradas.

Fuente: Elaboración propia. Los recuadros en verde fueron convertidos a \$/mmBTU porque se encontraron precios solo en \$/TM

A continuación tenemos un gráfico donde comparamos todos los precios de los distintos combustibles y sus fuentes respectivas, donde a simple vista podemos darnos cuenta que el precio del GNL está por debajo de todos los demás tipos de combustibles, así como podemos ver que el MGO es el combustible más caro usado en el medio marítimo. También nos damos cuenta los precios en los que oscilan los diferentes tipos de combustibles (Ver gráfico 10).

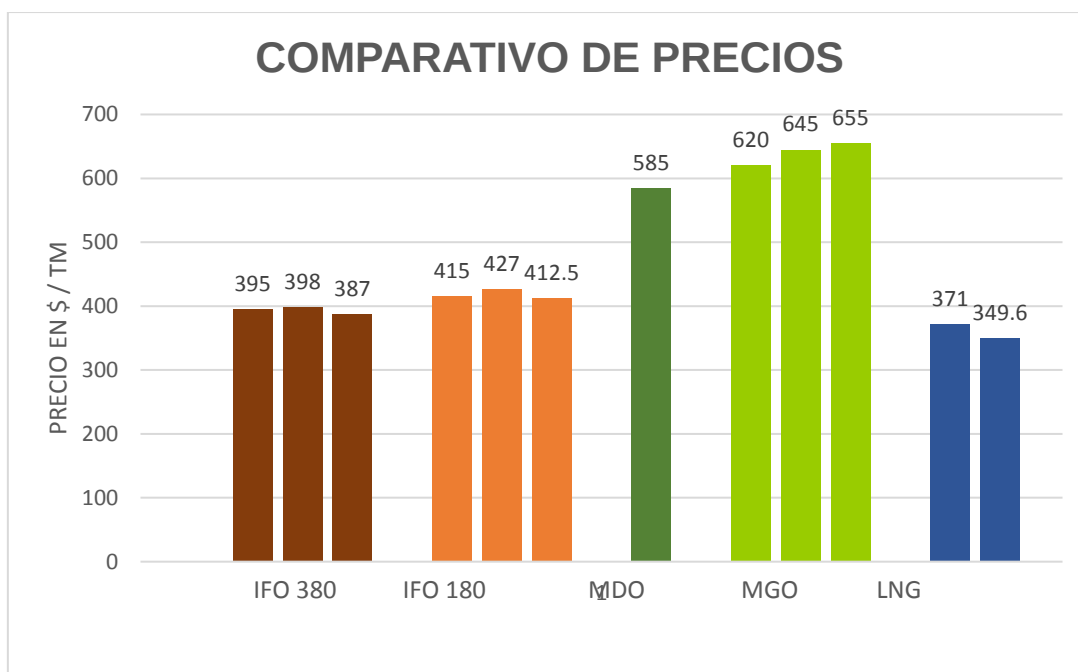


Gráfico 10. Comparativo de precios tomando en cuenta todas las fuentes.

Fuente: Elaboración propia.

Con los precios encontrados pasaremos a analizar cada uno de los combustibles para obtener un promedio en cuanto al precio, no tendremos en cuenta los precios obtenidos por Petroperú puesto la información es de un tiempo anterior y además porque varía su costo dependiendo del lugar y el proveedor de combustible.

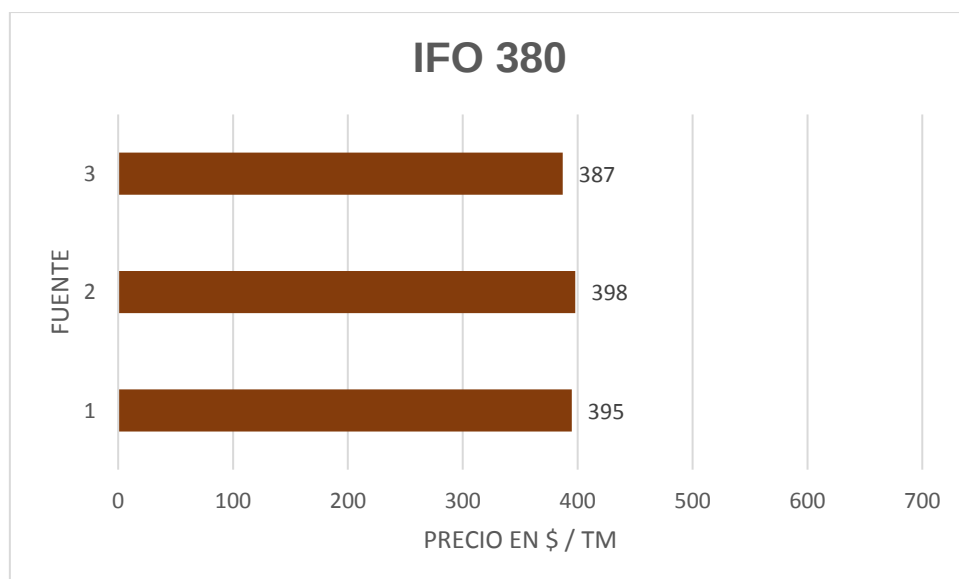


Gráfico 11: Precios de IFO 380.

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 11 podemos observar el precio del IFO 380 tomado por tres fuentes distintas, el cual nos sirve para obtener un precio promedio del 393.3 \$/TM

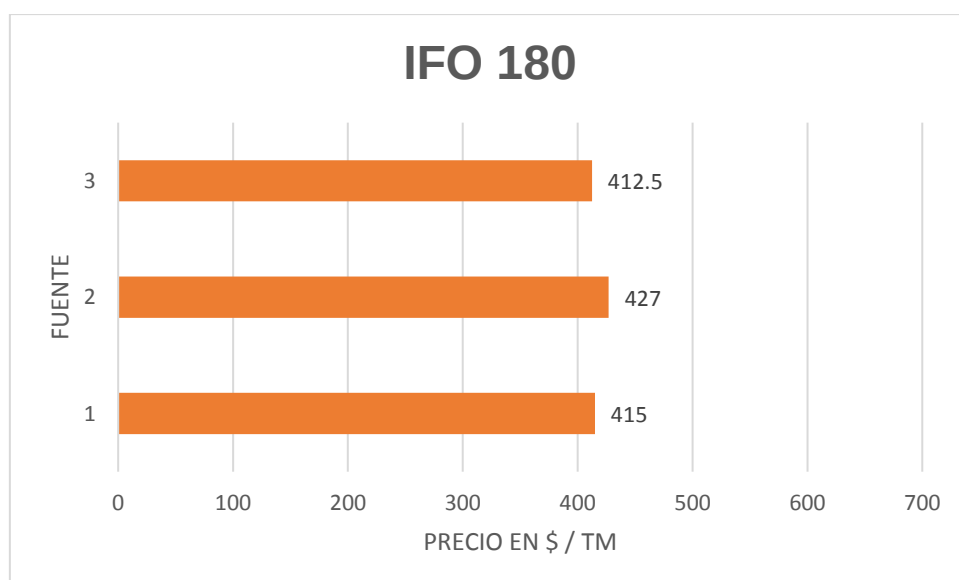


Gráfico 12. Precios de IFO 180.

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 12 podemos observar el precio del IFO 180 tomado por tres fuentes distintas, el cual nos sirve para obtener un precio promedio del 418.2 \$/TM

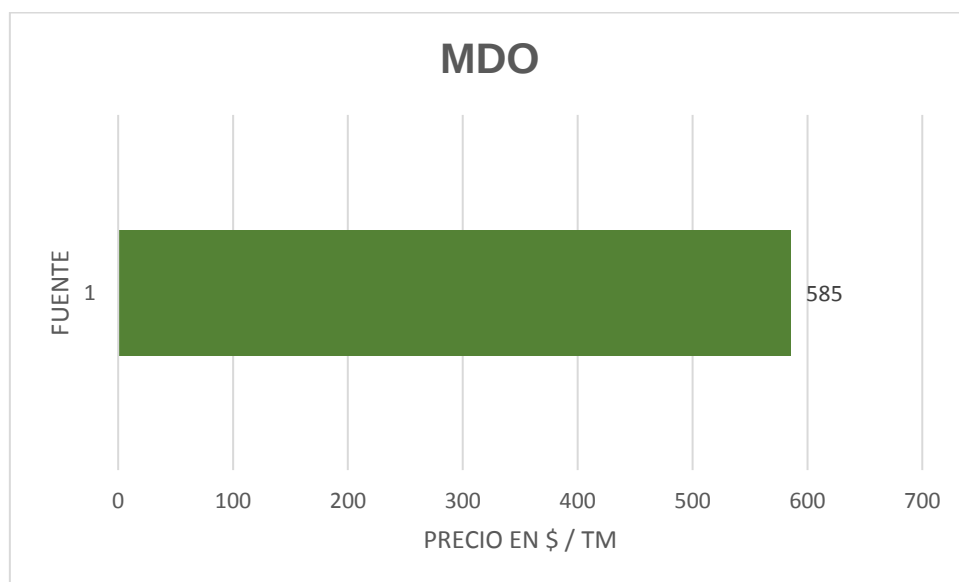


Gráfico 13: Precios de MDO.

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 13 podemos observar el precio del MDO tomado por una sola fuente pues no encontramos más precios de este tipo de combustible puesto que muchos prefieren el uso de MGO por sus cualidades, el cual nos sirve para obtener un precio promedio del 585 \$/TM.

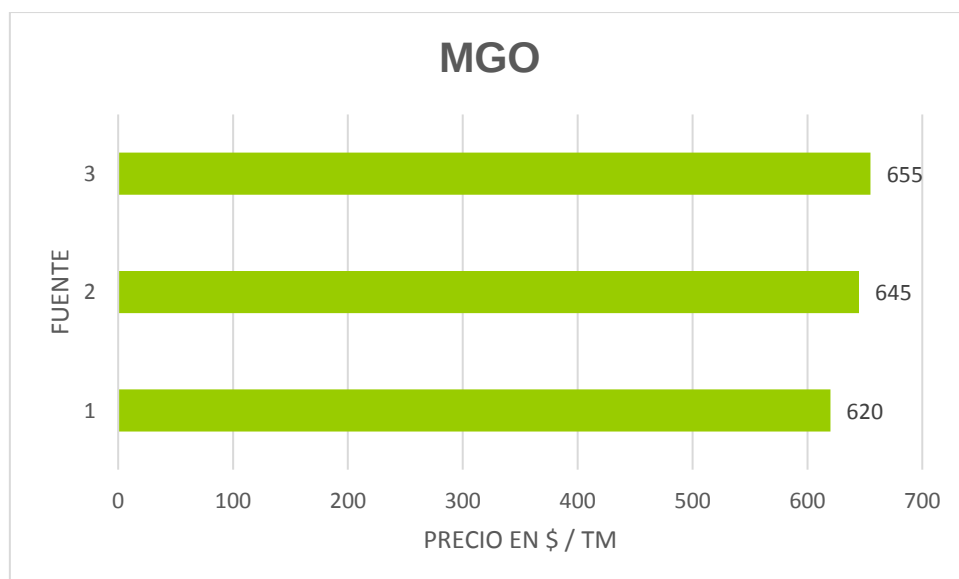


Gráfico 14. Precios de MGO.

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 14 podemos observar el precio del MGO tomado por tres fuentes distintas, el cual nos sirve para obtener un precio promedio del 640 \$/TM.

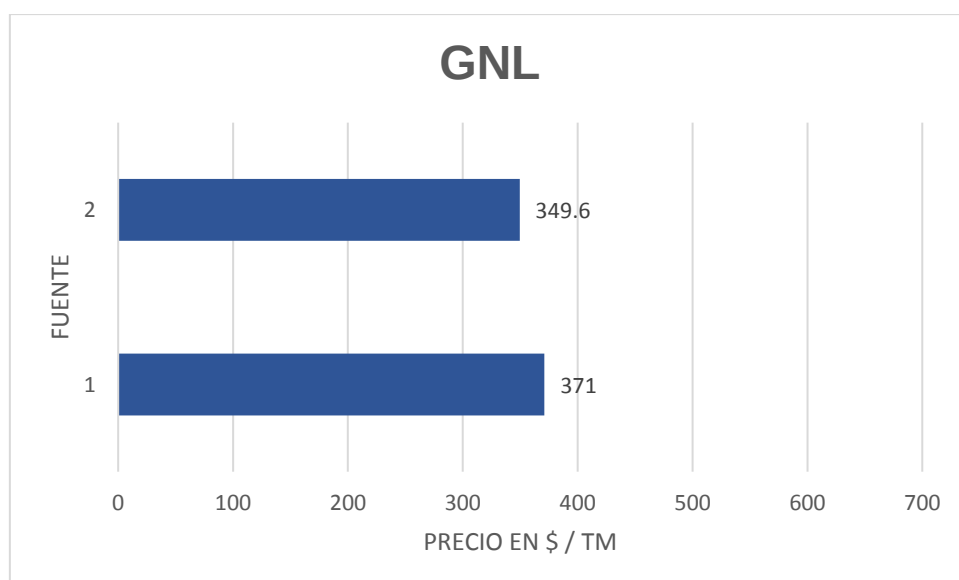


Gráfico 15. Precios de GNL.

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 15 podemos observar el precio del GNL tomado por dos fuentes distintas, el cual nos sirve para obtener un precio promedio del 360.3 \$/TM

Ahora, luego de analizar el precio de cada uno de los combustibles más usados vamos a hacer una tabla con los promedios de sus precios para compararlos y darnos cuenta de la viabilidad económica en el uso de cada uno de los combustibles (Ver tabla 16).

PROMEDIO DE PRECIOS	
PRODUCTO	\$ / TM
IFO 380	393.3
IFO 180	418.2
MDO	585
MGO	640
GNL	360.3

Tabla 16. Promedio de los precios de los combustibles.
Fuente: Elaboración propia

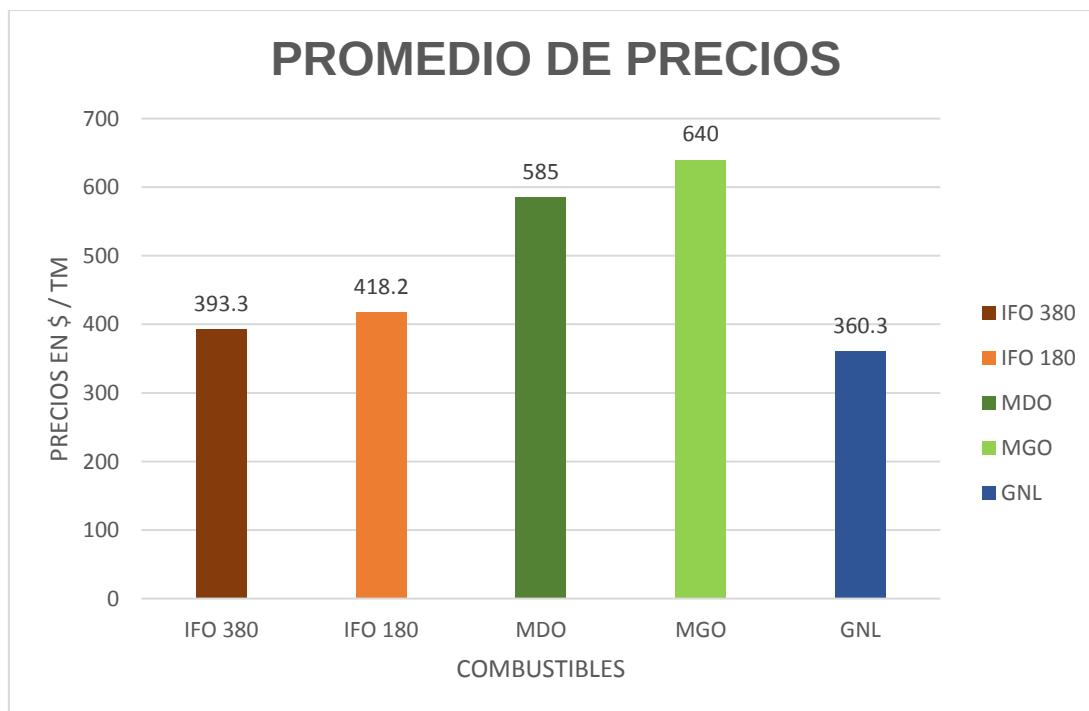


Gráfico 16. Promedio de los precios de los combustibles.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 16 y los antes mostrados podemos afirmar lo siguiente:

- El precio del GNL es el más económico en cuanto a combustibles a nivel mundial.
- El precio del MGO es el más costoso en cuanto a combustibles a nivel mundial.
- Hay una diferencia de 279.7 \$ entre el precio del MGO con el GNL.
- Hay una diferencia de 224.7 \$ entre el precio del MDO con el GNL.
- Hay una diferencia de 57.9 \$ entre el precio del IFO 180 con el GNL.
- Hay una diferencia de 33 \$ entre el precio del IFO 380 con el GNL.

5.2.5 Análisis de reducción de emisiones

También es importante analizar y asegurar la reducción de las emisiones según las posibilidades que estamos estudiando para lo cual mostraremos unos cuadros comparativos en cuantos a los gases contaminantes que emiten las alternativas de combustibles más favorables para ser tomados en cuenta para cumplir la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020. Tomando en cuenta el IFO 380 como el 100% de emisiones puesto que es el combustible que más emisiones nocivas genera luego de la combustión (Ver tabla 17).

	GASES CONTAMINANTES EN LAS EMISIONES			
	SOx	NOx	CO ₂	PM
IFO 380	0%	0%	0%	0%
IFO + SCRUBBER	98%	15%	X	X
MDO	85%	10%	0%	90%
MGO	97%	10%	0%	90%
GNL	100%	85%	25%	95%

Tabla 17. Reducción de gases contaminantes según las alternativas de combustibles a usar.

Fuente: Elaboración propia, con información referencial de ISO 8217, Sedigás y DNV.

Ahora lo presentaremos en forma gráfica individualmente, para hacer una comparación de cuanto reduce cada combustible dependiendo del gas contaminante que se genera (Ver gráfico 17, 18, 19 y 20).

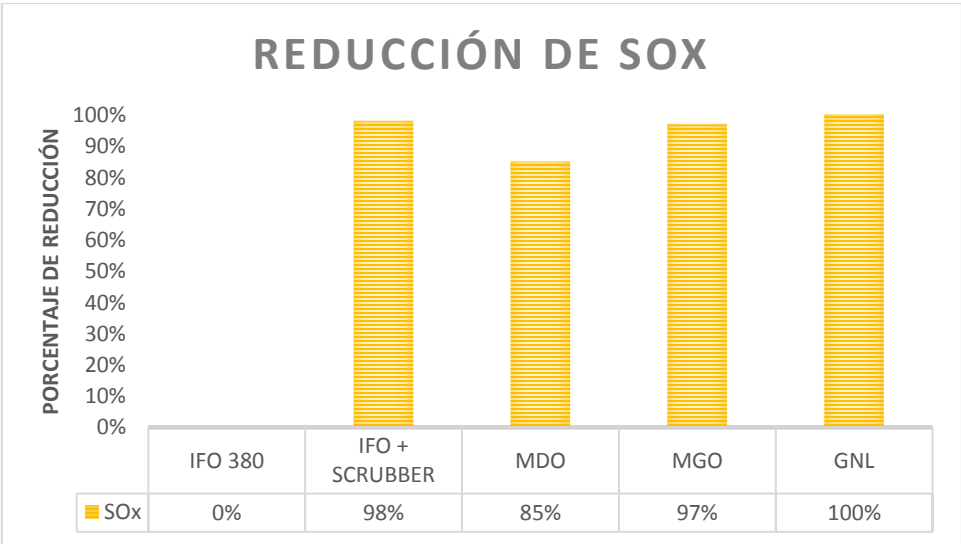


Gráfico 17. Reducción de emisiones de SOx según el combustible.
Fuente: Elaboración propia.

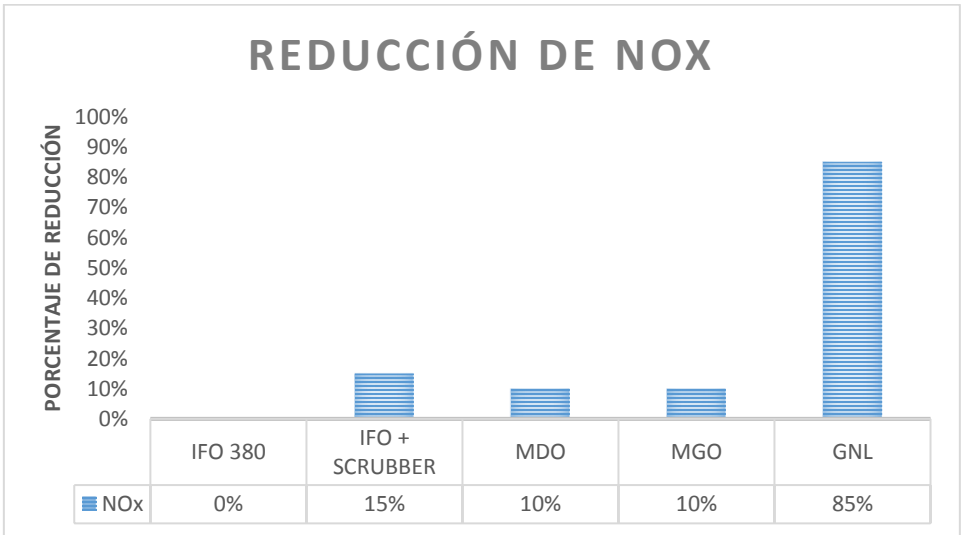


Gráfico 18. Reducción de emisiones de NOx según el combustible.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 19. Reducción de emisiones de CO₂ según el combustible.

Fuente: Elaboración propia.

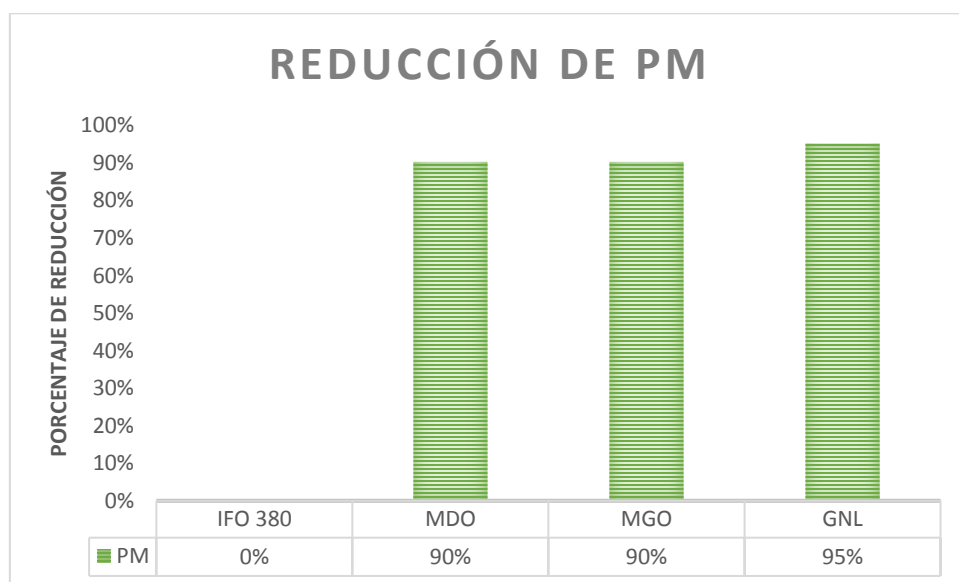


Gráfico 20. Reducción de emisiones de PM según el combustible.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.6 Cuadro comparativo de las opciones más viables

Luego de todo lo mencionado anteriormente y haciendo un análisis de los beneficios y desventajas que ofrecen cada una de las posibles soluciones ante la regulación OMI sobre las emisiones de SOx para el año 2020, elaboramos un cuadro resumiendo toda la información a tomar en cuenta y así decidir a consideración la alternativa más viable de todas (Ver tabla 18).

	BAJO EN S (MDO/MGO)	SCRUBBERS	GNL
INVERSIÓN	BAJA	MEDIO	ALTO
MANTENIMIENTO	BAJO TRADICIONAL /	ELEVADO MANTENIMIENTO Y AUMENTO DE COSTOS OPERATIVOS	UN 20% MAS QUE TRADICIONAL
PRECIO	MUY ALTO	USO IFO DE BAJO COSTO	MUY BAJO / MENOR QUE HFO Y MGO
ESPACIO	NO AFECTA	NECESITA ESPACIO EN LA CHIMENEA DE GASES DE ESCAPE	REQUIERE ESPACIO PARA LOS TANQUES
REDUCCIÓN EMISIONES	CUMPLE CON EMISION DE SOx PERO NESECITA TRATARSE PARA CUMPLIR CON TIER III (NOx)	CUMPLE CON EMISION DE SOx PERO APENAS REDUCE NOx Y NECESITA TRATAMIENTO ADICIONAL PARA TIER III	CUMPLE EMISIONES DE SOx Y ADEMAS CUMPLE NOx Y REDUCE CO2
MERCADO	CONSOLIDADO	SOLUCIÓN ACEPTABLE	BUENA ACEPTACIÓN

INFRAESTRUCTURA	TRADICIONAL	SOLO POR ORDEN / FALTA DE INFRAESTRUCTURA DE DESCARGA EN PUERTO	INFRAESTRUCTURA PORTUARIA CRECIMIENTO
DISPONIBILIDAD	BAJO	NORMAL	ALTO
MANEJO SISTEMA	NO AFECTA	REQUIERE APRENDIZAJE	MEDIO: SISTEMA CROGÉNICO
LEGISLACIÓN	NO AFECTA: ISO 8217	EN APROBACION POR LA OMI	IGF / ISO 20519
TECNOLOGÍA	CONSOLIDADO	EN DESARROLLO	EN CONSOLIDACIÓN

POSITIVO ■

REGULAR ■

NEGATIVO ■

Tabla 18. Valoración final de las alternativas más viables a cumplir con la regulación OMI sobre emisiones de SOx.

Elaboración propia. Tomando referencia: DNV “LNG as ship fuel”, Lopez (2016), Boned (2013), ISO 8217, Sedigas y otros.

A partir del cuadro antes presentado podemos analizar cada una de las alternativas y dar una opinión fundamentada de cuál es la opción más viable en todos los sentidos, que cumplirá con lo establecido por la OMI para el año 2020.

COMBUSTIBLE CON BAJO CONTENIDO EN AZUFRE (MDO, MGO)	
Ventajas	Desventajas
- No genera una inversión adicional para su uso. - Su mantenimiento es el tradicional, al ya ser un sistema conocido no presenta inconveniente. - No requiere ningún tipo de espacio adicional. - Sistema consolidado y tradicional lo cual lo hace fácil de operar. - No requiere una infraestructura adicional en puerto para uso.	- Debido a su proceso de elaboración tiene un precio elevado en el mercado. - Cumple con la regulación OMI para las emisiones de SOx pero necesita tratarse para cumplir con el Tier III de la normativa para emisiones de NOx. - Es extraído luego de un arduo proceso de destilación lo cual se da en cantidades menores y razonables, si aumenta su

Se encuentra regulado en la por la OMI según el ISO 8217.	demanda, la disponibilidad para abastecer el medio marino es escasa.
---	---

COMBUSTIBLE IFO + SCRUBBER	
Ventajas	Desventajas
- Bajo costo del combustible puesto que usa IFO que tiene un costo por debajo de los destilados. - Esta aprobado por la OMI como medida a tomar para reducir las emisiones de SOx. - Solución a corto plazo para buques que no estén en la capacidad de invertir a futuro. - No genera un gasto de energía de consideración a bordo.	- Aumenta los costos operativos debido a su costoso mantenimiento. - Requiere espacio en la chimenea para su instalación. - Cumple reducción de SOx pero apenas reduce las emisiones de NOx. - Necesita descargar en puerto todos los residuos del proceso. - Requiere cierta capacitación para su manejo. - En aprobación por la OMI pues aún no existe un convenio que los regule.

COMBUSTIBLE GNL	
Ventajas	Desventajas
- Es un recurso natural con alta disponibilidad para el abastecimiento a los buques. - Cumple con la regulación OMI sobre emisiones de SOx y además cumple con la regulación de emisiones de NOx. Reduce hasta en un 25% la emisión de CO₂ y no genera casi materia particulada. - A nivel mundial tiene una buena aceptación y un constante crecimiento en el mercado. - Es el combustible más económico pues su costo a nivel mundial está por debajo de los combustibles residuales y destilados.	- Tiene un costo de inversión elevado que según el periodo de operación del barco puede ser recuperado. - Requiere espacio para la instalación de los tanques de GNL. - Necesita que los puertos tengan instalaciones de gas para bunkering, ya sea línea, barcaza o camión cisterna. - Requiere cierto aprendizaje y capacitación debido a su sistema criogénico.

• Esta reconocido por la OMI y se encuentra regulado por el código IGF y el ISO 10519. • Tecnología en consolidación y con mucha acogida pues ya hay muchos barcos usándola.	
---	--

Parte de los costos previos y posteriores de la conversión a GNL se puede apreciar en la figura 14.

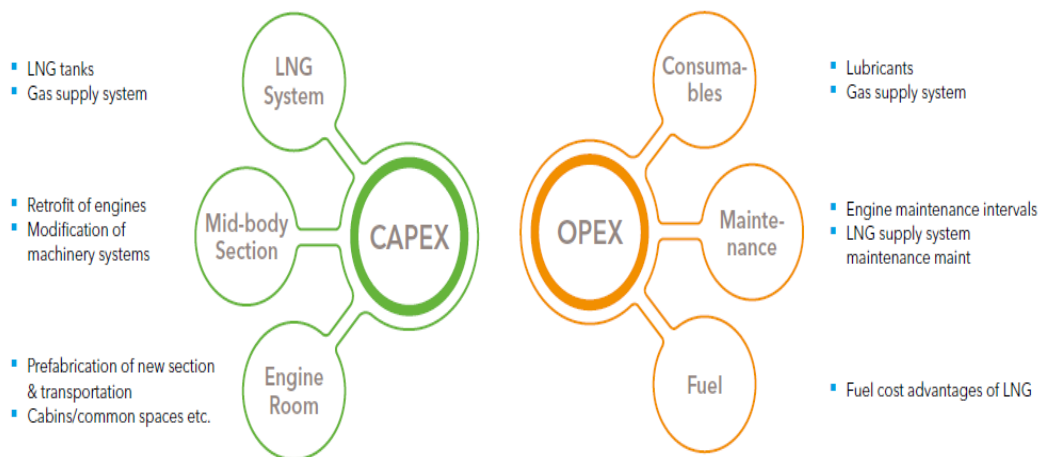


Figura 14. Costos previos y posteriores a la conversión de un barco a GNL.
Fuente: GNV “LNG as ship fuel”

Podemos afirmar luego de reconocer las ventajas y desventajas, haber analizado los precios y la viabilidad de cada una de las opciones, que en primera instancia todos los buques pretenderán usar los combustibles destilados por su bajo contenido en azufre. Sin embargo, debido a la demanda esta opción no es la más viable puesto que podrían agotar el recurso y generar una pérdida enorme a la economía marítima. Los barcos pequeños que no acepten ningún tipo de modificación en su estructura deberán usar los combustibles destilados para seguir operando.

Va a depender de que tan viejo sea el buque y la inversión costo-operativa del buque para que las compañías decidan qué sistema implementar a sus buques y de esta manera lograr el cumplimiento de la regulación sobre emisiones de SOx. Como alternativa de corto plazo se vienen implementando los sistemas de scrubbers en los buques puesto que significa una solución rápida y el uso de un combustible relativamente económico, pero este ahorro se ve afectado por el mantenimiento de los equipos de este sistema que son costosos y ya que no cumplen ayuda a cumplir con la normativa de emisiones de NOx, suma un costo adicional el tratamiento del combustible para lograr cumplir esta regulación.

Como tercera opción tenemos el uso de GNL como combustible el cual a pesar de su costo de inversión y espacio requerido viene siendo la opción más viable tanto ambiental como económicamente ya que su bajo costo ayuda a la recuperación de la inversión realizada, además al reducir considerablemente todas las emisiones se convierte en el mejor combustible para el uso marítimo. A mediano plazo, ésta será la solución general a la regulación OMI sobre emisiones de SOx pues como lo vienen demostrando las compañías en sus nuevos barcos ordenados en astillero, prefieren usar como combustible el GNL y esto se ve reflejado en la encuestas realizadas por las compañías que hacen estudios y llevan contabilidad de los barcos propulsados a GNL (Ver gráfico 21 y 22).

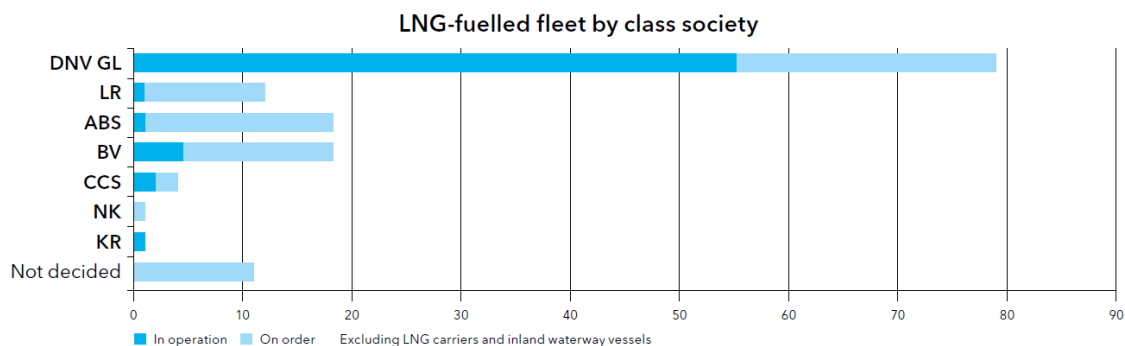


Gráfico 21. Buques en servicio y ordenados propulsados por GNL según la compañía, excluyendo los buques gaseros.
Fuente: DNV – “LNG as ship fuel”, 2015.

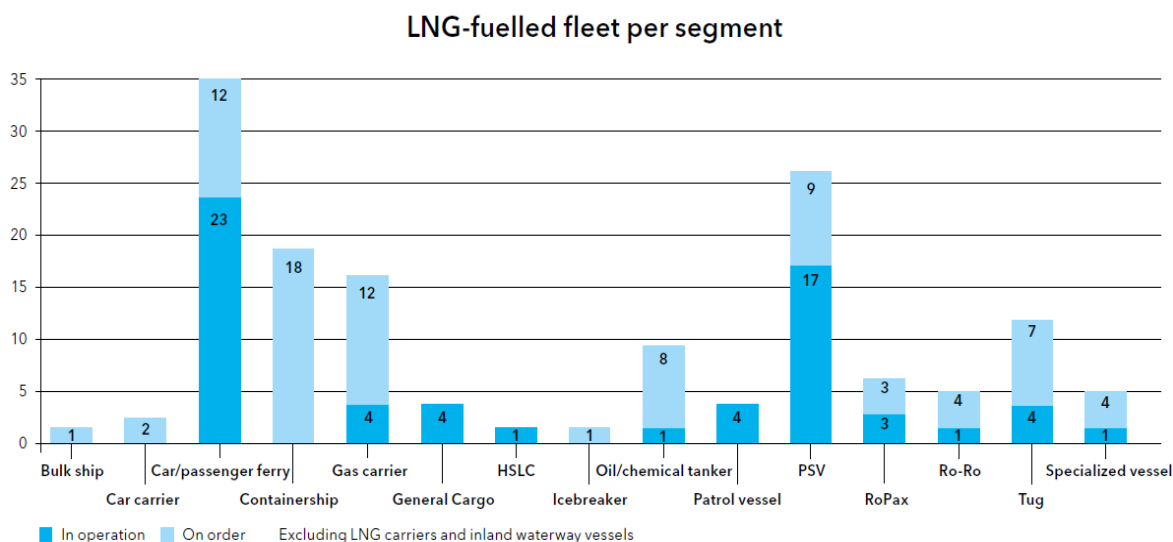


Gráfico 22. Buques en servicio y en orden propulsados por GNL según su tipo, excluyendo los buques gaseros.
Fuente: DNV – “LNG as ship fuel”, 2015

Además, cada año se lleva a cabo un nuevo reporte por Mike Corkhill de LNG World Shipping, para examinar cuán rápido ha crecido la demanda mundial de buques propulsados por gas en los últimos 12 meses.

En el año 2016, el número de LNG-fuelled ships (que no son gaseros) era de 74 en servicio y 88 pedidos. Para marzo de 2017, la flota de buques propulsados por LNG alcanzó los 200. En este informe se señala un total de 103 en servicio y 97 pedidos. Esto quiere decir que hubo un incremento de 23% en la flota mundial de barcos propulsados por gas (no gaseros) respecto del 2016 (Ver gráfico 23).

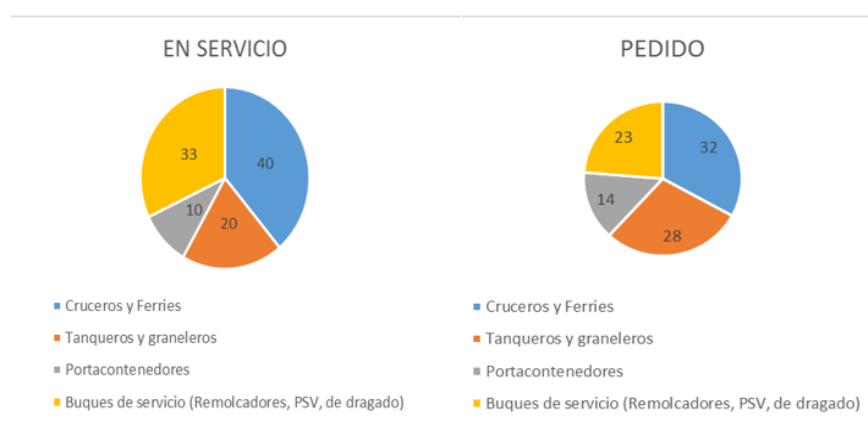


Gráfico 23: Buques en servicio y pedidos con propulsión a GNL.
Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de LNG World Shipping.

Los buques de pasaje son los que han tenido el mayor crecimiento, siendo 72 de los 200. En 2016 eran 30 buques en servicio, y en 2017 creció a 40. Con respecto a los buques pedidos, creció de 23 a 32. Esto es debido al interés que los armadores de estos buques le ponen a los combustibles más amigables con el medio ambiente como el GNL (Ver anexo 7, lista de barcos propulsados por GNL, no metaneros, 2017)

Otra ventaja que se le puede agregar al GNL es que se van descubriendo nuevos yacimientos de metano, tal es el caso de Trinidad y Tobago en el año 2017 (Ver anexo 10, lista de reserva de GNL a nivel mundial).

Si se tuviera que considerar el suministro de GNL a barcos se tendrían las siguientes opciones (Ver figura 15):

- **Terminal to Ship:** desde una instalación fija en tierra que suministra al buque.
- **Ship to Ship:** desde una gabarra de suministro de GNL hasta el buque.
- **Truck to Ship:** desde un camión cisterna hasta el buque.

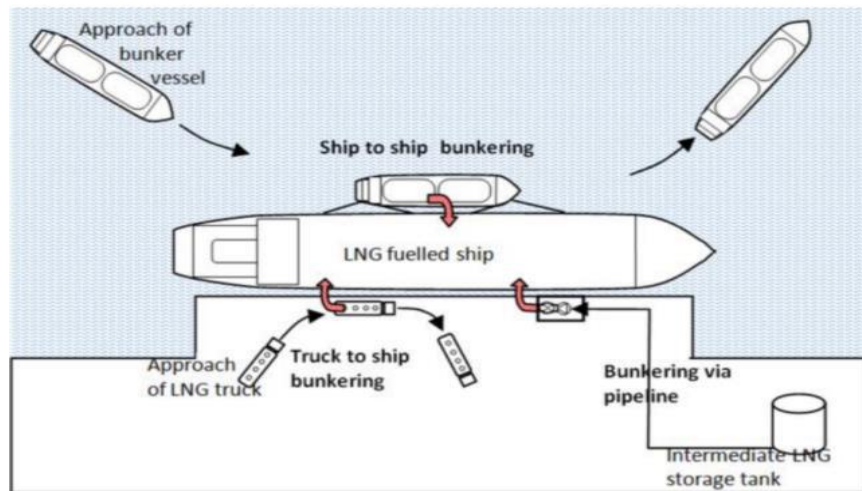


Figura 15: Opciones de suministro de GNL a buques.
Fuente: Elaboración propia.

Además hasta la fecha van creciendo las infraestructuras de los puertos de suministros de GNL, tal como se puede apreciar en la figura 16.



Figura 16: Infraestructuras de GNL en el mundo.
Fuente: DNV GL.

5.3. Encuestas de mercado sobre la regulación OMI

Hasta la fecha se han realizado varias encuestas sobre la elección de la mejor alternativa de solución para cumplir la regulaciones que son cada vez más rigurosas, y poder ayudar a los armadores y suministradores a elegir la mejor. A continuación se mostrarán un conjunto de entrevistas que organizaciones importantes hicieron a las empresas navieras y puertos.

5.3.1 Encuesta 1

La encuesta fue realizada por la empresa de investigación de mercados DBK, S.A. bajo el proyecto: *“Flexible LNG bunkering value chain in the Spanish Mediterranean Coast”* – BunkerLogix, teniendo como socios a Repsol, DNV GL, Saggas, Enagás, Puerto de Algeciras, Puerto de Barcelona, entre otros. En este estudio se hizo una entrevista telefónica a 35 empresas navieras y operadoras que operaban por los puertos de Barcelona, Valencia, Cartagena y Algeciras con el objetivo de poder crear una cadena de suministro de combustible GNL principalmente en el Mediterráneo.

Sus principales resultados se muestran a continuación (Ver gráfico 24):

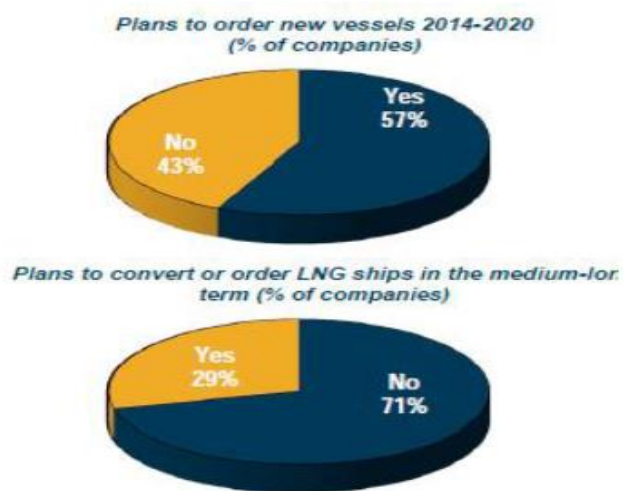


Gráfico 24: Conclusiones finales del estudio de mercado de GNL

Fuente: BunkerLogix, 2015

Entre 2014 y 2020, un 60% del total de encuestados prevén la construcción de nuevos buques. Se planea construir más de 170 buques.

Aproximadamente un 30% confirma que planean construir o convertir los buques a GNL, principalmente serán motores duales, en su mayoría, buques portacontenedores y de carga general. Esto para mediano plazo, sólo si existe seguridad de poder ser suministrados.

5.3.2 Encuesta 2

En una encuesta realizada por la Lloyd's Register en un informe de 2014 con el nombre: "Lloyd's Register LNG Bunkering Infrastructure Survey 2014", se buscó evaluar la predisposición de los puertos a crear infraestructura para el abastecimiento de LNG como combustible marino, encuestando a 15 puertos de Europa, 4 de Norte América y 3 de Asia; siendo, en su mayoría, puertos en zonas ECAs (Ver figura 17).

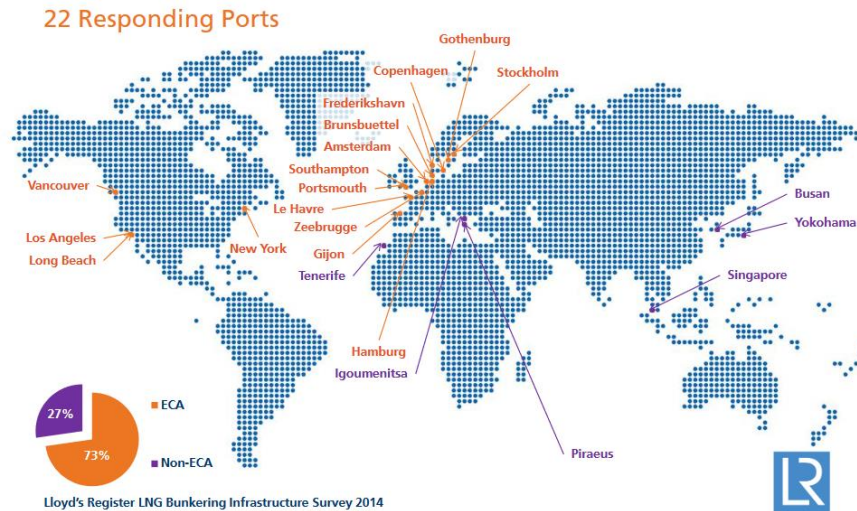


Figura 17: Puertos encuestados para el estudio de Lloyd's Register.

Fuente: Lloyd's Register, 2014

Entre sus resultados finales se obtuvo que un 59% de los puertos encuestados respondió que cuentan o tienen planeado crear infraestructura para el abastecimiento de GNL como combustible.

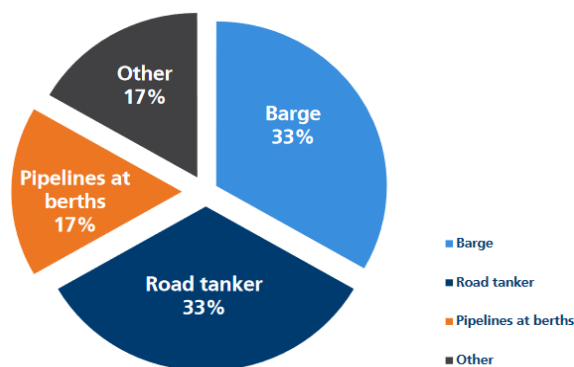


Gráfico 25: Preferencia de los puertos para suministrar GNL.

Fuente: Lloyd's Register, 2014

Como se puede ver en el gráfico 25, los medios preferidos por los puertos para suministrar GNL como combustible son la gabarra y el camión cisterna, representan un 33% cada uno.

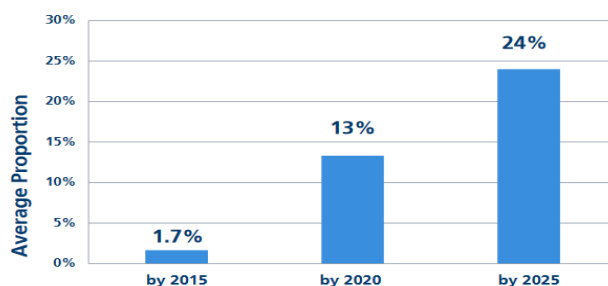


Gráfico 26: Proporción del suministro de GNL sobre los combustibles tradicionales durante los próximos años.

Fuente: Lloyd's Register, 2014

En el gráfico 26, se observa que el suministro de GNL como combustible representará un 13% del bunkering total para el 2020 y un 24% para el 2025.

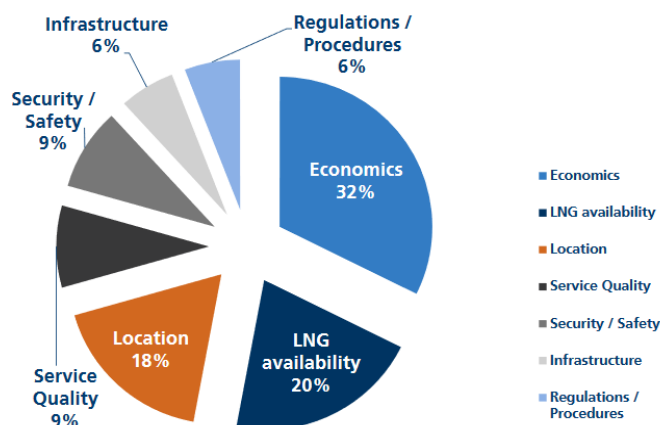


Gráfico 27: Factores que incrementarán el mercado de GNL en los puertos.

Fuente: Lloyd's Register, 2014

En el gráfico 27, se puede observar que el factor principal para poder incrementar el suministro de GNL como combustible es el diferencial de precios con los combustibles tradicionales.

5.3.3 Encuesta 3

Otra encuesta realizada por la misma Lloyd's Register a 30 armadores acerca de cómo piensan cumplir con la regulación OMI, se muestra su respuesta en el gráfico 28.

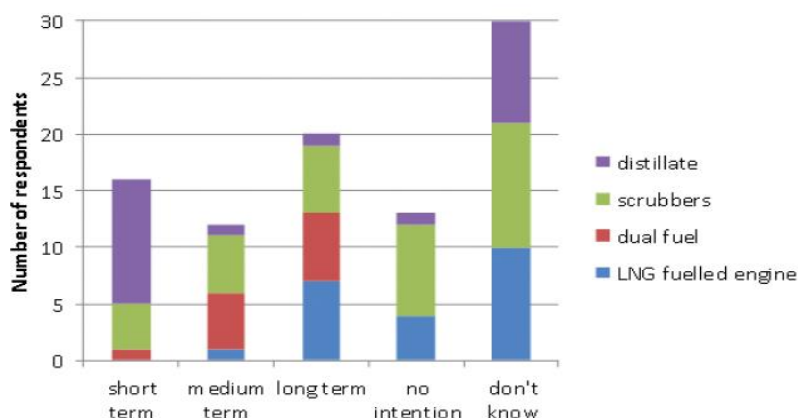


Gráfico 28. Resultado de encuesta sobre elección de los armadores para cumplir la regulación OMI sobre emisiones de SOx.

Fuente: Lloyd's Register, 2014

Como se puede apreciar en el gráfico 28, a corto plazo, el MGO es el preferido por los armadores, así lo mostraron 70% de los encuestados. A mediano plazo, un 40% optó por scrubbers y otro 40% por motores duales, dejando de lado el destilado. Sin

embargo, a largo plazo, las elecciones por los armadores se dividirán entre scrubbers, motores duales y de sólo gas. Es importante señalar que gran parte de los encuestados aún no sabe qué decisión tomar.

5.3.4 Análisis de las encuestas a nivel mundial

El resultado de esta encuesta muestra que estamos frente a un futuro de multi-combustibles y que no hay una obvia o absoluta solución que se aplique a todos los buques. Se comprueba que dependerá mucho de los plazos para adaptarse a las nuevas regulaciones, es decir, tienen preferencia a corto plazo por el destilado, a mediano plazo por el scrubber y el GNL a largo plazo.

Por otro lado, también se concluye que los puertos están dispuestos a implementar infraestructuras para el suministro de combustible de GNL en un futuro ya que se cuenta con el apoyo de nuevas compañías navieras que se están sumando a la causa.

5.3.5. Transcripción de las entrevistas a nivel nacional

Empresa Naviera Transgas Shipping Line S.A.C.

Fue el Jefe de Máquinas Manuel Pineda Marín, Jefe de Logística de Transgas Shipping Line S.A.C., quien nos atendió y nos respondió las siguientes preguntas (Ver anexo 8).

¿Qué método piensa usar la cumplir con la normativa OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020?

“Como alternativa principal o de corto plazo, definitivamente tendremos que usar el marine gasoil, como primera alternativa; segunda alternativa el scrubber, que es un sistema de lavado y puede ser de menor costo para nuestra empresa. Nuestra empresa se rige a buques gaseros y petroleros, en el cual nuestros charteadores son quienes rigen el tema de combustible, es por ese motivo que nuestra mejor opción es, a nivel Perú, usar más el MGO. Punto uno: no tenemos lugares para abastecer GNL. Punto dos: el costo de poder hacer un motor dual es elevado, tendría que haber estudios en el cual nos convenga hacer este paso de motores pero lo más esencial es que a nivel Perú sí tendríamos que optar por cambiar de combustible o comprar combustibles que ya están saliendo en lo que es IFO 180 con menor porcentaje de azufre. Como jefe del área logístico, también como parte de la superintendencia y la gestión de flota, por el momento optaría por el cambio de combustible. El scrubber también sería una buena opción pero, el tema de cambio a motores es un proyecto grande que se tendría que ver, siempre y cuando podamos tener muelles ya listos para poder tener en toda parte del Perú o en toda parte de Sudamérica, que es donde normalmente nuestros buques navegan, incluso en Centroamérica. También vemos que en Estados Unidos ya se está empezando a usar los motores duales, pero tendríamos que estar seguros de eso para no estar incumpliendo con la ley”.

¿Qué método pretendería usar en la adquisición de nuevos buques en un futuro?

“Lo más recomendable sería, si la empresa tiene la capacidad de comprarse un buque en astillero, es dependiendo mucho de donde vaya a trabajar el barco. Normalmente nuestros barcos, nuestra empresa compra barcos ya teniendo un tipo de contrato, un tipo donde va a trabajar por 5 años, 10 años, dependiendo eso, es la opción donde uno propone qué barcos va a comprar. Si tenemos una opción donde va a trabajar 10 años en Europa, y tenemos mucho abastecimiento de GNL, definitivamente optaríamos por el GNL. Pero si tenemos un contrato de 10 años que va a trabajar el buque en África, no optaría por comprar uno de GNL porque no habría donde cargar, irme a Europa cargar GNL y regresar a seguir el trabajo. Es el tema de costos. Si el buque definitivamente trabaja en Europa, optaría por un buque ya modernizado con este sistema de GNV si fuera de astillero, pero comprar un barco que solo me va a servir para un determinado lugar, 2020, estamos a 2 años, no creo que en 2 años podamos tener en toda la parte del mundo el combustible o la infraestructura para poder cargar GNL”.

Naviera Transoceánica S.A.

Fue el Superintendente del Área Técnica de la Naviera Transoceánica S.A. Jorge Baudouin quien nos atendió y nos respondió las siguientes preguntas (Ver anexo 9).

¿Qué método piensa usar la cumplir con la normativa OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020?

“Les voy a dar dos respuestas: le voy a pedir a la OMI a través de la cancillería, por este estudio que no nos toman en cuenta. En esta reunión vamos a pedir una reconsideración para que podamos seguir usando el IFO que hay en el mercado que tampoco es 3,5%, sino 1,3. Nosotros no estamos en 0,5% pero tampoco en 3,5%. Para efectos del estudio, yo sugeriría casi lo mismo que ha dicho Transgas, y lo que más se pretende a nivel mundial, usar el combustible destilado, pero es mucho más caro, se va a complicar el tema la parte comercial. Cuando contratamos los buques los contratamos por tiempo, cuando es así, el charteador nos pone el combustible, es a él a quien le va a afectar, pudiendo usar un combustible más barato usan un combustible más caro, y ahí nos van a pedir que reduzcamos los costos, por eso hay una implicancia”.

¿Qué método pretendería usar en la adquisición de nuevos buques en un futuro?

“Va a depender de cómo se manejen las refinerías en el Perú. Se tendría que hacer estudios entre los 4 a 5 años en el mercado que pueda abastecer a toda la flota del combustible requerido, si no hay en el mercado, tendríamos que comprar los nuevos buques con sus scrubbers instalados”.

Analizando las dos encuestas nos damos cuenta que las empresas navieras más importantes en el Perú pretenden usar el MGO como combustible para cumplir con la

regulación OMI sobre emisiones de SOx, aunque también presentan ciertas complicaciones, ya que esto requerirá un mayor costo la compra de este combustible.

Es importante señalar que, conjuntamente con los otros países de Sudamérica, por el momento sólo se pretende usar el MGO para cumplir con la regulación OMI sobre emisiones de azufre.

Los países importadores de MDO son Perú y Ecuador ya que no cuentan con la disponibilidad necesaria que pueda reemplazar a la cantidad de IFO que se produce en Callao y Guayaquil.

Por otro lado, tanto Colombia como Chile, producen MDO aunque no se sabe a ciencia cierta si podría igualar a la demanda requerida.

Una alternativa de solución en esta parte del continente sería optar por el GNL, ya que Perú cuenta con terminal de GNL con su planta de licuefacción en la Pampa de Melchorita desde 2010. Chile, aunque es importador de GNL, cuenta con dos terminales: Mejillones y Quintero que actualmente están activos, y otras dos terminales en que estarán en funcionamiento desde 2019 en Talcahuano y Penco. Ecuador cuenta con una planta en Bajo Alto al norte de Puerto Bolívar, que podría servir de fuente de suministro de GNL a los buques en esa zona. Mientras que en Colombia, en el puerto de Cartagena se está proyectando construir plantas de licuefacción de GNL.

Si en conjunto estos países de Sudamérica decidieran optar por implementar facilidades de abastecimiento de GNL como combustible, tal como sucede en Europa, Norteamérica y parte de Asia, los armadores podrían inclinarse por optar a usar GNL en sus buques como combustible, ya que habría muchos puertos donde abastecerse,

y, por ende, los buques que usen GNL en otros continentes y deban hacer un plan de viaje hacia América del Sur, ya no contarían con el problema de combustible.

De todo lo detallado en este capítulo V, se concluye lo siguiente con respecto a las hipótesis:

1. De acuerdo a la reducción de emisiones de gases contaminantes que produce el cambio de combustible a GNL, la utilización de combustibles bajos en azufre y hasta la utilización de tecnologías como el scrubber mostrados en la tabla 14 y en los gráficos 16,17,18 y 19 se puede afirmar que sea la opción que se elija va a traer resultados totalmente favorables para el planeta; por lo tanto, se acepta la hipótesis 1: el cambio en la regulación OMI reducirá significativamente las emisiones de azufre para el año 2020 y se rechaza la hipótesis nula.
2. Como pudimos observar en el cuadro de recopilación de fuentes de energías, se pudo concluir que sí existe más de una alternativa de solución; además de tratar sobre los costos en la tabla 12 sobre promedios de los precios de los combustibles marinos, esto nos condujo a que el GNL es el más barato; por lo tanto, se acepta la hipótesis 2: Existe más de una alternativa viable para el cumplimiento de la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020, y se rechaza la hipótesis nula.
3. De acuerdo al análisis de las encuestas por parte de organizaciones importantes a las entidades marítimas como los armadores y puertos, se comprueba que los armadores sí están dispuestos a usar el método que le

resulte más beneficioso y puedan recuperar su inversión, ya sea por destilados a corto plazo, scrubbers a mediano plazo y GNL a largo plazo; mientras que los puertos sí están interesados en adaptar sus puertos a implementar infraestructura necesaria para el suministro de GNL como combustible; por lo tanto. Además de nuestras encuestas realizadas a las empresas navieras más importantes en el Perú, se acepta la hipótesis 3: Las empresas navieras más importantes en el Perú están dispuestas a aceptar y apoyar las posibles soluciones frente a la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020, y se rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. DISCUSIÓN

Luego de concluir el presente estudio, con la información recolectada y el análisis de las posibles alternativas a usar, podemos confirmar la hipótesis general que afirma la utilización del GNL como energía alternativa rentable y a mediano plazo, frente a la regulación OMI sobre las emisiones de SOx.

Guardando relación con Coronado (2013) en su estudio “*Disponibilidad del gas natural y petróleo y la demanda mundial de energía*”, coincidimos en que el gas natural es una fuente de energía alterna que debe ser tomada en cuenta para su uso en el medio marino, puesto que la demanda de combustibles fósiles, tales como el crudo y sus derivados, en un futuro se acabarán al seguir creciendo su consumo y exploración, más ahora que la demanda de combustibles destilados crecerá considerablemente a

raíz de la normativa. También coincidimos en que el Perú debe aprovechar adecuadamente este recurso que forma parte de la economía nacional.

Estos resultados reafirman el estudio de Boned (2013) en su tesis *“Análisis y propuesta del cumplimiento de los requisitos ambientales de los buques short sea shipping para el año 2013”*, puesto que en sus conclusiones sostiene que la mejor alternativa para lograr cumplir los requisitos ambientales es el uso alternativo de GNL como combustible en los barcos que realizan viajes cortos principalmente en las costas de Europa ya que debido a las características del GNL permite reducir considerablemente las emisiones no solo de SOx sino también de CO2 y de materia particulada, teniendo en cuenta su bajo costo y accesibilidad en el mercado.

El resultado también guarda relación con lo estudiado por Vacas (2014) en su estudio: *“Prospectiva del uso del GNL como combustible en el transporte marítimo”*, donde sostiene que pensando en las regulaciones en vigor y en las que se vendrán a futuro, es necesario buscar un combustible con las cualidades y características para cumplirlas. Luego de analizar los combustibles más usados, sus beneficios y desventajas, así como nuevas propuestas, concluye que el uso de GNL como combustible es una alternativa altamente viable para el medio marino.

Finalmente, concordamos con Peña (2016), ya que en su estudio *“Ingeniería Marina: Medidas para la reducción de gases contaminantes en motores marinos”*, confirma que luego de un estudio de las tecnologías más utilizadas en la propulsión de los buques, y también de las medidas que llevan a cabo para cumplir con el reglamento de emisiones de gases a la atmosfera, el costo-beneficio en la implementación de un sistema limpio que utilice GNL como combustible es rentable a mediano plazo.

6.2. CONCLUSIONES

Las modificaciones que ha sufrido el Anexo VI del convenio MARPOL, y las que seguramente seguirán dándose con el pasar del tiempo, serán cada vez más estrictas pues el tema de protección del medio atmosférico ha tomado mucha importancia a nivel mundial y buscan, con nuevos límites, reducir al máximo las emisiones de gases dañinos por parte del transporte marítimo.

La reducción en el límite de emisiones de SOx a 0.5% tendrá efectos positivos no sólo en la conservación de la atmósfera sino también en la conservación de la salud humana y el ecosistema, ya que al reducir las cantidades de azufre en el planeta podemos generar una mejora completa a nivel mundial.

Concluimos que el uso del GNL como energía alternativa para la propulsión de los buques es la opción más viable pues cumple con la regulación OMI sobre emisiones de SOx, también como adicional, las emisiones de NOx, CO₂ y materia particulada, además porque el precio del GNL es considerablemente económico en el mercado internacional.

La instalación de un sistema de GNL en los buques ya existentes, a pesar de ser una inversión costosa para los armadores, es muy rentable pues el tiempo de recuperación del dinero va de 4-6 años, por el bajo costo del combustible y además porque permite que la embarcación pueda navegar por más tiempo.

Los puertos han tomado en cuenta lo que representa el GNL y su viabilidad de cara a la regulación de emisiones de SOx, por lo que han puesto empeño en adicionar a sus instalaciones el poder ofrecer servicios de bunkering de GNL.

Finalmente, con respecto a las entrevistas, nos damos cuenta que en Perú se pretende usar el MGO, a pesar de que Perú no cuenta con la cantidad suficiente para abastecer a toda la flota, por lo tanto se tendrá que importar en mayor volumen pero esto generará mayor costo.

6.3. RECOMENDACIONES

Debido a la amplitud del tema, se recomienda realizar estudios de carácter nacional puesto que es muy escasa la información que pudimos encontrar para el presente estudio.

Tras comprobar que el GNL es la opción más viable para el año 2020, sugerimos realizar estudios posteriores para el correcto aprovechamiento del recurso, ya que el Perú cuenta con este recurso en sus costas y debería buscar cumplir las expectativas mundiales.

Se sugiere realizar un estudio de aprobación a nivel mundial puesto que este sistema es nuevo, y a pesar que se sostiene la idea de que el GNL es la opción más viable, va a depender mucho de la aceptación de los armadores y las decisiones que se vayan a tomar en favor a sus compañías.

Se debe estudiar, como consecuencia a esta regulación, su incidencia en temas de costos relacionados al ambiente marítimo, así como el incremento en el costo del transporte de importaciones y exportaciones.

Al ser este un tema de interés mundial, debe ser conocido por todas las personas que se vean vinculadas al transporte marítimo, tales son los cadetes de la ENAMM para quienes se recomienda realizar charlas de conocimiento y actualización sobre la presente regulación.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias bibliográficas

ABS (2017) *Advisory on Exhaust Gas Scrubber Systems*.

Boned, J. (2013). *Análisis y Propuesta de Cumplimiento de los Requisitos Ambientales de los Buques de Short Sea Shipping para el Año 2013* (Tesis de Licenciatura). Facultad de Náutica de Barcelona, España.

BP (2017). *BP Statistical Review of World Energy June 2017*.

CE Delft (2016). *Assessment of Fuel Oil Availability*. Final Report 2016

Cedigaz (2017). *Natural Gas In The World – 2017*

CHEVRON (2012). *Everything You Need to Know About Marine Fuels* (2012)

Coronado, E. (2013). *Disponibilidad del gas natural y petróleo y la demanda mundial de energía* (Tesis de Licenciatura). Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, Lima, Perú.

Dector, A., Manríquez-Reza, E., Sosa-Domínguez, A., Marroquín, A. (2016) *Determinación de la velocidad de corrosión de hierro gris en biodiesel de girasol*. Revista de Investigación y Desarrollo, España.

Den Boer, E., Hoen, M. (2015). *Scrubbers – An economic and ecological assessment*. NABU.

DNV-GL (2015). *LNG AS SHIP FUEL Latest developments and projects in the LNG industry*.

ExxonMobil. *2017 Outlook for Energy: A View to 2040*.

Fernández, J. (2008). *Reducción de la contaminación aérea ocasionada por los buques. Alternativas a los combustibles fósiles* (Tesis de doctorado). Universidad de la Coruña, España.

- GAVIDIA, T. (2009). *Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente. Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, p. 99-108.
- Helfre, J., Couto, P. (2013). *Emission Reduction in the Shipping Industry: Regulations, Exposure and Solutions*. Sustainalytics.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación. México, D.F Editorial: McGraw Hill*.
- IGU (2017). *Enabling Clean Marine Transport*
- IGF (2017). *Código Internacional de Seguridad para Buques que utilicen Gas u otros Combustibles de Bajo Punto de Inflamación*.
- ISO 20519:2017 - *Ships and marine technology -- Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels*
- López, F. (2015). *Evaluación de las Consecuencias de la Nueva Regulación de la OMI sobre Combustibles Marinos* (Tesis de Doctorado). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Madrid, España.
- Marcelo, J. (2006). *Gas Natural Licuado. Tecnología y Mercado* (Trabajo de investigación). Instituto Argentino de la Energía “General Mosconi”, Argentina.
- MARPOL 73/78. Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques.
- Mayandía, A. (2009). *Descripción y modelado de una pila de combustible de membrana de intercambio protónico* (Tesis de Licenciatura). Escuela Politécnica Superior Departamento de Ingeniería Eléctrica, Madrid, España.
- Mesa, J., Correa, H. (2016). *Sistemas de Control de Emisiones en el Buque Tanque “Hespérides”* (Tesis de Licenciatura). Escuela Técnica Superior de Náutica, Máquinas Y Radioelectrónica Naval, Santa Cruz de Tenerife, España.
- Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos (2017). Informe estadístico.

- Morán, G. (2016). *Propuesta operacional para el suministro de Gas Natural Licuado a buques en el Puerto de Barcelona* (Tesis de Licenciatura). Facultad de Náutica de Barcelona, España.
- OECD (2014). *Shipping Emissions in Ports*. ITF.
- OECD (2016). *Reducing Sulphur Emission from Ships. The Impact of the International Regulation*. ITF.
- OMI (2014). *Third IMO GHG Study 2014*.
- Osinergmin (2017). *La industria del gas natural en el Perú. A diez años del proyecto Camisea*.
- Peña, H. (2016). *Ingeniería Marina: Medidas para la Reducción de Gases Contaminantes en Motores Marinos* (Tesis de Licenciatura). Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas, La Coruña, España.
- Sin, M. (2012). *Análisis de la implementación de combustibles con bajo contenido en azufre en el tráfico marítimo en el Mar del Norte* (Tesis de Diplomatura). Facultad de Náutica de Barcelona, España.
- Sin, M. (2014). *Instalación y análisis de un sistema de limpieza de gases de escape para un buque RO-RO*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Náutica de Barcelona, España.
- Sousa, G. (2009). *Metanol y Etanol* (Maestría en Ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Vacas, L. (2012). *Análisis de la Nueva Normativa OMI sobre Eficiencia Energética (EEDI/SEEMP)* (Proyecto de Diplomatura). Facultad de Náutica de Barcelona, España.
- Vacas, L. (2014). *Prospectiva del Uso del GNL como Combustible en el Transporte Marítimo* (Tesis de Licenciatura). Facultad de Náutica de Barcelona, España.

Referencias Electrónicas

- APAM. <https://www.apam-peru.com/web/la-wcsa-y-el-desafio-de-la-normativa-omi-sobre-cantidad-de-azufre-en-el-combustible-marino/> La WCSA y el desafío de la normativa OMI sobre cantidad de azufre en el combustible marino
- Bunkerlogix, (2015). *Flexible LNG bunkering value chain in the Spanish Mediterranean Coast*.
- Bunker World. <http://www.bunkerworld.com/prices/bunkerworldindex/bwi>. Current prices of the marine fuels.
- Bunker Index. www.bunkerindex.com. Marine fuel prices.
- Bureau Veritas, *Exhaust Scrubbers: What you need to know*, Francia.
- Clarksons Research (2017). *SOx 2020: Effects On The Oil Products Markets* http://www.clarksons.net/docdata/public/newsdownloads/SOx_2020_Oil_Products_Markets.pdf
- DNV – GL “LNG as a ship fuel- developing competence to utilize business opportunities GO LNG Conference – Vilnius, 2017-04-27” (2017) <https://www.dnvgl.com/maritime/lng/current-price-development-oil-and-gas.html> - Evolución del precio de los combustibles. Precio del GNL.
- ENAP https://www.enap.cl/pag/119/1003/petroleo_uso_marino - Características de los combustibles.
- Environmental Project No. 1431 *Assessment of possible impacts of scrubber water discharges on the marine environment*, 2012
- ExxonMobil <http://corporate.exxonmobil.com/>.
- IBIA <https://ibia.net/imo-sulphur-monitoring-data-analysis-shows-increase-in-average-residual-fuel-sulphur-content-product-stem-sizes-down-in-2016/>
- ISO www.iso.org Sobre norma ISO 8217

MARQUAD & BAHLS <https://www.marquard-bahls.com/en/news-info/glossary/detail/term/heavy-fuel-oil-hfo.html> - Definiciones.

Mundomarítimo. <http://www.mundomaritimo.cl/noticias/omi-un-paso-mas-para-resolver-el-problema-de-la-aplicacion-del-limite-de-azufre-del-bunkering>

Petroperu. https://www.petroperu.com.pe/historico_precios.asp?Prod=2&Anio=0∓Mes=0

Ship & Bunker. <https://shipandbunker.com/prices>. Marine fuel prices.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

" IMPACTO DE LA REGULACIÓN OMI SOBRE EMISIONES DE SOX EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO PARA EL AÑO 2020"

PROBLEMA PRINCIPAL	SUB PROBLEMAS	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuál es la importancia de la regulación OMI sobre las emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020?	1. ¿Cómo actúa la regulación OMI vigente sobre emisiones de SOx y el cambio en su enmienda para el año 2020?		1. Describir la regulación OMI vigente sobre emisiones de SOx, así como el cambio en su enmienda para el año 2020.		1. El cambio en la regulación OMI reducirá significativamente las emisiones de azufre para el año 2020.		X1.1 Regulación OMI vigente sobre emisiones SOx	X1.1.1 Límites de la regulación actual sobre SOx
								X1.1.2 Regulación Europea
								X1.1.3 Nacional: Resolución Directorial existente
	2. ¿Qué alternativas de energías cumplirían con la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020?	Evaluar soluciones para el cumplimiento de la regulación OMI para reducir las emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020.	2. Determinar las mejores alternativas de energías que cumplan con la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.	La utilización de nuevas energías, tales como el GNL, cumplirán satisfactoriamente con la regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo para el año 2020.		X. Regulación OMI sobre emisiones de SOx.	X1.2 Cambio en la regulación OMI sobre emisiones de SOx al año 2020.	X1.2.1 Nuevo límites en el cambio de la regulación OMI que entrará en vigor el 2020.
								X1.2.2 Composición de los combustibles y cuales pueden ser usados.
								X2.1 Nuevas energías que cumplan la regulación.
	3. ¿Cuál es la decisión de las empresas navieras más importantes en el Perú frente a la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020?		3. Analizar la decisión de las empresas navieras más importantes en el Perú frente a la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.		3. Las empresas navieras más importantes en el Perú están dispuestas a aceptar y apoyar las posibles soluciones frente a la regulación OMI sobre emisiones de SOx para el año 2020.		X2.2 ISO 8217: 2017	X2.2.1 Nuevas energías que cumplan la regulación.
								X2.2.2 Tecnología y operación
								X2.2.3 Precios
								X2.4 Disponibilidad
								X2.5 Viabilidad
								X3.1 Recopilación de información de encuestas a los puertos.
								X3.2 Infraestructura.
								X3.3 Estudios de interés realizados por empresas.
								Y1. Análisis de las entrevistas a las empresas navieras y puertos a nivel mundial.
						Y.-Transporte marítimo en el Perú		Y2 Análisis de las entrevistas a las empresas navieras a nivel nacional.
								Y3 Aceptación de las posibles soluciones a la regulación.

ANEXO 2
REGLA 14 DEL ANEXO VI DEL CONVENIO MARPOL

**ANEXO VI DEL MARPOL: REGLAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN
ATMOSFÉRICA OCACIONADA POR LOS BUQUES**

Capítulo III - Prescripciones para el control de las emisiones de los buques

Regla 14

Óxidos de azufre (SO_x) y materia particulada

Prescripciones generales

1 El contenido de azufre de todo fueloil utilizado a bordo de los buques no excederá los siguientes límites:

- .1 4,50 % masa/masa antes del 1 de enero de 2012;
- .2 3,50 % masa/masa el 1 de enero de 2012 y posteriormente; y
- .3 0,50 % masa/masa el 1 de enero de 2020 y posteriormente.

2 El contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil residual suministrado para uso a bordo de los buques se vigilará teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización.

Prescripciones aplicables en las zonas de control de las emisiones

3 A efectos de la presente regla, las zonas de control de las emisiones serán:

- .1 la zona del mar Báltico definida en la regla 1.11.2 del Anexo I y zona del mar del Norte definida en la regla 1.14.6 del Anexo V;

.2 la zona de Norteamérica definida por las coordenadas que figuran en el apéndice VII del presente Anexo;

.3 la zona del mar Caribe de los Estados Unidos definida por las coordenadas que figuran en el apéndice VII del presente Anexo; y

.4 cualquier otra zona marítima, incluidas las portuarias, designada por la Organización de conformidad con los criterios y procedimientos indicados en el apéndice III del presente Anexo.

4 Mientras los buques operen dentro de las zonas de control de las emisiones, el contenido de azufre del fueloil utilizado a bordo no excederá los siguientes límites:

.1 1,50 % masa/masa antes del 1 de julio de 2010;

.2 1,00 % masa/masa el 1 de julio de 2010 y posteriormente; y

.3 0,10 % masa/masa el 1 de enero de 2015 y posteriormente.

.4 Con anterioridad al 1 de enero de 2020, el contenido de azufre del fueloil al que se hace referencia en el párrafo 4 de la presente regla no se aplicará a los buques que operen en la zona de Norteamérica o la zona del mar Caribe de los Estados Unidos definida en el párrafo 3, construidos el 1 de agosto de 2011 o anteriormente, que utilicen calderas de propulsión que no estuvieran proyectadas originalmente para funcionar de manera continuada con combustible destilado para usos marinos o gas natural.

5 El proveedor demostrará mediante la pertinente documentación, según lo prescrito en la regla 18 del presente Anexo, el contenido de azufre del fueloil mencionado en los párrafos 1 y 4 de la presente regla.

6 En los buques que utilicen fueloil de distintos tipos para cumplir lo prescrito en el párrafo 4 de la presente regla y que entren o salgan de una zona de control de las emisiones indicada en el párrafo 3 de la presente regla, se llevará un procedimiento por escrito que muestre cómo se debe realizar el cambio de fueloil, a fin de prever el tiempo suficiente para limpiar el sistema de distribución de combustible de todo fueloil con un contenido de azufre superior al especificado en el párrafo 4 de la presente regla, antes de entrar en una zona de control de las emisiones. Se anotarán en el libro registro prescrito por la Administración, el volumen de fueloil con bajo contenido de azufre de cada tanque, así como la fecha, la hora y la situación del buque, cuando se lleve a cabo una operación de cambio del fueloil antes de entrar en una zona de control de las emisiones o se inicie tal operación al salir de ella.

7 Durante los 12 meses siguientes a la entrada en vigor de una enmienda por la que se designe una zona específica de control de las emisiones en virtud de lo dispuesto en el párrafo 3 de la presente regla, los buques que operen en dicha zona de control de las emisiones estarán exentos del cumplimiento de las prescripciones de los párrafos 4 y 6 de la presente regla y de las prescripciones del párrafo 5 de la presente regla en la medida en que estén relacionadas con dicho párrafo 4.

Examen de la norma

8 Antes de 2018 se llevará a cabo un examen de la norma especificada en el apartado 1.3 de la presente regla, con objeto de determinar la disponibilidad de fueloil a fin de cumplir la norma del fueloil que figura en dicho párrafo, y en él se tendrán en cuenta los elementos siguientes:

.1 el estado de la oferta y la demanda mundial de fueloil para cumplir lo indicado en el apartado 1.3 de la presente regla, en el momento en que se realice el examen;

.2 un análisis de las tendencias en los mercados de fueloil; y

.3 cualquier otra cuestión pertinente.

9 La Organización constituirá un grupo de expertos, integrado por representantes con los conocimientos oportunos sobre el mercado del fueloil y los distintos aspectos marítimos, ambientales, científicos y jurídicos, para que lleve a cabo el examen mencionado en párrafo 8 de la presente regla. El grupo de expertos elaborará la información pertinente para que las Partes puedan decidir con conocimiento de causa.

10 Las Partes, basándose en la información elaborada por el grupo de expertos, podrán decidir si es posible que los buques se ajusten a la fecha que se especifica en el apartado 1.3 de la presente regla. Si se decide que ello no es posible, la norma indicada en ese apartado entrará en vigor el 1 de enero de 2025.

ANEXO 3

ENMIENDA DE LA REGLA 14 DEL ANEXO VI DEL CONVENIO MARPOL

**Extraído del: “INFORME DEL COMITÉ DE PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO
CORRESPONDIENTE A SU 70º PERIODO DE SESIONES”**

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA OCASIONADA POR LOS BUQUES

**Examen de la disponibilidad del fueloil prescrito en la regla 14.8 del Anexo VI del
Convenio MARPOL**

Antecedentes

5.48 El comité recordó que:

- .1 el MEPC 68 había aprobado el mandato para el examen de la disponibilidad de fueloil, prescrito en la regla 14.8 del Anexo VI del Convenio MARPOL; había constituido un comité directivo; y había pedido a la Secretaría que iniciara el examen de conformidad con el mandato acordado, con miras a presentar un informe final en el MEPC 70; y
- .2 el MEPC 69 había tomado nota de los progresos realizados por el Comité directivo y había acordado, en principio, que en este periodo de sesiones se debería adoptar una decisión final sobre la fecha de implantación del límite del contenido de azufre del 0,50 %.

Documentos presentados

5.49 El Comité examinó los siguientes documentos presentados por el coordinador del Comité directivo y la Secretaría:

.1 MEPC 70/5/6, en el que figura el informe final del Comité directivo sobre el examen de la disponibilidad de fueloil, en el que se señala que:

- .1 el Comité directivo acordó por mayoría, con algunas disensiones, que la evaluación de la disponibilidad de fueloil había cumplido el mandato;
- .2 en opinión de la mayoría, la evaluación llevada a cabo por el contratista (CE Delft Consortium) serviría de base para la decisión que se adoptara sobre la implantación del límite mundial de contenido de azufre del 0,50 %; y
- .3 por consiguiente, la evaluación ha de considerarse completa y lista para su presentación al MEPC 70;

.2 MEPC 70/INF.13, elaborado de conformidad con el párrafo 6.4.5 del mandato para la evaluación (es decir, "una vez que haya recibido las observaciones acerca del proyecto de informe, el contratista debería abordar las observaciones y emitir el informe final"), en el que se informa de las observaciones remitidas por los miembros del Comité directivo tras la publicación del informe final;

.3 MEPC 70/5/3 y MEPC 70/INF.6, que contienen respectivamente el resumen ejecutivo y el informe final completo de la evaluación de la

disponibilidad del fueloil, cuyo resultado principal en todas las hipótesis es que el sector de refinado tiene la capacidad de suministrar cantidades suficientes de combustibles marinos con un contenido de azufre igual o inferior al 0,50 % masa/masa y con un contenido de azufre igual o inferior al 0,10 % masa/masa para satisfacer la demanda de estos productos y al mismo tiempo satisfacer la demanda de combustibles no marinos.

A este respecto el Comité tomó nota de las siguientes correcciones al cuadro 26 del anexo de los documentos MEPC 70/5/3 y MEPC 70/INF.6, respectivamente: "gasolina(4)" y "destilados medios(4)" se sustituyen por "gasolina(3)" y "destilados medios(3)", respectivamente; y "otros(5)" se sustituye por "otros(4)"; y

.4 MEPC 70/INF.39, en el que se facilita una aclaración adicional preparada por el contratista en relación con el documento MEPC 70/INF.13.

5.50 Se presentarán también al Comité, para que los examinara, los siguientes documentos que contienen observaciones:

.1 MEPC 70/5/5 y MEPC 70/INF.9 (BIMCO e IPIECA), en los que figuran, respectivamente, el resumen y la versión completa de los resultados de un estudio complementario sobre la disponibilidad de combustible, de conformidad con el mandato para la evaluación de la OMI con conclusiones que difieren de las de la evaluación de la OMI, incluida la de que el sector de refinado mundial no tendrá suficiente capacidad en 2020

para responder al límite mundial de contenido de azufre con relación a un aspecto crítico: las plantas de azufre y, en menor grado, de hidrógeno;

.2 MEPC 70/5/24 (ISO), que contiene observaciones sobre los resultados del informe final de la evaluación de la disponibilidad de fueloil con respecto al enfoque de modelos seguidos, sobre todo el modo en que los combustibles de los modelos se vinculan a la norma ISO 8217:2012;

.3 MEPC 70/5/25 (Alemania y otros), en el que se pide al Comité que apruebe la evaluación de la disponibilidad de fueloil e informe de la experiencia adquirida con los fueloiles con contenido ultrabajo de azufre actualmente disponibles, que tienen un contenido de azufre máximo del 0,10 %;

.4 MEPC 70/5/26 (República de Corea), en el que se manifiesta la opinión de que aunque en la evaluación se describe que el sector mundial de refinado podrá cumplir el límite de contenido bajo de azufre del fueloil del 0,50 % para 2020 a juzgar por los estudios de simulación, y que se dispone de datos suficientes para poder calcular las expectativas de la demanda y la oferta de fueloil para los buques de todas las regiones del planeta, algunos aspectos de la situación práctica de los sectores de refinado no se reflejan en el informe final y sería más adecuado y realista calcular la disponibilidad de combustibles con un 0,50 % de contenido de azufre de cada refinería en vez de estimar la oferta regional;

.5 MEPC 70/5/27 (Japón), en el que se presentan observaciones sobre los documentos MEPC 70/5/3 y MEPC 70/5/5, los cuales informan de distintas

conclusiones sobre el examen de la disponibilidad de fueloil y se facilita una comparación entre los supuestos clave en los que se basan tales conclusiones;

.6 MEPC 70/5/33 (CSC), en el que figuran observaciones sobre los documentos MEPC 70/5/5 y MEPC 70/INF.9 y se señalan cuatro deficiencias principales observadas en el estudio complementario sobre la disponibilidad de combustible; a saber, que el modelo utilizado es inadecuado para ese tipo de análisis, que el estudio está en desacuerdo con la reglamentación comercial, económica y ambiental de las refinerías; que las repercusiones económicas están muy sobredimensionadas; y que el informe no demuestra realmente que las refinerías no puedan producir las cantidades requeridas de combustibles reglamentarios;

.7 MEPC 70/5/35 (IBIA), en el que se señalan brevemente los problemas previsibles si se intenta pasar prácticamente de un día para otro del actual límite mundial para el azufre del 3,50 % al 0,50 %, y se invita al Comité a que examine la manera en la que se pueda adoptar un enfoque gradual que facilite una transición menos brusca, manteniendo al mismo tiempo los beneficios previstos de la regla;

.8 MEPC 70/5/2 (Islas Marshall y otros), en el que se reseñan brevemente los problemas que es previsible que surjan con la implantación del límite de contenido de azufre del 0,50 % y se invita al Comité a que examine un proceso para examinar cómo podría implantarse de manera efectiva el límite;

y el Comité tomó nota de los siguientes documentos:

.9 MEPC 70/INF.34 (Finlandia), en el que se informa de los resultados de un estudio que indica algunas conclusiones clave sobre las posibles repercusiones en la salud de que la implantación de la norma mundial sobre el contenido de azufre del 0,50 % se retrase de 2020 a 2025, y se centra en el efecto perjudicial de las concentraciones de materia particulada fina en las comunidades costeras cercanas a las vías de navegación principales; y

.10 MEPC 70/INF.41 (CE), en el que se informa de los resultados y la experiencia adquirida en los 18 meses de aplicación del límite de azufre por los Estados Miembros de la Unión Europea en las aguas de la Unión Europea, incluido un límite de contenido de azufre más estricto para los fueloiles aplicado en las zonas de control de las emisiones de SO_x del mar Báltico y el mar del Norte.

5.51 El Comité tomó nota, entre otras cosas, de las siguientes observaciones formuladas al presentarse los documentos:

.1 si bien no se ponía objeciones a la conclusión de la evaluación de la OMI, era necesario examinar los posibles desequilibrios entre la oferta y la demanda, y en los análisis que se realicen en el futuro convendría examinar la capacidad de suministro de las diferentes refinerías, en lugar de efectuar evaluaciones regionales;

- .2 la evaluación había concluido basándose en que la demanda se satisfaría por completo utilizando fueloiles mezclados, mientras que en el estudio complementario se había considerado la posibilidad de que el diésel oil para motores marinos pudiera satisfacer la demanda;
- .3 la evaluación había confirmado que se dispondría de suficiente fueloil reglamentario, lo cual aportaría claridad al proceso de adopción de decisiones, y que la decisión de demorar hasta 2025 supondría un riesgo para la reputación de la Organización, y la adopción de una solución de compromiso causaría confusión;
- .4 no existe certeza en la elaboración de modelos y es difícil hacer predicciones sobre el futuro; independientemente de la fecha que se elija, no existen motivos suficientes para retrasar una decisión, si bien existen importantes preocupaciones, como por ejemplo los desafíos relacionados con la transición debido a la naturaleza sin precedentes de un cambio prácticamente repentino en el tipo de fueloil utilizado, y las posibles distorsiones graves del mercado que dan lugar a una escalada de precios tanto para el transporte marítimo como para otros mercados;
- .5 el alcance de la cuestión significaba que era necesario mantener un debate preliminar de la implantación.

5.52 El Comité también dio las gracias a los miembros y al coordinador del Comité directivo, el Sr. H. Conway (Liberia), así como a las delegaciones de Australia, Estados

Unidos y Reino Unido por las contribuciones financieras aportadas para la evaluación de la disponibilidad de fueloil.

Examen y decisión sobre la fecha efectiva de implantación

5.53 En las deliberaciones que siguieron, se formularon, entre otras cosas, las observaciones siguientes:

.1 era discutible la idoneidad de las mezclas de fueloil propuestas para satisfacer la demanda; la utilización de dichos fueloiles podría incrementar los riesgos para la seguridad de los buques; el año 2020 era demasiado prematuro para los países que participan ampliamente en la toma de combustible, dado que dicha transición importante no sería factible para entonces; un desequilibrio del mercado podría dar lugar a una competencia desleal; las zonas de control de las emisiones han tenido problemas para superar las dificultades en la implantación de los fueloiles de bajo contenido de azufre, de manera que si se esperase hasta 2025 sería posible examinar la experiencia de la UE en la implantación del límite de azufre del 0,50 % en las aguas de la UE;

.2 no se habían demostrado con claridad los problemas relacionados con los fueloiles mezclados, mientras que los beneficios de los fueloiles de bajo contenido de azufre para la salud habían quedado claramente demostrados en el documento MEPC 70/INF.34; la seguridad era muy importante y la experiencia adquirida en las zonas de control de las emisiones era buena; la adopción ahora de una decisión ofrecería tres

años más al sector del transporte marítimo para prepararse y para la armonización ulterior de los procedimientos de cumplimiento a fin de identificar los buques de alto riesgo, para estar en igualdad de condiciones;

.3 los aspectos relacionados con la salud humana eran muy importantes y habiéndose adoptado en 2008 el límite global de azufre de 0,50 %, era muy importante que no se considerara que el sector del transporte marítimo, con respecto al cual existe una mayor sensibilización, estuviese en conflicto, por lo cual una decisión firme favorable a 2020 ayudaría a mejorar la percepción del sector;

.4 es necesaria la certeza de índole jurídica y práctica, por lo que era preciso adoptar una decisión en el presente periodo de sesiones; se había obtenido una experiencia positiva en la utilización de los nuevos combustibles hasta la fecha; las preocupaciones con respecto a la seguridad podían controlarse pero seguía siendo necesario examinarlas, y en el documento MEPC 70/5/2 se había indicado que era necesario examinar con más detenimiento la implantación coherente y eficaz;

.5 en el caso de los buques que no disponen de un sistema de limpieza de los gases de escape debería considerarse la posibilidad de imponer la prohibición específica de transportar como combustible fueloil con alto contenido de azufre (fueloil con un contenido de azufre superior al 0,50 %) y ésta debería añadirse a las posibles medidas que han de examinarse que se proponen en el párrafo 7 del documento MEPC 70/5/2;

- .6 todos los fueloiles con respecto a los cuales se han creado modelos en la evaluación de la OMI se consideraban seguros e, independientemente de la fecha elegida, sería necesario examinar la implantación tras la adopción de una decisión;
- .7 en la evaluación de la OMI se indica que pueden suministrarse cantidades suficientes de fueloil, y que la evaluación supone un estudio amplio y analizado con detenimiento que respalda las conclusiones, y un límite mundial proporcionaría una competencia justa;
- .8 el modelo de la oferta y la demanda no se basa en datos reales de mercado y existe una considerable diferencia entre la teoría y la práctica en el contexto de la caída de precios de hidrocarburos; la Organización no tiene un claro entendimiento de la expresión "disponibilidad de fueloil", que no está definida; en algunos países habrá un excedente, mientras que en otros habrá un déficit, y los desequilibrios serán abordados mediante el transporte, pero esto no puede asumirse, con posibles impactos sobre los precios del fueloil y un aumento de los costos de transporte; que debería haber un compromiso entre las inversiones y los beneficios; no todos los Estados ribereños estarán obligados a cumplir, lo cual dará lugar a posibles cuestiones relacionadas con la competencia; y dado que el transporte marítimo se rige por las necesidades del comercio mundial, el costo del transporte puede aumentar, dando lugar a un desvío de los flujos de la carga;

- .9 la información facilitada en la evaluación de la OMI puede contribuir a la adopción de una decisión fundamentada por las Partes; los beneficios ambientales son obvios pero es necesario abordar las cuestiones relacionadas con la implantación y las preocupaciones por la seguridad, si bien el acuerdo sobre el año 2020 fomentaría el transporte marítimo sostenible;
- .10 existen serias preocupaciones en cuanto a los fueloiles inestables y el amplio uso de mezclas que causan problemas en la calidad del fueloil y problemas de seguridad, incluida la utilización de fueloiles no conformes con el Convenio SOLAS debido al uso de diluyente con un punto de inflamación bajo y a la mayor presencia potencial de finos de catalizador de las refinerías;
- .11 la implantación temprana alentaría la utilización de combustibles alternativos, las inquietudes de la ISO respecto de la viscosidad y la compatibilidad pueden abordarse y la experiencia adquirida en las ECA pueden tenerse en cuenta, los fabricantes de motores ya han publicado instrucciones para la gestión de los fueloiles de diferentes grados;
- .12 los supuestos incluidos en la evaluación de la OMI no están destacados en las conclusiones, especialmente la escasez de plantas de hidrógeno/azufre necesarias para producir las cantidades suficientes de combustible que se ajuste a la norma;

- .13 la evaluación de la OMI se llevó a cabo de conformidad con el mandato aprobado por el Comité, y sus inequívocas conclusiones demuestran que el fueloil necesario estará disponible en 2020, y que un plano de igualdad garantizará los beneficios ambientales;
- .14 un sistema normalizado de notificación de la falta de disponibilidad sería útil para la implantación eficaz, y podrían introducirse disposiciones transitorias para facilitar este proceso;
- .15 las inquietudes planteadas no son suficientemente significativas para retrasar la implantación a 2025, pero el hecho de que se hayan planteado ha contribuido a llamar la atención sobre un aspecto respecto del cual existe ahora un entendimiento suficiente;
- .16 no existen obstáculos técnicos para la implantación en 2020, la escasez de capacidad de plantas de azufre está abordada mediante el bajo coste de estas plantas y el hecho de que las refinerías no incluyen capacidad duplicada para evitar restricciones, el sector de las refinerías sabe cómo producir fueloiles con bajo contenido de azufre, pero existe la necesidad de reducir la incertidumbre y ofrecer claridad al respecto;
- .17 el estudio adicional no demostró que exista un fundamento claro para poder utilizar y suministrar fueloiles mezclados, el sector de las refinerías ha dispuesto de tiempo suficiente para prepararse desde la adopción de las prescripciones en 2008, y de conformidad con la regla 18.1 del Anexo VI del Convenio MARPOL, debería pedirse a la Secretaría que recopile la

información sobre la disponibilidad de fueloiles que se ajustan a la norma y asesore al respecto;

.18 en los análisis se sugiere que será necesario tomar un millón de barriles diarios de otros sectores para satisfacer la demanda del sector del transporte marítimo de fueloil que cumpla las normas, y se necesita más tiempo para evaluar la utilización segura de los nuevos combustibles que se usan en las ECAS;

.19 como parte de la implantación eficaz es necesario considerar la posibilidad de incrementar la creación de capacidad respecto de la supervisión por el Estado rector del puerto y en términos de producción y almacenamiento;

.20 este asunto es muy complejo y no es posible tener una confianza absoluta dado que la disponibilidad del fueloil depende de que otro sector haga lo que el sector del transporte marítimo necesita con la esperanza de que esto se produzca; la evaluación de la OMI solamente confirma que la probabilidad de que esta capacidad exista supera a la contraria; una reducción gradual del límite de azufre constituiría un planteamiento mejor, pero sin esa opción necesitamos ofrecer certidumbre al sector de suministro de fueloil, también se necesita un proceso firme para acomodar a los buques que no puedan obtener combustible que cumpla las normas;

.21 2020 es una fecha posiblemente prematura sin una capacidad de producción de fueloil equivalente en todas las regiones; es necesaria una estrategia para garantizar el suministro a aquellos que instalen tecnología

de reducción; un formato normalizado para las exenciones que esté reconocido por la supervisión del Estado rector del puerto para los buques que utilicen fueloil que supere el 0,50 %;

.22 es necesario tener en cuenta las repercusiones en los países en desarrollo, especialmente las repercusiones económicas que puedan poner en peligro su calidad de vida;

.23 es necesario tener certidumbre práctica de que, al apoyar la fecha de implantación de 2020, se pueda seguir cumpliendo de forma total y completa las obligaciones en virtud del Convenio SOLAS, particularmente respecto a la prescripción de un punto de inflamación mínimo de 60 °C; y

.24 es necesario reconocer que la elaboración, puesta a prueba e introducción en el mercado de nuevas fórmulas de combustible tomará su tiempo.

5.54 El texto completo de las declaraciones pertinentes de las delegaciones de Islas Cook y los observadores de INTERCARGO e IPIECA figuran en el anexo 22.

5.55 En las deliberaciones sobre este asunto, el Comité:

.1 tomó nota del informe final del Comité directivo;

.2 aprobó la evaluación de la disponibilidad de fueloil que figura en los documentos MEPC 70/5/3 y MEPC 70/INF.6;

.3 acordó la fecha efectiva de implantación del 1 de enero de 2020 para que los buques cumplan la prescripción de un contenido de azufre del fueloil

del 0,50 % m/m que figura en la regla 14.1.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL; y

.4 reconociendo las inquietudes manifestadas respecto de la implantación, acordó remitir el documento MEPC 70/5/2 y las observaciones pertinentes formuladas en el Pleno al PPR 4 para que los examine en más detalle y elabore la justificación y el ámbito de aplicación para un nuevo resultado sobre qué medidas adicionales habría que elaborar para promover la implantación coherente del límite mundial de contenido de azufre de 0,50 %, con miras a que lo examine el MEPC 71.

5.56 Por consiguiente, el Comité pidió a la Secretaría que elaborase un proyecto de resolución MEPC sobre su decisión de que la norma de la regla 14.1.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL entre en vigor el 1 de enero de 2020 y, habiendo examinado el proyecto de resolución preparado por la Secretaría (MEPC 70/WP.11), adoptó la resolución MEPC.280(70): "Entrada en vigor de la norma del fueloil de la regla 14.1.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL", que figura en el anexo 6.

RESOLUCIÓN MEPC.280 (70)

(Adoptado el 28 de octubre de 2016)

FECHA DE ENTRADA EN VIGOR DE LA NORMA DEL FUELOIL DE LA REGLA

14.1.3 DEL ANEXO VI DEL CONVENIO MARPOL

EL COMITÉ DE PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO,

RECORDANDO el artículo 38 a) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones del Comité de protección del medio marino conferidas por los Convenios internacionales relativos a la prevención y contención de la contaminación del mar ocasionada por los buques,

RECORDANDO TAMBIÉN que el Anexo VI revisado del Convenio MARPOL entró en vigor el 1 de julio de 2010,

RECORDANDO ADEMÁS que en la regla 14.1.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL se estipula que el contenido de azufre de todo fueloil utilizado a bordo de los buques no excederá el límite del 0,50 % m/m el 1 de enero de 2020 o posteriormente,

RECORDANDO que en las reglas 14.8 a 14.10 del Anexo VI del Convenio MARPOL se prescribe que se lleve a cabo un examen antes de 2018 con objeto de determinar la disponibilidad de fueloil a fin de cumplir la norma del fueloil que figura en la regla 14.1.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL,

TOMANDO NOTA de que se ha llevado a cabo una evaluación de la disponibilidad del fueloil a fin de fundamentar la decisión que deben tomar las Partes en el Anexo VI del

Convenio MARPOL de conformidad con la regla 14.10 del Anexo VI del Convenio MARPOL,

HABIENDO EXAMINADO, en su 70º periodo de sesiones, basándose en la evaluación mencionada sobre la disponibilidad de fueloil, si es posible que los buques cumplan la fecha de implantación de la regla 14.1.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL,

1 DECIDE que la norma del fueloil de la regla 14.1.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL entrará en vigor el 1 de enero de 2020;

2 PIDE a las Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL y a los demás Gobiernos Miembros que pongan esta decisión en conocimiento de los propietarios y armadores de buques, el sector de refinería y cualquier otro grupo interesado;

3 PIDE al Secretario General que informe de la decisión mencionada a todas las Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL;

4 PIDE TAMBIÉN al Secretario General que informe de la decisión mencionada a todos los Miembros de la Organización que no son Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL.

ANEXO 4

ÍNDICE DEL CÓDIGO INTERNACIONAL DE SEGURIDAD PARA LOS BUQUES QUE UTILICEN GASES U OTROS COMBUSTIBLES DE BAJO PUNTO DE INFLAMACIÓN (IGF)

1 PREÁMBULO

PARTE A

2 GENERALIDADES

2.1 Ámbito de aplicación

2.2 Definiciones

2.3 Proyecto alternativo

3 OBJETIVO Y PRESCRIPCIONES FUNCIONALES

3.1 Objetivo

3.2 Prescripciones funcionales

4 PRESCRIPCIONES GENERALES

4.1 Objetivo

4.2 Evaluación de riesgos

4.3 Limitación de las consecuencias de explosiones

PARTE A-1 PRESCRIPCIONES ESPECÍFICAS RELATIVAS A LOS BUQUES QUE UTILICEN GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

5 PROYECTO Y DISPOSICIÓN DEL BUQUE

5.1 Objetivo

5.2 Prescripciones funcionales

5.3 Reglas – Generalidades

- 5.4 Conceptos de espacios de máquinas
- 5.5 Reglas aplicables a los espacios de máquinas protegidos contra los gases
- 5.6 Reglas aplicables a los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia
- 5.7 Reglas aplicables a la ubicación y protección de las tuberías de combustible
- 5.8 Reglas aplicables al proyecto de los cuartos de preparación del combustible
- 5.9 Reglas aplicables a los sistemas de sentina
- 5.10 Reglas aplicables a las bandejas de goteo
- 5.11 Reglas aplicables a la disposición de entradas y otras aberturas en espacios cerrados
- 5.12 Reglas aplicables a las esclusas neumáticas

6 SISTEMA DE CONTENCIÓN DE COMBUSTIBLE

- 6.1 Objetivo
- 6.2 Prescripciones funcionales
- 6.3 Reglas – Generalidades
- 6.4 Reglas aplicables a la contención de combustible de gas licuado
- 6.5 Reglas aplicables a los tanques portátiles de combustible de gas licuado
- 6.6 Reglas aplicables a la contención de combustible GNC
- 6.7 Reglas aplicables al sistema de alivio de presión
- 6.8 Reglas aplicables al límite de carga de los tanques de combustible de gas licuado
- 6.9 Reglas aplicables al mantenimiento de la condición de almacenamiento del combustible
- 6.10 Reglas aplicables al control de la atmósfera en el interior del sistema de contención de combustible

6.11 Reglas aplicables al control de la atmósfera en el interior de los espacios de bodega de almacenamiento de combustible (sistemas de contención de combustible que no sean tanques independientes de tipo C)

6.12 Reglas aplicables al control ambiental de los espacios que rodean a los tanques independientes de tipo C

6.13 Reglas aplicables a la inertización

6.14 Reglas aplicables a la producción y el almacenamiento de gas inerte a bordo

7 PROYECTO GENERAL DE TUBERÍAS Y DE MATERIALES

7.1 Objetivo

7.2 Prescripciones funcionales

7.3 Reglas aplicables al proyecto general de tuberías

7.4 Reglas aplicables a los materiales

8 TOMA DE COMBUSTIBLE

8.1 Objetivo

8.2 Prescripciones funcionales

8.3 Reglas aplicables al puesto de toma de combustible

8.4 Reglas aplicables al colector

8.5 Reglas aplicables al sistema de toma de combustible

9 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE A LOS DISPOSITIVOS DE CONSUMO

9.1 Objetivo

9.2 Prescripciones funcionales

9.3 Reglas aplicables a la duplicación del suministro de combustible

9.4 Reglas aplicables a las funciones de seguridad del sistema de suministro de gas

9.5 Reglas aplicables a la distribución de combustible fuera del espacio de máquinas

9.6 Reglas aplicables al suministro de combustible a los dispositivos de consumo en espacios de máquinas protegidos contra los gases

9.7 Reglas aplicables al suministro de combustible de gas a los dispositivos de consumo en espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia

9.8 Reglas aplicables al proyecto de los conductos ventilados y las tuberías exteriores contra fugas de gas de las tuberías interiores

9.9 Reglas aplicables a compresores y bombas

10 GENERACIÓN DE POTENCIA, INCLUIDA LA PROPULSIÓN Y OTROS DISPOSITIVOS DE CONSUMO DE GAS

10.1 Objetivo

10.2 Prescripciones funcionales

10.3 Reglas aplicables a los motores de combustión interna de pistones

10.4 Reglas aplicables a las calderas principales y auxiliares

10.5 Reglas aplicables a las turbinas de gas

11 SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

11.1 Objetivo

11.2 Prescripciones funcionales

11.3 Reglas aplicables a la prevención contra incendios

11.4 Reglas aplicables al colector contraincendios

11.5 Reglas aplicables al sistema de aspersión de agua

11.6 Reglas aplicables al sistema de extinción de incendios a base de polvo químico seco

11.7 Reglas aplicables al sistema de detección de incendios y de alarma contraincendios

12 PREVENCIÓN DE EXPLOSIONES

12.1 Objetivo

12.2 Prescripciones funcionales

12.3 Reglas – Generalidades

12.4 Reglas aplicables a la clasificación de zonas

12.5 Emplazamientos de zonas potencialmente peligrosas

13 VENTILACIÓN

13.1 Objetivo

13.2 Prescripciones funcionales

13.3 Reglas – Generalidades

13.4 Reglas aplicables a los espacios de las conexiones de los tanques

13.5 Reglas aplicables a los espacios de máquinas

13.6 Reglas aplicables a los cuartos de preparación del combustible

13.7 Reglas aplicables a los puestos de toma de combustible

13.8 Reglas aplicables a los conductos y tuberías dobles

14 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

14.1 Objetivo

14.2 Prescripciones funcionales

14.3 Reglas – Generalidades

15 SISTEMAS DE CONTROL, VIGILANCIA Y SEGURIDAD

15.1 Objetivo

15.2 Prescripciones funcionales

15.3 Reglas – Generalidades

15.4 Reglas aplicables a la vigilancia de la toma de combustible y los tanques de combustible de gas licuado

15.5 Reglas aplicables al control de la toma de combustible

15.6 Reglas aplicables a la vigilancia de los compresores de gas

15.7 Reglas aplicables a la vigilancia de los motores de gas

15.8 Reglas aplicables a la detección de gas

15.9 Reglas aplicables a la detección de incendios

15.10 Reglas aplicables a la ventilación

15.11 Reglas aplicables a las funciones de seguridad de los sistemas de suministro de combustible

**ANEXO NORMA PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE ESTADO
LÍMITE EN EL PROYECTO DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE
COMBUSTIBLE DE CARACTERÍSTICAS INNOVADORAS**

PARTE B-1

16 FABRICACIÓN, CALIDAD Y PRUEBAS

16.1 Generalidades

16.2 Reglas y especificaciones generales relativas a las pruebas

16.3 Soldadura de materiales metálicos y pruebas no destructivas del sistema de contención de combustible

16.4 Otras reglas para la construcción con materiales metálicos

16.5 Pruebas

16.6 Soldaduras, termotratamiento postsoldadura y pruebas no destructivas

16.7 Reglas aplicables a las pruebas

PARTE C-1

17 EJERCICIOS Y PRÁCTICAS DE EMERGENCIA

18 FUNCIONAMIENTO

18.1 Objetivo

18.2 Prescripciones funcionales

18.3 Reglas aplicables al mantenimiento

18.4 Reglas aplicables a las operaciones de toma de combustible

18.5 Reglas aplicables a las entradas en espacios cerrados

18.6 Reglas aplicables a la inertización y la purga de los sistemas de combustible

18.7 Reglas aplicables a trabajos en caliente en los sistemas de combustible o en sus cercanías

ANEXO NOTA DE ENTREGA DE COMBUSTIBLE GNL PARTE D

19 FORMACIÓN

19.1 Objetivo

19.2 Prescripciones funcionales

ANEXO 5

ISO 8217: 2017

ISO 8217 2017

FUEL STANDARD

ISO 8217 2017 Fuel Standard
for marine distillate fuels

MARINE DISTILLATE FUELS

Limit	Parameter	DMX	DMA	DFA	DMZ	DFZ	DMB	DFB
Max.	Viscosity at 40°C (mm²/s)	5.500	6.000		6.000		11.00	
Min.	Viscosity at 40°C (mm²/s)	1.400	2.000		3.000		2.000	
Max.	Micro Carbon Residue at 10% Residue (% m/m)	0.30	0.30		0.30		-	
Max.	Density at 15°C (kg/m³)	-	890.0		890.0		900.0	
Max.	Micro Carbon Residue (% m/m)	-	-		-		0.30	
Max.	Sulphur (% m/m)	1.00	1.00		1.00		1.50	
Max.	Water (% V/V)	-	-		-		0.30	
Max.	Total sediment by hot filtration (% m/m)	-	-		-		0.10	
Max.	Ash (% m/m)	0.010	0.010		0.010		0.010	
Min.	Flash point (°C)	43.0	60.0		60.0		60.0	
Max.	Pour point in Winter (°C)	-	-6		-6		0	
Max.	Pour point in Summer (°C)	-	0		0		6	
Max.	Cloud point in Winter (°C)	-16	Report		Report		-	
Max.	Cloud point in Summer (°C)	-16	-		-		-	
Max.	Cold filter plugging point in Winter (°C)	-	Report		Report		-	
Max.	Cold filter plugging point in Summer (°C)	-	-		-		-	
Min.	Calculated Cetane Index	45	40		40		35	
Max.	Acid Number (mgKOH/g)	0.5	0.5		0.5		0.5	
Max.	Oxidation stability (g/m³)	25	25		25		25	
Max.	Fatty acid methyl ester (FAME)	-	-	7.0	-	7.0	-	7.0
Max.	Lubricity, corrected wear scar diameter (wsd 1.4 at 60°C) (µm)	520	520		520		520	
Max.	Hydrogen sulphide (mg/kg)	2.00	2.00		2.00		2.00	
	Appearance	Clear & Bright					-	

the above is a service for informational purposes only. can-bunkering assumes no responsibility for any errors or omissions.

ISO 8217 2017 FUEL STANDARD

ISO 8217 2017 Fuel Standard for marine residual fuels

MARINE RESIDUAL FUELS

Limit	Parameter	RMA 10	RMB 30	RMD 80	RME 180	180	RMG 380500700			380	RMK 500	700
Max.	Viscosity at 50°C (mm²/s)	10.00	30.00	80.00	180.0	180.0	380.0	500.0	700.0	380.0	500.0	700.0
Max.	Density at 15°C (kg/m³)	920.0	960.0	975.0	991.0	991.0				1010.0		
Max.	Micro Carbon Residue (% m/m)	2.50	10.00	14.00	15.00	18.00				20.00		
Max.	Aluminium + Silicon (mg/kg)	25	40		50	60						
Max.	Sodium (mg/kg)	50	100		50	100						
Max.	Ash (% m/m)	0.040	0.070			0.100				0.150		
Max.	Vanadium (mg/kg)	50	150			350				450		
Max.	CCAI	850	860			870						
Max.	Water (% V/V)	0.30	0.50									
Max.	Pour point (upper) In Summer (°C)	6						30				
Max.	Pour point (upper) In Winter (°C)	0						30				
Min.	Flash point (°C)	60.0										
Max.	Sulphur (% m/m)	To comply with statutory requirements as defined by purchaser										
Max.	Total Sediment, aged (% m/m)	0.10										
Max.	Acid Number (mgKOH/g)	2.5										
	Used lubricating oils (ULO): Calcium and Zinc; or Calcium and Phosphorus (mg/kg)	The fuel shall be free from ULO, and shall be considered to contain ULO when either one of the following conditions is met: Calcium > 30 and Zinc > 15; or Calcium > 30 and phosphorus > 15.										
Max.	Hydrogen sulphide (mg/kg)	2.00										

the above is a service for informational purposes only. can-bunkering assumes no responsibility for any errors or omissions.

ANEXO 6

DIRECTRICES PARA LA VIGILANCIA DEL CONTENIDO MEDIO DE AZUFRE A ESCALA MUNDIAL



ORGANIZACIÓN
MARÍTIMA
INTERNACIONAL

S

4 ALBERT EMBANKMENT
LONDRES SE1 7SR
Teléfono: +44(0)20 7735 7611 Facsímil: +44(0)20 7587 3210

MEPC.1/Circ.862
17 junio 2016

DIRECTRICES DE 2010 PARA LA VIGILANCIA DEL CONTENIDO MEDIO DE AZUFRE A ESCALA MUNDIAL DEL FUELOIL SUMINISTRADO PARA USO A BORDO DE LOS BUQUES, ENMENDADAS (RESOLUCIÓN MEPC.192(61), ENMENDADA POR LA RESOLUCIÓN MEPC.273(69))

1 El Comité de protección del medio marino, en su 69º periodo de sesiones (18 a 22 de abril de 2016), adoptó, mediante la resolución MEPC.273(69), enmiendas a las Directrices de 2010 para la vigilancia del contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil suministrado para uso a bordo de los buques (resolución MEPC.192(61)) (MEPC 69/21, párrafo 5.29).

2 El texto refundido de las directrices figura en el anexo, atendiendo a la petición del Comité (MEPC 69/21, párrafo 5.29).

3 Se invita a los Gobiernos Miembros a que pongan las Directrices de 2010 enmendadas que figuran en el anexo en conocimiento de sus Administraciones, organizaciones de transporte marítimo, organizaciones reconocidas, compañías navieras y otros interesados.

PREFACIO

1 El objetivo principal de las Directrices es establecer un método convenido para vigilar el contenido medio de azufre del fueloil suministrado para uso a bordo de los buques, teniendo en cuenta los distintos límites del contenido de azufre establecidos en la regla 14 del Anexo VI revisado del Convenio MARPOL.

INTRODUCCIÓN

2 Las presentes Directrices se basan en la regla 14.2 del Anexo VI revisado del Convenio MARPOL, en la resolución 4 de la Conferencia (MP/CONF.3/35), sobre la vigilancia del contenido medio de azufre a escala mundial del combustible residual suministrado para uso a bordo de los buques, y en el documento MEPC 59/24. Entre las emisiones contempladas en el Anexo VI se encuentran las generadas por la combustión de fueloil que contiene azufre. Se estableció un límite máximo para el contenido de azufre del fueloil y, además, se decidió vigilar el contenido medio de azufre del fueloil. En la regla 14.2 del Anexo VI no se estipula la vigilancia del contenido medio de azufre a escala mundial del combustible destilado suministrado para uso a bordo de los buques. No obstante, entre tanto, se ha acordado vigilar el contenido medio de azufre del combustible destilado.

3 Las instituciones de análisis independientes llevan a cabo unos 100 000 análisis anuales, lo que representa entre el 25 % y el 35 % de todas las entregas. A partir de los datos recogidos por estos servicios de análisis puede calcularse el contenido medio actual de azufre de los combustibles residuales. Esas cifras se publican regularmente y en la actualidad son del orden del 2,4 % en masa¹.

DEFINICIONES

4 A los efectos de las presentes Directrices regirán las siguientes definiciones:

.1 *Combustible residual:*

Fueloil destinado a la combustión, con una viscosidad cinemática a 40 °C superior a 11,00 centistokes² (mm²/s), entregado a los buques para su consumo a bordo.

.2 *Combustible destilado:*

Fueloil destinado a la combustión, con una viscosidad cinemática a 40 °C inferior o igual a 11,00 centistokes² (mm²/s), entregado a los buques para su consumo a bordo.

.3 *Proveedor de servicios de muestreo y análisis:*

Toda institución comercial que preste servicios de análisis y muestreo de los combustibles líquidos entregados a los buques, con objeto de evaluar los parámetros de calidad de dichos combustibles, entre ellos el contenido de azufre.

.4 *Valor de referencia A_{MR} :*

El valor del contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil residual suministrado para uso a bordo de los buques, calculado a partir de los datos recogidos en los tres primeros años, con arreglo a lo indicado en los párrafos 5 a 11 de las presentes Directrices.

.5 *Valor de referencia A_{MD} :*

El valor del contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil destilado suministrado para uso a bordo de los buques, calculado a partir de los datos recogidos en los tres primeros años, con arreglo a lo indicado en los párrafos 5 a 11 de las presentes Directrices.

VIGILANCIA Y CÁLCULO DEL PROMEDIO ANUAL Y DEL PROMEDIO MÓVIL TRIENAL

Vigilancia

5 La vigilancia debería basarse en el cálculo del contenido medio de azufre de los combustibles residuales y destilados a partir de muestras recogidas y analizadas por servicios de análisis independientes. El contenido medio de azufre de los combustibles residuales y destilados debería calcularse todos los años. A los tres años se establecerá el valor de referencia para la labor de vigilancia en la forma descrita en el párrafo 11.

Cálculo de los promedios anuales

6 La labor de vigilancia se basa en el cálculo anual del contenido medio de azufre del combustible residual y destilado.

7 El contenido medio de azufre se calcula de la siguiente manera:

Se registra, para un año civil determinado, el contenido de azufre de las muestras analizadas³ (una muestra por cada entrega, en la que el contenido de azufre se determina mediante el análisis del fueloil). El contenido de azufre de las muestras analizadas se multiplica por la correspondiente masa de fueloil sumado, y el resultado se divide por la masa total de combustible líquido analizado. El resultado de esa división es el contenido medio de azufre de los combustibles residuales y destilados correspondiente a ese año.

8 Con objeto de poder adoptar decisiones con conocimiento de causa, a más tardar el 31 de enero de cada año debería publicarse una representación gráfica de la distribución del contenido de azufre a escala mundial en función de las cantidades de fueloil correspondientes a la gama de cada incremento del contenido de azufre, expresado como sigue:

- .1 combustibles residuales: porcentaje de azufre en incrementos de 0,5 %;
- .2 combustibles destilados cuyo contenido de azufre sea inferior a 0,5 %: porcentaje de azufre en incrementos de 0,1 %; y
- .3 combustibles destilados cuyo contenido de azufre sea superior a 0,5 %: porcentaje de azufre en incrementos de 0,5 %.

9 La fórmula matemática del método de cálculo descrito figura en el apéndice de las presentes Directrices.

Promedio móvil trienal

10 Se debería calcular un promedio móvil trienal del modo siguiente:

$$A_{cr} = (A_{c1} + A_{c2} + A_{c3})/3$$

siendo:

A_{cr} = promedio móvil de contenido de azufre de todas las entregas analizadas durante un periodo de tres años

A_{c1}, A_{c2}, A_{c3} = contenido medio de azufre de todas las entregas analizadas durante cada uno de los años examinados

A_{cr} se volverá a calcular cada año añadiendo la cifra más reciente de A_c y suprimiendo la más antigua.

Para el cálculo del promedio anual, todo fueloil cuyo contenido de azufre sea inferior a 0,05 % debería contabilizarse como 0,03 %.

Establecimiento de los valores de referencia

11 El valor de referencia aplicable al contenido medio de azufre a escala mundial de los combustibles residuales y destilados suministrados para uso a bordo de los buques debería ser A_{wx} , siendo $x = r, recA, d, deCA$ y $A_{wx} = A_{cr}$, calculado en enero del año siguiente a los tres primeros años en los que se recogieron datos aplicando las presentes Directrices. A_w debería expresarse como porcentaje.

PROVEEDORES DE SERVICIOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS

12 Actualmente hay cuatro proveedores de servicios de muestreo y análisis a los efectos de las presentes Directrices.

13 Todo proveedor de servicios de muestreo y análisis será aprobado por el MEPC de conformidad con los siguientes criterios:

- .1 recibir la aprobación del Comité de Protección del Medio Marino, que debería aplicar los presentes criterios;
- .2 disponer de personal técnico y directivo compuesto por profesionales competentes que ofrezcan una cobertura geográfica y una presencia local adecuadas para garantizar la prestación de servicios de calidad y rápidos;
- .3 ofrecer sus servicios con arreglo a un código deontológico documentado;
- .4 ser independiente con respecto a cualquier interés comercial en el resultado de la labor de vigilancia;
- .5 implantar y mantener un sistema de calidad reconocido internacionalmente, certificado por un auditor independiente, que garantice la posibilidad de reproducir y repetir unos servicios que son objeto de auditorías internas y se realizan de forma supervisada y en condiciones reguladas; y
- .6 tomar un número importante de muestras todos los años con el fin de vigilar a escala mundial el contenido medio de azufre de los combustibles residuales y destilados.

MÉTODO NORMALIZADO DE CÁLCULO

14 Todos los proveedores de servicios de muestreo y análisis deberían suministrar la información necesaria para el cálculo del contenido medio de azufre de los combustibles residuales y destilados a la Secretaría de la OMI, o a otra tercera parte que se convenga, en un formato que se decida de común acuerdo y que apruebe el MEPC. Esa parte analizará la información recibida y presentará los resultados al MEPC en el formato acordado. Tal información debería considerarse confidencial desde el punto de vista de la competencia comercial.

APÉNDICE

CÁLCULO DEL CONTENIDO MEDIO DE AZUFRE BASADO EN LA CANTIDAD

Nota: Siempre que aparezca la expresión "todas las entregas" se entenderá que se trata de todas las entregas de las que se tomen y analicen muestras para determinar el contenido de azufre y que se tengan en cuenta a efectos de la labor de vigilancia.

Cálculo ponderado en función de la cantidad

$$A_{cj} = \frac{\sum_{i=1}^{N_j} a_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{N_j} m_i}$$

siendo:

A_{cj} = el contenido medio de azufre de todas las entregas que han sido objeto de muestreo en todo el mundo durante el año j

a_i = el contenido de azufre de una muestra de la entrega i

N_j = el número total de muestras tomadas durante el año j

m_i = la masa de fueloil con un contenido de azufre igual a a_i .

ANEXO 7

LISTA DE BUQUES PROPULSADOS A GNL 2017 (NO METANEROS)

a) Buques en servicio 2017

SHIP TYPE	SHIP NAME	SHIP TYPE	DELIVERY DATE	SHIPBUILDER	ENGINE	PROPULSION TYPE	CLASS SOCIETY
SERVICE+SUPPLY SHIPS	<i>Stil Pioneer</i>	PSV	2003	Kleven Ulsteinvik	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Viking Energy</i>	PSV	2003	Kleven Ulsteinvik	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Viking Queen</i>	PSV	2008	West Contractors	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Viking Lady</i>	PSV	2009	West Contractors	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Barentshavn</i>	Patrol vessel	2009	Myklebust	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Bergen</i>	Patrol vessel	2010	Myklebust	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Sortland</i>	Patrol vessel	2010	Myklebust	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Skandi Gamma</i>	PSV	2011	STX OSV Soviknes	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Normand Arctic</i>	PSV	2011	STX OSV Langen	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Viking Prince</i>	PSV	2012	Kleven Ulsteinvik	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Viking Princess</i>	PSV	2012	Kleven Ulsteinvik	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Island Crusader</i>	PSV	2012	STX OSV Brevik	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Island Contender</i>	PSV	2012	STX OSV Brevik	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Olympic Energy</i>	PSV	2012	STX OSV Aukra	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Rem Leader</i>	PSV	2013	Kleven Verft	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Econuri</i>	Harbour vessel	2013	Samsung	Wärtsilä	DF	KR
	<i>Hai Yang Shi You 521</i>	Tug	2013	Guangzhou Huangpu	Wärtsilä	DF	CCS
	<i>Hai Yang Shi You 522</i>	Tug	2013	Guangzhou Huangpu	Wärtsilä	DF	CCS
	<i>Børgoy</i>	Tug	2014	Sanmar	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Bokn</i>	Tug	2014	Sanmar	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Turva</i>	Patrol vessel	2014	STX Turku	Wärtsilä	DF	DNV GL

<i>Stril Barents</i>	PSV	2015	Hellesøy	Wärtsilä	DF	DNV GL
<i>Harvey Energy</i>	PSV	2015	Trinity Offshore	Wärtsilä	DF	ABS
<i>Harvey Power</i>	PSV	2015	Trinity Offshore	Wärtsilä	DF	ABS
<i>Harvey Liberty</i>	PSV	2016	Trinity Offshore	Wärtsilä	DF	ABS
<i>Harvey Freedom</i>	PSV	2017	Trinity Offshore	Wärtsilä	DF	ABS
<i>Rem Eir</i>	PSV	2015	Kleven Verft	Wärtsilä	DF	DNV GL
<i>Hai Yang Shi You 525</i>	Tug	2015	Zhenjiang	Rolls-Royce	Gas	CCS
<i>Siem Symphony</i>	PSV	2015	Hellesøy	Wärtsilä	DF	DNV GL
<i>Siem Pride</i>	PSV	2015	Remontowa	Wärtsilä	DF	DNV GL
<i>Sakigaki</i>	Tug	2015	Keihin Dock	Niigata	DF	ClassNK
<i>Polaris</i>	Icebreaker	2016	Arctech Helsinki	Wärtsilä	DF	LR
<i>Siem Thiima</i>	PSV	2017	Remontowa	Wärtsilä	DF	DNV GL

<u>PASSENGER SHIPS</u>	<i>Glutra</i>	Car pax ferry	2000	Langstein	Mitsubishi	Gas	DNV GL
	<i>Bergensfjord</i>	Car pax ferry	2006	Aker Yards	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Stavangerfjord</i>	Car pax ferry	2007	Aker Yards	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Raunefjord</i>	Car pax ferry	2007	Aker Yards	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Mastrafjord</i>	Car pax ferry	2007	Aker Yards	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Fanafjord</i>	Car pax ferry	2007	Aker Yards	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Tidekongen</i>	Passenger ferry	2009	STX Europe Lorient	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Tidedronnigen</i>	Passenger ferry	2009	STX Europe Lorient	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Tideprinsen</i>	Passenger ferry	2009	STX Europe Lorient	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Moldefjord</i>	Car pax ferry	2009	Remontowa	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Fannefjord</i>	Car pax ferry	2010	Remontowa	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Romsdalfjord</i>	Car pax ferry	2010	Remontowa	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Korsfjord</i>	Car pax ferry	2010	Remontowa	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL

	<i>Selbjorns fjord</i>	Car pax ferry	2010	Fiskerstrand BLRT	Mitsubishi	Gas + oil	DNV GL
	<i>Tresfjord</i>	Car pax ferry	2011	Fiskerstrand BLRT	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Boknafjord</i>	Car pax ferry	2012	Fiskerstrand BLRT	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Landegode</i>	Car pax ferry	2012	Remontowa	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Værøy</i>	Car pax ferry	2012	Remontowa	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Barøy</i>	Car pax ferry	2013	Remontowa	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Lødingen</i>	Car pax ferry	2013	Remontowa	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Viking Grace</i>	Car pax ferry	2013	STX Turku	Wärtsilä	DF	LR
	<i>Stavangerfjord</i>	Car pax ferry	2013	Remontowa	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Bergensfjord</i>	Car pax ferry	2013	Remontowa	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Francisco</i>	High-speed ferry	2013	Incat	GE gas turbine	Gas	DNV GL
	<i>Hardanger</i>	Car pax ferry	2013	Remontowa	Mitsubishi	Gas	DNV GL
	<i>Ryfylke</i>	Car pax ferry	2013	Remontowa	Mitsubishi	Gas	DNV GL
	<i>FA Gauthier</i>	Car pax ferry	2015	Fincantieri	Wärtsilä	DF	LR
	<i>Osfriesland*</i>	Car pax ferry	2015	Cassen Eils	Wärtsilä	DF	GL
	<i>Helgoland</i>	Car pax ferry	2015	Cassen Eils	Wärtsilä	DF	GL
	<i>Samsø</i>	Car pax ferry	2015	Remontowa	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Hasvik</i>	Car pax ferry	2015	Fiskerstrand	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Bergsfjord</i>	Car pax ferry	2015	Fiskerstrand	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Armand-Imbeau II</i>	Car pax ferry	2016	Davie Sb	Wärtsilä	DF	LR
	<i>Jos-Deschênes II</i>	Car pax ferry	2016	Davie Sb	Wärtsilä	DF	LR
	<i>Seaspan Swift</i>	Car pax ferry	2016	Sedef	Wärtsilä	DF	BV
	<i>Seaspan Reliant</i>	Car pax ferry	2017	Sedef	Wärtsilä	DF	BV
	<i>Abel Matutes*</i>	Car pax ferry	2017	unnamed	Rolls-Royce	Gas	BV
	<i>Salish Orca</i>	Car pax ferry	2017	Remontowa	Wärtsilä	DF	LR
	<i>Salish Eagle</i>	Car pax ferry	2017	Remontowa	Wärtsilä	DF	LR

	<i>Megastar</i>	Car pax ferry	2017	Meyer Turku	Wärtsilä	DF	BV
<u>CONTAINERS/DRY CARGO</u>	<i>Høydal</i>	Fishfeed carrier	2012	Tersan	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Eidsvaag Pioneer</i>	Fishfeed carrier	2013	STX OSV Aukra	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>With Harvest</i>	Fishfeed carrier	2014	Fiskerstrand	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>With Marine</i>	Fishfeed carrier	2014	Fiskerstrand	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Kvitbjørn</i>	Container ro-ro	2015	Tsuji Heavy Jiangsu	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Kvitnos</i>	Container ro-ro	2015	Tsuji Heavy Jiangsu	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Isla Bella</i>	Container ship	2015	NASSCO	MAN	HPLSDF	ABS
	<i>Perla del Caribe</i>	Container ship	2016	NASSCO	MAN	HPLSDF	ABS
	<i>Searoad Mersey II</i>	Ro-ro cargo	2016	Flensburger	MaK	DF	DNV GL
	<i>Auto Eco</i>	Car carrier	2016	NACKS	MAN	HPLSDF	LR

<u>TANKERS ± BULKERS</u>	<i>Bit Viking</i>	Product tanker	2011	Oresundsvarvet	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Coral Star</i>	Ethylene carrier	2014	Avic Dingheng	Wärtsilä	DF	BV
	<i>Coral Sticho</i>	Ethylene carrier	2014	Avic Dingheng	Wärtsilä	DF	BV
	<i>Bergen Viking*</i>	Product tanker	2015	Noryards	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Sefarina</i>	LPG carrier	2015	Hoogezand	Wärtsilä	DF	BV
	<i>Greenland</i>	Cement carrier	2015	Ferus Smit	Wärtsilä	DF	LR
	<i>Ireland</i>	Cement carrier	2016	Ferus Smit	Wärtsilä	DF	LR
	<i>Fure West*</i>	Product tanker	2016	Oresundsvarvet	MaK	DF	BV
	<i>Sundowner</i>	LPG carrier	2016	Hoogezand	Wärtsilä	DF	BV
	<i>Jayanti Baruna</i>	CNG carrier	2016	Jiangsu Hantong	Wärtsilä	DF	ABS/BKI
	<i>Ternsund</i>	Chemical/product tanker	2016	Avic Dingheng	Winterthur G&D	LPLSDF	BV
	<i>Ternfjord</i>	Chemical/product tanker	2016	Avic Dingheng	Winterthur G&D	LPLSDF	BV
	<i>Tern Sea</i>	Chemical/product tanker	2016	Avic Dingheng	Winterthur G&D	LPLSDF	BV
	<i>Tern Ocean</i>	Chemical/product tanker	2017	Avic Dingheng	Winterthur G&D	LPLSDF	BV
	<i>Gaschem Beluga</i>	Ethane carrier	2016	Sinopacific	MAN	HPLSDF	DNV GL

	<i>Navigator Aurora</i>	Ethane carrier	2016	Jiangnan	MAN	HPLSDF	ABS
	<i>Navigator Eclipse</i>	Ethane carrier	2016	Jiangnan	MAN	HPLSDF	ABS
	<i>Navigator Nova</i>	Ethane carrier	2017	Jiangnan	MAN	HPLSDF	ABS
	<i>Damia Desgagnes</i>	Bitumen tanker	2016	Besiktas	Winterthur G&D	LPLSDF	BV

b) Buques pedidos 2017

SHIP TYPE	SHIP NAME	SHIP TYPE	DELIVERY DATE	ENGINE	PROPELLSION	CLASS SOCIETY
SERVICE+SUPPLY SHIPS	<i>Elemarateyah</i>	Tug	2017	Wärtsilä	DF	Tasneef
	unnamed	Tug	2017	Rolls-Royce	Gas	CCS
	<i>Siem Melody</i>	PSV	2017	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Siem Rhapsody</i>	PSV	2017	Wärtsilä	DF	DNV GL
	<i>Harvey America</i>	PSV	2017	Wärtsilä	DF	ABS
	<i>Harvey Patriot</i>	PSV	2017	Wärtsilä	DF	ABS
	<i>Hammerfest</i>	Tug	2017	Wärtsilä	DF	BV
	unnamed	Tug	2017	Wärtsilä	DF	BV
	unnamed	Tug	2017	Wärtsilä	DF	BV
	<i>Scheldt River</i>	Dredger	2017	Wärtsilä	DF	BV
	<i>Minerva</i>	Dredger	2017	Anglo Belgian	DF	BV
	<i>Bonny River</i>	Dredger	2017	Wärtsilä	DF	unnamed
	<i>Apollo</i>	Jack-up rig	2017	unnamed	DF	unnamed
	<i>Living Stone</i>	Cable-layer	2017	Wärtsilä	DF	unnamed
	<i>Spartacus</i>	Dredger	2019	Wärtsilä	DF	unnamed
	<i>Sleipnir</i>	Semisub crane vessel	2018	unnamed	DF	unnamed
	<i>Werkendam</i>	Dredger	2018	unnamed	DF	unnamed
	<i>Ecodelta</i>	Dredger	2018	Anglo Belgian	DF	unnamed
	<i>Atair</i>	Survey ship	2018	unnamed	unnamed	unnamed
	unnamed	Tug	2018	Niigata	DF	CCS
	unnamed	Tug	2018	unnamed	unnamed	unnamed
	unnamed	Tug	2018	unnamed	unnamed	unnamed

	<i>Orion</i>	Wind farm installation vessel	2019	unnamed	unnamed	unnamed
<u>PASSENGER SHIPS</u>	<i>Salish Raven</i>	Car pax ferry	2017	Wärtsilä	DF	LR
	unnamed	Car pax ferry	2017	Wärtsilä	DF	DNV GL
	unnamed	Car pax ferry	2018	Wärtsilä	DF	DNV GL
	unnamed	Car pax ferry	2018	Wärtsilä	DF	LR
	unnamed	Car pax ferry	2018	Wärtsilä	DF	LR
	unnamed	Car pax ferry	2018	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	unnamed	Car pax ferry	2018	Rolls-Royce	Gas	DNV GL
	<i>Bencomo Express*</i>	High-speed ferry	2018	Caterpillar	DF	unnamed
	unnamed	Car pax ferry	2018	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	High-speed ferry	2018	MTU	Gas	unnamed
	unnamed	High-speed ferry	2018	MTU	Gas	unnamed
	unnamed	Car pax ferry	2018	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Car pax ferry	2018	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Car pax ferry	2019	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Car pax ferry	2019	Wärtsilä	DF	unnamed
	<i>Spirit of British Columbia*</i>	Car pax ferry	2018	Wärtsilä	DF	LR
	<i>Spirit of Vancouver Island*</i>	Car pax ferry	2019	Wärtsilä	DF	LR
	unnamed	Car pax ferry	2019	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Car pax ferry	2020	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2019	Caterpillar/MaK	DF	DNV GL
	unnamed	Cruise ship	2021	Caterpillar/MaK	DF	DNV GL
	unnamed	Cruise ship	2019	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2021	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2020	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2020	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2022	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2022	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2024	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2025	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2026	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2022	unnamed	DF	unnamed
	unnamed	Cruise ship	2024	unnamed	DF	unnamed
<u>CONTAINERS/DRY CARGO</u>	<i>Wes Amelie*</i>	Container ship	2017	MAN	DF	BV
	<i>Taino</i>	Container ship	2017	MAN	HPLS DF	DNV GL

	<i>El Coqui</i>	Container ship	2017	MAN	HPLS DF	DNV GL
	unnamed	Container ship	2017	MAN	HPLS DF	DNV GL
	unnamed	Container ship	2018	MAN	HPLS DF	DNV GL
	unnamed	Container ship	2018	MAN	HPLS DF	DNV GL
	unnamed	Container ship	2018	MAN	HPLS DF	DNV GL
	unnamed	Container ship	2018	Winterthur G&D	LPLS DF	ABS
	unnamed	Container ship	2018	Winterthur G&D	LPLS DF	ABS
	unnamed	Container ship	2018	Winterthur G&D	LPLS DF	ABS
	unnamed	Container ship	2018	Winterthur G&D	LPLS DF	ABS
	unnamed	Fishfeed carrier	2018	Rolls- Royce	Gas	DNV GL
	<i>Midnight Sun*</i>	Container ship	2018	Wärtsilä	DF	ABS
	<i>North Star*</i>	Container ship	2018	Wärtsilä	DF	ABS
<u>TANKERS + BULKERS</u>	<i>Mia Desgagnes</i>	Chemical/product tanker	2017	Winterthur G&D	LPLS DF	BV
	unnamed	Chemical/product tanker	2017	Winterthur G&D	LPLS DF	BV
	unnamed	Chemical/product tanker	2017	Winterthur G&D	LPLS DF	BV
	<i>Gaschem Orca</i>	Ethane carrier	2017	MAN	HPLS DF	DNV GL
	<i>Navigator Prominence</i>	Ethane carrier	2017	MAN	HPLS DF	ABS
	unnamed	Bulk carrier	2017	MAN	HPLS DF	LR/KR
	unnamed	Oil bunker vessel	2018	unnamed	unna med	unnamed
	unnamed	Oil bunker vessel	2018	unnamed	unna med	unnamed
	unnamed	Bulk carrier	2018	unnamed	DF	DNV GL
	unnamed	Bulk carrier	2018	unnamed	DF	DNV GL
	unnamed	Ethane carrier	2018	unnamed	unna med	unnamed
	unnamed	Ethane carrier	2018	unnamed	unna med	unnamed
	unnamed	Ethane carrier	2018	unnamed	unna med	unnamed
	unnamed	Ethane carrier	2018	unnamed	unna med	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2018	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2018	Wärtsilä	DF	unnamed

	unnamed	Chemical/product tanker	2019	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2019	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2018	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2019	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2018	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2019	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2019	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Chemical/product tanker	2020	Wärtsilä	DF	unnamed
	unnamed	Aframax tanker	2018	unnamed	unnamed	unnamed
	unnamed	Aframax tanker	2018	unnamed	unnamed	unnamed
	unnamed	Aframax tanker	2019	unnamed	unnamed	unnamed
	unnamed	Aframax tanker	2019	unnamed	unnamed	unnamed

Source: LNG World Shipping, March 217

* Conversion project

DF: medium-speed, dual-fuel

HPLSDF: high-pressure, low-speed dual-fuel

LPLSDF: low-pressure, low-speed dual-fuel

PSV: platform supply vessel

ANEXO 8

CONSENTIMIENTO DE ENTREVISTA PARA EL TRABAJO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación está dirigida por Castrejón Yzáziga, Miguel Ángel y Quispe Ochoa, Líder Hidú, egresados en la especialidad de Puente de la Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau". El objetivo de este trabajo es recopilar información relevante en cuanto a su percepción y participación con respecto al nuevo límite de la normativa OMI sobre emisiones de azufre en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020.

La participación es voluntaria y si usted accede a participar, se le pedirá responder preguntas en una entrevista. Las conversaciones serán grabadas, con el fin de que los entrevistadores puedan transcribirlo una vez finalizada la sesión. La información provista por el participante será utilizada únicamente con el propósito de coadyuvar al trabajo de investigación. Una vez transcritas las entrevistas, las grabaciones serán destruidas.

Usted está en su libertad de poder hacer preguntas en cualquier momento si tuviera alguna duda con respecto al estudio durante la entrevista. Asimismo, si alguna de las preguntas le resulta incómoda, usted puede hacérselo saber o no responderla; y, si fuera el caso, retirarse cuando lo desee.

Al finalizar la entrevista, se le entregará una copia de esta ficha de consentimiento, y podrá pedir información sobre los resultados una vez haya finalizado el estudio.

De antemano, agradecemos su participación en esta entrevista.

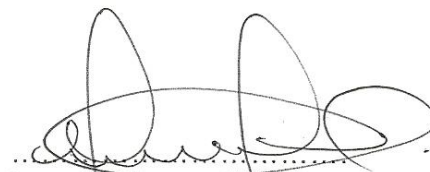
Habiendo leído lo expuesto anteriormente, yo MANUEL PINEO MARI,
....., con el cargo de JEFE DE LOGISTICA
DE LA EMPRESA TRANSGAS SHIPPING LINE S.A.C......
acepto participar voluntariamente en esta investigación, con el propósito de contribuir
con información para que este trabajo de investigación pueda llevarse a cabo.



Firma del participante

DNI: 40061220

Fecha: 25-04-18

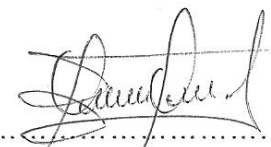


Investigador 1

Castrejón Yzáziga, Miguel

DNI: 70126403

Teléfono: 965092857



Investigador 2

Quispe Ochoa, Líder

DNI: 72286702

Teléfono: 927007167

ANEXO 9

CONSENTIMIENTO DE ENTREVISTA PARA EL TRABAJO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación está dirigida por Castrejón Yzáziga, Miguel Ángel y Quispe Ochoa, Líder Hidú, egresados en la especialidad de Puente de la Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau". El objetivo de este trabajo es recopilar información relevante en cuanto a su percepción y participación con respecto al nuevo límite de la normativa OMI sobre emisiones de azufre en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020.

La participación es voluntaria y si usted accede a participar, se le pedirá responder preguntas en una entrevista. Las conversaciones serán grabadas, con el fin de que los entrevistadores puedan transcribirlo una vez finalizada la sesión. La información provista por el participante será utilizada únicamente con el propósito de coadyuvar al trabajo de investigación. Una vez transcritas las entrevistas, las grabaciones serán destruidas.

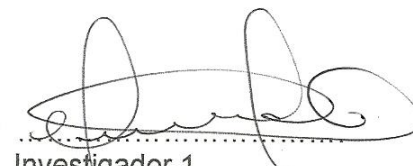
Usted está en su libertad de poder hacer preguntas en cualquier momento si tuviera alguna duda con respecto al estudio durante la entrevista. Asimismo, si alguna de las preguntas le resulta incómoda, usted puede hacérselo saber o no responderla; y, si fuera el caso, retirarse cuando lo desee.

Al finalizar la entrevista, se le entregará una copia de esta ficha de consentimiento, y podrá pedir información sobre los resultados una vez haya finalizado el estudio.

De antemano, agradecemos su participación en esta entrevista.

Habiendo leído lo expuesto anteriormente, yo Jorge Bruchovic, con el cargo de Supervisor de Mantenimiento de SAIA TECNICA - NAVIERA TRANSPORTES S.A. acepto participar voluntariamente en esta investigación, con el propósito de contribuir con información para que este trabajo de investigación pueda llevarse a cabo.


Firma del participante
DNI: 08879391
Fecha: 21-04-18


Investigador 1
Castrejón Yzáziga, Miguel
DNI: 70126403
Teléfono: 965092857


Investigador 2
Quispe Ochoa, Líder
DNI: 72286702
Teléfono: 927007167

ANEXO 10

LISTA DE RESERVA DE GNL A NIVEL MUNDIAL

a) Reservas actuales de gas natural

País	Gas natural - reservas comprobadas (metros cúbicos)	Año
Rusia	47,799,999,660,032	2016
Irán	34,019,999,744,000	2016
Qatar	24,529,998,970,880	2016
Estados Unidos	10,440,000,143,360	2015
Arabia Saudí	8,489,000,239,104	2016
Turkmenistán	7,503,999,926,272	2016
Emiratos Árabes Unidos	6,091,000,250,368	2016
Venezuela	5,616,999,858,176	2016
Nigeria	5,111,000,072,192	2016
Argelia	4,503,999,873,024	2016
Iraq	3,158,000,009,216	2016
Mozambique	2,832,000,090,112	2016
Indonesia	2,829,999,931,392	2016
Azerbaiyán	2,549,999,992,832	2016
Kazajistán	2,406,999,916,544	2016
Egipto	2,185,999,941,632	2016
Canadá	1,995,999,936,512	2016
Noruega	1,921,999,962,112	2016
Uzbekistán	1,840,999,956,480	2016
Kuwait	1,784,000,020,480	2016
Libia	1,505,000,030,208	2016
India	1,488,999,940,096	2016
Malasia	1,183,000,035,328	2016
Ucrania	1,104,000,057,344	2016
Países Bajos	940,000,018,432	2016
Australia	860,800,024,576	2016
Vietnam	699,399,995,392	2016
Omán	688,100,016,128	2016
Pakistán	669,399,973,888	2016
Yemen	478,499,995,648	2016
Brasil	471,099,998,208	2016
México	432,900,014,080	2016

Perú	414,099,996,672	2016
Brunéi	390,800,015,360	2016
Argentina	332,100,009,984	2016
Trinidad y Tobago	325,699,993,600	2016
Angola	307,999,997,952	2016
Bolivia	295,899,987,968	2016
Birmania; Myanmar	283,199,995,904	2016
Siria	240,699,998,208	2016
Bangladesh	232,999,993,344	2016
Tailandia	219,500,003,328	2016
Reino Unido	205,399,998,464	2016
Timor Oriental	199,999,995,904	2006
Israel	198,999,998,464	2016
Papúa-Nueva Guinea	151,299,997,696	2016
Camerún	135,099,998,208	2016
Colombia	134,699,999,232	2016
Rumania	105,500,000,256	2016
Filipinas	98,540,003,328	2016
Chile	97,970,003,968	2016
Bahráin	92,030,001,152	2016
Congo	90,609,999,872	2016
Polonia	81,660,002,304	2016
Cuba	70,789,996,544	2016
Túnez	65,130,000,384	2016
Namibia	62,290,001,920	2016
Ruanda	56,630,001,664	2016
Italia	53,719,998,464	2016
Afganistán	49,550,000,128	2016
Alemania	47,400,001,536	2016
Nueva Zelanda	36,899,999,744	2016
Guinea Ecuatorial	36,809,998,336	2016
Serbia	30,000,001,024	2016
Dinamarca	29,930,000,384	2016
Gabón	28,320,000,000	2016
Mauritania	28,320,000,000	2016
Costa de Marfil	28,320,000,000	2016
Croacia	24,920,000,512	2016
Etiopía	24,920,000,512	2016

Ghana	22,649,999,360	2016
Sudán	21,240,000,512	2016
Japón	20,899,999,744	2016
Sudáfrica	15,009,999,872	2012
Uganda	14,160,000,000	2016
Eslovaquia	14,160,000,000	2016
Ecuador	10,990,000,128	2016
Irlanda	9,911,000,064	2016
Senegal	9,911,000,064	2012
Francia	8,750,000,128	2016
Georgia	8,495,000,064	2016
Hungría	8,268,000,256	2016
Austria	7,900,000,256	2016
Corea del Sur	7,079,000,064	2016
Tanzania	6,512,999,936	2016
Taiwán	6,229,000,192	2016
Jordania	6,031,000,064	2016
China	6,000,000,000	2016
Bulgaria	5,663,000,064	2016
Kirguizistán	5,663,000,064	2016
Somalia	5,663,000,064	2016
Tayikistán	5,663,000,064	2016
Turquía	3,708,000,000	2016
Guatemala	2,960,000,000	2006
Bielorrusia	2,832,000,000	2016
España	2,548,000,000	2016
Madagascar	2,010,000,000	2012
Marruecos	1,444,000,000	2016
Benín	1,132,999,936	2016
República Democrática del Congo	991,100,032	2016
Grecia	991,100,032	2016
Albania	821,200,000	2016
Barbados	113,300,000	2016
RESERVAS TOTALES		193,688,359,287,328

b) Consumo de GNL a nivel mundial, oferta y demanda proyectada a futuro

Proyección con estimado de crecimiento del 2.5% en m3	
CONSUMO ANUAL 2009	646,600,000,000
CONSUMO ANUAL 2010	6.62765E+11
CONSUMO ANUAL 2011	6.79334E+11
CONSUMO ANUAL 2012	6.96317E+11
CONSUMO ANUAL 2013	7.13725E+11
CONSUMO ANUAL 2014	7.31569E+11
CONSUMO ANUAL 2015	7.49858E+11
CONSUMO ANUAL 2016	7.68604E+11
CONSUMO ANUAL 2017	7.87819E+11
CONSUMO ANUAL 2018	8.07515E+11
CONSUMO ANUAL 2019	8.27703E+11
CONSUMO ANUAL 2020	8.48395E+11
CONSUMO ANUAL 2021	8.69605E+11
CONSUMO ANUAL 2022	8.91345E+11
CONSUMO ANUAL 2023	9.13629E+11
CONSUMO ANUAL 2024	9.3647E+11
CONSUMO ANUAL 2025	9.59881E+11
CONSUMO ANUAL 2026	9.83878E+11
CONSUMO ANUAL 2027	1.00848E+12
CONSUMO ANUAL 2028	1.03369E+12
CONSUMO ANUAL 2029	1.05953E+12
CONSUMO ANUAL 2030	1.08602E+12
CONSUMO ESTIMADO DEL 2009 AL 2030	18,662,722,627,012

RESERVAS ANUALES ACEPTADAS CON CRECIMIENTO PORCENTUAL DEL .07%	
RESERVAS 2016	193,688,359,287,328
RESERVAS 2017	2.07247E+14
RESERVAS 2018	2.21754E+14
RESERVAS 2019	2.37277E+14
RESERVAS 2020	2.53886E+14
RESERVAS 2021	2.71658E+14
RESERVAS 2022	2.90674E+14
RESERVAS 2023	3.11021E+14
RESERVAS 2024	3.32793E+14
RESERVAS 2025	3.56088E+14
RESERVAS 2026	3.81014E+14
RESERVAS 2027	4.07685E+14
RESERVAS 2028	4.36223E+14
RESERVAS 2029	4.66759E+14
RESERVAS 2030	4.99432E+14

AÑO	RESERVA	CONSUMO	RESTANTE DISPONIBLE
2016	1.93688E+14	7.68604E+11	1.9292E+14
2017	2.07247E+14	7.87819E+11	2.06459E+14
2018	2.21754E+14	8.07515E+11	2.20946E+14
2019	2.37277E+14	8.27703E+11	2.36449E+14
2020	2.53886E+14	8.48395E+11	2.53038E+14
2021	2.71658E+14	8.69605E+11	2.70788E+14
2022	2.90674E+14	8.91345E+11	2.89783E+14
2023	3.11021E+14	9.13629E+11	3.10108E+14
2024	3.32793E+14	9.3647E+11	3.31856E+14
2025	3.56088E+14	9.59881E+11	3.55128E+14
2026	3.81014E+14	9.83878E+11	3.8003E+14
2027	4.07685E+14	1.00848E+12	4.06677E+14
2028	4.36223E+14	1.03369E+12	4.3519E+14
2029	4.66759E+14	1.05953E+12	4.65699E+14
2030	4.99432E+14	1.08602E+12	4.98346E+14

Reservas probadas de gas natural según BP

Total proved reserves

	At end 1996	At end 2006	At end 2015	At end 2016			
	Trillion cubic metres	Trillion cubic metres	Trillion cubic metres	Trillion cubic metres	Trillion cubic feet	Share of total	R/P ratio
US	4.7	6.0	8.7	8.7	307.7	4.7%	11.6
Canada	1.9	1.6	2.2	2.2	76.7	1.2%	14.3
Mexico	1.8	0.4	0.2	0.2	8.6	0.1%	5.2
Total North America	8.5	8.0	11.1	11.1	393.0	6.0%	11.7
Argentina	0.6	0.4	0.4	0.4	12.4	0.2%	9.2
Bolivia	0.1	0.7	0.3	0.3	9.9	0.2%	14.2
Brazil	0.2	0.3	0.4	0.4	13.1	0.2%	15.8
Colombia	0.2	0.1	0.1	0.1	4.4	0.1%	11.9
Peru	0.2	0.3	0.4	0.4	14.1	0.2%	28.5
Trinidad & Tobago	0.5	0.5	0.3	0.3	10.6	0.2%	8.7
Venezuela	4.1	4.7	5.7	5.7	201.3	3.1%	166.3
Other S. & Cent. America	0.1	0.1	0.1	0.1	2.2	*	26.7
Total S. & Cent. America	6.0	7.2	7.7	7.6	268.0	4.1%	42.9
Azerbaijan	n/a	0.9	1.1	1.1	40.6	0.6%	65.8
Denmark	0.1	0.1	†	†	0.5	*	2.9
Germany	0.2	0.1	†	†	1.2	*	5.3
Italy	0.3	0.1	†	†	1.2	*	6.6
Kazakhstan	n/a	1.3	1.0	1.0	34.0	0.5%	48.3
Netherlands	1.6	1.2	0.7	0.7	24.6	0.4%	17.4
Norway	1.5	2.3	1.9	1.8	62.3	0.9%	15.1
Poland	0.1	0.1	0.1	0.1	3.2	*	23.0
Romania	0.4	0.6	0.1	0.1	3.9	0.1%	12.0
Russian Federation	30.9	31.2	32.3	32.3	1139.6	17.3%	55.7
Turkmenistan	n/a	2.3	17.5	17.5	617.3	9.4%	261.7
Ukraine	n/a	0.7	0.6	0.6	20.9	0.3%	33.2
United Kingdom	0.8	0.4	0.2	0.2	7.3	0.1%	5.0
Uzbekistan	n/a	1.2	1.1	1.1	38.3	0.6%	17.3
Other Europe & Eurasia	0.2	0.2	0.2	0.2	7.2	0.1%	23.2
Total Europe & Eurasia	39.8	42.8	56.8	56.7	2002.0	30.4%	56.3
Bahrain	0.1	0.1	0.2	0.2	5.8	0.1%	10.5
Iran	23.0	26.9	33.5	33.5	1183.0	18.0%	165.5
Iraq	3.4	3.2	3.7	3.7	130.5	2.0%	*
Israel	†	†	0.2	0.2	5.5	0.1%	16.8
Kuwait	1.5	1.8	1.8	1.8	63.0	1.0%	104.2
Oman	0.6	1.0	0.7	0.7	24.9	0.4%	19.9
Qatar	8.5	25.5	24.3	24.3	858.1	13.0%	134.1
Saudi Arabia	5.7	7.1	8.4	8.4	297.6	4.5%	77.0
Syria	0.2	0.3	0.3	0.3	10.1	0.2%	79.1
United Arab Emirates	5.8	6.4	6.1	6.1	215.1	3.3%	98.5
Yemen	0.3	0.3	0.3	0.3	9.4	0.1%	365.8
Other Middle East	†	†	†	†	0.2	*	52.6
Total Middle East	49.2	72.6	79.4	79.4	2803.2	42.5%	124.5
Algeria	3.7	4.5	4.5	4.5	159.1	2.4%	49.3
Egypt	0.8	2.0	1.8	1.8	65.2	1.0%	44.1
Libya	1.3	1.4	1.5	1.5	53.1	0.8%	149.2
Nigeria	3.5	5.2	5.3	5.3	186.6	2.8%	117.7
Other Africa	0.8	1.2	1.1	1.1	39.3	0.6%	54.9
Total Africa	10.2	14.4	14.2	14.3	503.3	7.6%	68.4
Australia	1.3	2.3	3.5	3.5	122.6	1.9%	38.1
Bangladesh	0.3	0.4	0.2	0.2	7.3	0.1%	7.5
Brunei	0.4	0.3	0.3	0.3	9.7	0.1%	24.6
China	1.2	1.7	4.8	5.4	189.5	2.9%	38.8
India	0.6	1.1	1.3	1.2	43.3	0.7%	44.4
Indonesia	2.0	2.6	2.8	2.9	101.2	1.5%	41.1
Malaysia	2.4	2.5	1.2	1.2	41.3	0.6%	15.8
Myanmar	0.3	0.5	0.5	1.2	42.0	0.6%	63.0
Pakistan	0.6	0.8	0.5	0.5	16.0	0.2%	10.9
Papua New Guinea	†	†	0.1	0.2	7.4	0.1%	20.1
Thailand	0.2	0.3	0.2	0.2	7.3	0.1%	5.4
Vietnam	0.2	0.2	0.6	0.6	21.8	0.3%	57.6
Other Asia Pacific	0.4	0.4	0.3	0.3	9.8	0.1%	13.7
Total Asia Pacific	9.9	13.2	16.2	17.5	619.3	9.4%	30.2
Total World	123.5	158.2	185.4	186.6	6588.8	100.0%	52.5
of which: OECD	14.7	14.9	17.9	17.8	629.1	9.5%	13.9
Non-OECD	108.9	143.3	167.5	168.8	5959.7	90.5%	74.3
European Union	3.6	2.8	1.3	1.3	45.3	0.7%	10.8
CIS	30.9	37.6	53.6	53.6	1891.8	28.7%	70.1

*More than 500 years.

†Less than 0.05.

•Less than 0.05%.

n/a not available.

Notes: Total proved reserves of natural gas – Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known reservoirs under existing economic and operating conditions. The data series for total proved natural gas reserves does not necessarily meet the definitions, guidelines and practices used for determining proved reserves at a company level, for instance as published by the US Securities and Exchange Commission, nor does it necessarily represent BP's view of proved reserves by country.

Reserves-to-production (R/P) ratio – If the reserves remaining at the end of any year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate.

Source of data – The estimates in this table have been compiled using a combination of primary official sources and third-party data from Cedigaz and the OPEC Secretariat.