



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# **El efecto del límite de azufre 2020 en los precios de los fletes marítimos puerto-puerto para el transporte de contenedores.**

**Alumno:** Emilio Borja Cros

**Tutor:** Aurelio Herrero Blasco

**Facultad de Administración y Dirección de Empresas**

**Titulación:** Grado en Administración y Dirección de Empresas

Valencia, Julio 2019

## RESUMEN

A partir de enero de 2020 entrará en vigor la normativa de la Organización Marítima Internacional sobre el límite de contenido de azufre en el combustible marítimo. Debido a las mayores restricciones, las líneas navieras portacontenedores se verán obligadas a tomar medidas con un elevado coste para adaptar su flota mercante actual a las nuevas regulaciones, lo que incrementará los costes operativos de los buques significativamente. En este trabajo se analizan las medidas principales para adaptar los buques a las nuevas regulaciones, para establecer el grado de incremento de costes en el flete marítimo. Los resultados sugieren que el precio del flete marítimo aumentará significativamente una vez entre en vigor la nueva regulación para luego moderar ese incremento a medida que se apliquen las medidas anti contaminación más eficientes para cada tipo de buque.

Palabras clave: Límite global de azufre, OMI 2020, flete marítimo, envío de contenedores

Starting January 2020, the new Global Sulfur Cap regulation implemented by the International Maritime Organization will be taking effect. Due to the increased restrictions on bunker oil sulphur content, the container shipping lines will have to take costly measures to adapt their current merchant fleet to comply with the lowered sulphite emissions limit, which is expected to increase the vessels' operating costs significantly. In this project we will analyze the main abatement options to comply with OMI 2020 regulations, in order to establish the degree of increase in maritime freight prices. The results suggest that maritime freight rates will increase significantly once regulations take effect, after which the increase will be reduced once vessels are equipped with the most cost-effective abatement solution for them.

Keywords: Global sulphur cap, OMI 2020, ocean freight pricing, bunker fuel costs,

## LISTADO DE ABREVIATURAS

**BAF:** Factor de ajuste de fueloil

**CAF:** Factor de ajuste de moneda

**ECA:** Zona de Control de Emisiones

**EEUU:** Estados Unidos

**HFO:** Fueloil pesado

**LNG:** Gas Natural Licuado

**MARPOL:** Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques

**MDO:** Diésel marino

**MEPC:** Comité de protección del Entorno Marino

**MGO:** Gasoil marino

**MSC:** Comité de Seguridad Marítima

**NOx:** Óxidos de Nitrógeno

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

**OMI:** Organización Marítima Internacional

**OSRA:** Ocean Shipping Reform Act

**SECA:** Zona de Control de Emisiones de Azufre

**SOx:** Óxidos de azufre

**THC:** Gastos de manipulación en terminal

**UE:** Unión Europea

# ÍNDICE

RESUMEN .....	1
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETO, METODOLOGÍA Y OBJETIVOS.....	7
3. ESTRUCTURA DEL SECTOR DE TRANSPORTE DE CONTENEDORES EN LÍNEA POR VÍA MARÍTIMA. ....	9
3.1. La evolución del sector del transporte marítimo de contenedores.....	9
3.2. La evolución de la intermodalidad de las navieras. ....	11
3.3. La globalización de las líneas navieras. ....	13
3.4. La formación de alianzas de líneas navieras. ....	15
3.5. La concentración del sector del transporte marítimo de contenedores mediante fusiones y adquisiciones.....	18
4. FIJACIÓN DE PRECIO DEL TRANSPORTE MARÍTIMO INTERNACIONAL.....	21
4.1. Las conferencias marítimas.....	21
4.2. El flete marítimo puerto-puerto y sus componentes.....	24
El flete base .....	25
Los gastos de manipulación portuarios (THC).....	26
El factor de ajuste de la moneda (CAF) .....	26
El factor de ajuste del fueloil (BAF) .....	26
Recargos estacionales y recargos de rutas específicas. ....	28
4.3. Distribución de los recargos en el flete.....	29
4.3.1. La reducción de velocidad como medida de ahorro de combustible por parte de las navieras	29
5. LA ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (OMI), EL ANEXO VI DEL CONVENIO MARPOL Y EL LÍMITE DE 2020.....	31
5.1. Objetivo, creación y funciones de la OMI. ....	31
5.2. Órganos relevantes en la regulación de 2020.....	33
Asamblea.....	34
Consejo.....	34
Comité de Seguridad Marítima (MSC) .....	34
Comité de Protección del Medio Marino (MEPC).....	35
5.3. El Anexo VI del convenio MARPOL y las ECAs. Regulación actual y aplicación de cambios en 2020. ....	35
5.3.1. El Convenio MARPOL.....	35
5.3.2. El Anexo VI.....	36

5.3.3.	Las Áreas de Control de Emisiones de Azufre (SECAs) .....	36
5.3.4.	Fortalecimiento de las restricciones de óxidos de azufre. El límite de azufre del 2020. 37	
6.	DESAFÍOS PLANTEADOS POR LAS RESTRICCIONES A LAS EMISIONES DE AZUFRE DE 2020 Y LAS SOLUCIONES ANTIPOLUCIÓN DISPONIBLES. ....	39
6.1.	Los problemas de un cambio completo de combustible a combustible bajo en azufre	39
6.2.	Soluciones alternativas al cambio de combustible para satisfacer los requerimientos de la normativa OMI para el contenido de azufre en 2020. ....	41
6.3.	El uso de filtros como medida anti polución.....	42
6.3.1.	Análisis de costes por el uso de filtros respecto al uso de combustibles destilados.	43
6.3.2.	Efectos ambientales debido al uso de filtros como medida antipolución. ....	45
6.4.	El Gas Natural Licuado como solución alternativa a los combustibles destilados.....	46
6.4.1.	Comparación del Gas Natural Licuado con el uso de filtros y el cambio a combustibles destilados en las ECAs.....	49
6.5.	Conclusiones respecto a las medidas anti polución presentadas.....	51
7.	TRANSFERENCIA DEL INCREMENTO DE COSTES POR LA ADAPTACIÓN A LA REGULACIÓN OMI 2020 AL FLETE MARÍTIMO PUERTO-PUERTO. ....	53
7.1.	El recargo BAF como vehículo de transmisión del incremento de costes por la implementación de la regulación OMI 2020.....	53
7.2.	Cálculo del valor del incremento de costes del flete marítimo puerto-puerto en la ruta Asia-Pacífico.....	54
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	59
	ANEXO 1 – ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS.....	63

## 1. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de estándares internacionales y el auge de las tecnologías modernas de comunicación y de transporte han permitido la generación de una red compleja y global de logística, aprovisionamiento y venta a escala internacional.

En el epicentro de este conjunto de innovaciones se encuentra la introducción del contenedor estandarizado para el transporte de mercancías de manera intermodal. Esta invención ha permitido un incremento drástico de la eficiencia y seguridad del transporte de mercancías, al ser posible la introducción y flejado de los bienes dentro del contenedor, el posterior sellado de éste, su transporte mediante carretera o ferrocarril y posteriormente por vía marítima, y su apertura en las instalaciones del receptor de la mercancía sin que ésta se haya visto alterada o manipulada durante su transporte.

Como eje central dentro de los medios involucrados en el transporte intermodal se encuentran los buques portacontenedores, grandes navíos especializados en el transporte de los varios tipos de contenedores estándares en existencia. Estos barcos transportan el 60% de los bienes comerciados internacionalmente por mar (mientras que el 90% de las mercancías se transportan por vía marítima) gracias a la gran eficiencia del medio en el que se desplazan: el desplazamiento marítimo, debido por su naturaleza a la ausencia de obstáculos, elevaciones y por cubrir aproximadamente el 70% del globo terrestre, permite el aprovechamiento de sinergias de escala y el transporte de una gran cantidad de mercancía de una manera altamente eficiente.

Dentro de la parte marítima del transporte intermodal, para maximizar la eficiencia de éste, los operadores de los barcos (las líneas navieras y los armadores de éstos) utilizan un tipo de combustible altamente contaminante llamado fueloil, o “bunker fuel” (HFO, Heavy Fuel Oil en inglés), debido a su bajo coste. El uso de este tipo de combustibles junto con la ausencia de filtros depuradores de los gases producidos convierte a la industria del transporte marítimo en una gran contribuidora global a las emisiones de óxidos de azufre (SOx) y otros gases nocivos tanto para el medio ambiente como para la salud humana.

Con el objetivo de reducir las emisiones del sector de transporte marítimo, el Comité de Protección del Entorno Marino (MEPC, por sus siglas en inglés) de la Organización

Marítima Internacional (IMO) decidió en su 72a sesión (celebrada en Londres en abril de 2017) establecer una serie de regulaciones más restrictivas con el fin de reducir el contenido de azufre del combustible que los buques portacontenedores podrán utilizar. El porcentaje de azufre del fueloil utilizado dictamina la cantidad de óxidos de azufre emitidos a la atmósfera, partículas directamente causantes de varios problemas tanto de orden ecológico (son una de las causas de la “lluvia ácida”) como sanitarios (provocan un incremento de la incidencia de cánceres de pulmón y otros problemas respiratorios).

Es por ello que a partir del 1 de enero de 2020 los armadores de los buques de mercancías se verán obligados a tomar una serie de decisiones para reducir las emisiones de óxidos sulfurados de los navíos. La principal solución estudiada es el cambio de los tipos de HFO utilizados actualmente por unos con un menor contenido en azufre (pero con mayor coste debido a la mayor complejidad a la hora de refinar éstos), pero también se encuentran como opciones la instalación de filtros, o el cambio de HFO a gas natural licuado.

Para transferir los costes del transporte al cliente final, las líneas navieras desarrollan una estructura de establecimiento de precios específica. En particular, en este trabajo se analizarán tanto el concepto como la estructura del flete marítimo puerto-puerto. También se estudiará cómo se refleja el coste del combustible en la estructura del flete, y cómo las nuevas regulaciones aplicables en 2020 podrían modificar estos costes.

## 2. OBJETO, METODOLOGÍA Y OBJETIVOS

Este trabajo explora la literatura existente en relación a cómo las navieras aplicarán las medidas anti contaminación posibles para adaptar su flota a la regulación que entra en vigor en 2020. Esto implica determinar de qué manera transferirán los costes de dichas medidas anti contaminación a los clientes mediante incrementos al valor del flete marítimo internacional. El objetivo principal de este trabajo es formar una base razonada de en qué medida se incrementarán los costes del flete, así como mencionar qué otros efectos más allá del incremento de costes tendrán las medidas que entrarán en vigor en 2020.

La razón por la cual trataremos la influencia del cambio de combustible (u otras soluciones alternativas) sobre el precio del flete responde a la necesidad de entender cómo podría afectar esto a la demanda de transporte marítimo. Si el coste de transporte se incrementa significativamente respecto al coste de fabricación del producto, es posible que los importadores de bienes decidan cambiar el lugar de procedencia de sus productos por razones de coste, así como trasladar el incremento de los precios al cliente. Estas consecuencias podrían tener efectos negativos en el comercio internacional y, por ende, en la economía, por lo que merecen ser estudiadas en detalle.

Debido al alcance global del problema analizado, que impide la recopilación de datos suficientes en el marco temporal y alcance de este trabajo para realizar una investigación cuantitativa independiente, el método de estudio utilizado en será la revisión bibliográfica de los artículos más relevantes relacionados con la nueva regulación, así como con la estructura del sector en su conjunto.

Estas fuentes se han extraído de diversas publicaciones académicas relacionadas con la logística y transporte marítimo, así como análisis profesionales realizados por empresas de consultoría del sector. Estas fuentes analizan la estructura del sector marítimo y la nueva regulación, las medidas anti contaminación alternativas que existen y sus efectos en los costes del flete marítimo. También se han incluido declaraciones realizados por las líneas navieras en materia de cálculo de precios.

El objetivo con dicha recopilación es poner en común la estructura y evolución del sector de transporte marítimo de contenedores y sus participantes principales (las líneas navieras) con la implementación de la nueva regulación. Se busca entender cómo transmitirán el incremento de costes las navieras en función de los métodos que elijan

implementar para adaptarse a la nueva normativa, y sus consecuencias sobre el flete marítimo.

En el primer punto del análisis, trataremos las principales fuentes que definen la estructura y evolución de mercado del sector de transporte de contenedores por vía marítima. Dicha estructura es clave para entender el comportamiento de los actores del mercado a la hora de determinar los precios de transporte marítimo y transmitir los costes a los clientes, así como el marco al que se incorporarán estas nuevas regulaciones.

Continuaremos tratando la estructura del flete marítimo puerto-puerto y sus recargos. Analizaremos la literatura respecto a la implementación de los recargos relacionados con el precio del combustible y cómo determinadas prácticas de las navieras junto con su estructura influyen en su valor.

Después se analizarán las nuevas regulaciones implementadas por la Organización Marítima Internacional, así como por la UE y los Estados Unidos, y las opciones que tienen las navieras para adaptarse a las nuevas normas. Estudiaremos las ventajas e inconvenientes de estas opciones y sus costes aproximados.

Por último, se utilizará el análisis expuesto anteriormente para entender cómo afectarán las nuevas medidas al precio del flete marítimo internacional, considerando la estructura del mercado del sector analizado bajo distintas condiciones.

### 3. ESTRUCTURA DEL SECTOR DE TRANSPORTE DE CONTENEDORES EN LÍNEA POR VÍA MARÍTIMA.

#### 3.1. La evolución del sector del transporte marítimo de contenedores.

El sector del transporte marítimo se divide en dos mercados principales: el transporte de carga a granel (centrado en el transporte de materias primas como minerales, carbón y petróleo) y el transporte de línea regular (normalmente utilizado para transportar bienes semielaborados y elaborados).

Ambos mercados son muy diferentes desde el punto de vista de estructura de mercado. El transporte a granel utiliza embarcaciones grandes y poco sofisticadas (como barcos petroleros y graneleros) para transportar bienes bajo contrato de fletamento y precios que fluctúan enormemente incluso en el transcurso de una semana. Por otra parte, el transporte de línea regular está orientado al establecimiento de servicios regulares de transporte de mercancías, con horarios y precios publicitados con mucho más tiempo de antelación (Haralambides, 2015; Sjostrom, 2004).

La mercancía transportada mediante transporte marítimo de línea se conoce como mercancía general o carga general. Hasta el principio de los años 60, esta mercancía se transportaba, en formatos diversos (sobre pallets, en bidones, cajas...) directamente en las bodegas de los barcos, en parcelas asignadas a cada destino donde hacían escala. Los barcos que transportaban la mercancía general eran relativamente pequeños, con una o varias cubiertas, y se les conocía como barcos de carga general (Haralambides, 2015).

El proceso de cargar y descargar los navíos siguiendo esta organización era un proceso muy laborioso y con costes elevados. Los barcos pasaban muchas veces la mayor parte de su tiempo operativo en puerto, esperando a recibir carga o descargar la que portaban. Los puertos sufrían problemas crónicos de congestión, por lo que el proceso de transporte internacional de mercancías se veía encarecido además de producirse en un plazo de tiempo muy difícil de predecir, lo que obligaba a las empresas a mantener inventarios elevados y suponía una traba para el desarrollo del comercio internacional (Haralambides, 2015).

Este procedimiento experimentó un cambio con la introducción de la containerización, esto es, la introducción del contenedor estandarizado para el transporte marítimo de

mercancías, primero en los Estados Unidos y, posteriormente, en el resto del mundo. La containerización se describe como una revolución en el transporte. Las mercancías pasaron de ser transportadas directamente en las bodegas de los barcos (lo cual implicaba un caro y laborioso proceso de carga y descarga del barco) a ser introducidas en su lugar de origen, lejos del puerto, por el exportador de la mercancía en contenedores estandarizados (de 20 pies de largo o de 40), que serían cerrados y precintados. Este precinto es retirado a la llegada a las instalaciones del receptor de la mercancía como prueba de que ésta no había sufrido ningún tipo de manipulación durante el viaje (Haralambides, 2015; Midoro, Musso, & Parola, 2006).

De esta manera, con la especialización de los barcos para transportar dichos contenedores, se logró reducir enormemente el coste de carga y descarga así como el tiempo que tardaba ésta en realizarse (al cargar y descargar unidades enteras de manera sistemática con equipamiento especializado); las sinergias de escala producidas incentivan el incremento del tamaño de los barcos portacontenedores (los más modernos pueden transportar más de 18000 TEUs, o Unidades Equivalentes de Veinte Pies por sus siglas en inglés), y reduciendo la posibilidad de sustracción de las mercancías durante su transporte en contenedores al viajar éstos con un precinto (Haralambides, 2015; LIM, 1998; Midoro et al., 2006).

El incremento en tamaño de los barcos se ha traducido en un incremento inmenso del coste tanto de adquisición como operativo de éstos, lo cual limita el alcance de sus operaciones a hubs internacionales o de carga como Singapur, Algeciras, Hong Kong, Shanghái o Rotterdam, donde el volumen de transporte de contenedores es mayor. Desde estos puertos principales operan barcos más pequeños, conocidos como feeders, que transportan los contenedores a puertos más pequeños, con menor volumen de transporte y sin la capacidad de recepción por infraestructura o calado de los buques más grandes (Midoro et al., 2006).

Con la introducción del contenedor estandarizado, la industria portuaria invirtió grandes sumas de capital para adaptarse a los requerimientos tecnológicos y logísticos del transporte de contenedores.

Se han construido nuevas y modernas terminales con equipamiento para el transporte y manejo de contenedores dentro de éstas, y se han implementado nuevas formas

organizativas (incluyendo la privatización de las operaciones) con el objetivo de acelerar las operaciones dentro de los puertos.

Al optimizarse las prácticas operacionales, la incertidumbre en el transporte de la mercancía se vio reducida enormemente, lo cual, junto con la optimización de los procesos aduaneros, permitió incrementar la capacidad y efectividad de planificación de procesos de las cadenas de producción, la reducción de costes de almacenaje y de inventario, y el adoptar por parte de las empresas formas innovadoras de producción como el formato Just-in-Time de gestión de inventarios (Haralambides, 2015; Midoro et al., 2006).

Por consiguiente, la historia reciente del sector de transporte marítimo en línea puede definirse en “una evolución y tres revoluciones” (Midoro et al., 2006). La evolución se refiere al incremento continuado de la capacidad de los buques y de los puertos donde éstos hacen escala. Las revoluciones se refieren a los cambios en los enlaces entre ambos (armadores de buques y operadores portuarios).

La primera y más importante revolución sucedió con la invención del propio contenedor estandarizado, como se ha mencionado en los párrafos anteriores, mientras que la segunda revolución consistió en la implementación de la intermodalidad barco-ferrocarril, que expandió el alcance del transporte por contenedores al interior de los países servidos por los puertos marítimos creando puentes terrestres, introduciendo un nuevo “dúo” de transporte; el combinado entre barcos y trenes, que se expandirá en los párrafos siguientes.

A diferencia de las dos anteriores revoluciones, que dieron comienzo en Estados Unidos, la tercera revolución (la revolución de los transbordos) tuvo su origen en Asia como forma de solventar las limitaciones de infraestructura de los puertos asiáticos. Más tarde este sistema se expandió por todo el mundo, dando lugar a la estructura jerarquizada de puertos base, o hubs, y puertos secundarios servidos por feeders a partir de éstos, estructura ya mencionada anteriormente (Midoro et al., 2006).

### 3.2. La evolución de la intermodalidad de las navieras.

A medida que dichas fases tuvieron lugar, se desarrolló paralelamente en las terminales portuarias un proceso de privatización y globalización. Este proceso tuvo sus orígenes durante la primera revolución (la del transporte en contenedores) en los años 60-70 por

razones de necesidad: debido a la novedad del contenedor estandarizado (tratándose de la primera revolución del transporte), no existían apenas terminales preparadas para el manejo de contenedores, tratándose éstas de terminales de carga general reconvertidas para la gestión de los contenedores.

Por lo tanto, para facilitar sus operaciones y poder expandirse, algunas líneas navieras decidieron construir y operar terminales portuarias (como Sealand, fundada por el inventor del contenedor Malcom McLean, así como K-Line, una línea naviera japonesa, que decidieron junto con otras empresas invertir en la gestión de terminales en los puertos de Long Beach y Los Ángeles, California).

Este modelo de construcción y gestión de terminales dio comienzo en Estados Unidos, donde la gestión portuaria estaba basada en arrendamientos a empresas privadas, al contrario que en el resto del mundo, donde la inmensa mayoría de puertos eran gestionados por empresas públicas.

Este modelo permitió la inversión por parte de estas líneas navieras en las terminales, adaptándolas y optimizándolas para el manejo de contenedores. Sin embargo, la expansión internacional de la gestión privada de terminales portuarias era muy difícil debido al mencionado modelo de gestión pública; la excepción era el puerto de Hong Kong, que desde sus inicios en la gestión de contenedores había contado con inversión privada. Debido a ello, la naviera Sealand comenzó a operar allí una terminal en 1973 (Midorio et al., 2006).

Tras el establecimiento del contenedor estandarizado como la forma más eficiente del transporte de bienes manufacturados por vía marítima en las décadas anteriores, el sector del transporte marítimo vio una segunda revolución gracias al desarrollo del transporte intermodal, comenzando con la invención y optimización del tren de contenedores apilados en dos niveles en el año 1979 por parte de American President Lines (APL).

Si bien ya existían “puentes terrestres” entre las dos costas americanas al principio de los años 70, la invención de este tipo de apilado en el tren permitió evitar la reclasificación de contenedores en estaciones ferroviarias intermedias durante la ruta, aumentando enormemente la eficiencia del transporte y permitiendo rutas este-oeste y viceversa realizadas exclusivamente en tierra, conectando los puertos de Asia en el Pacífico con los almacenes de contenedores de la costa este de Estados Unidos a través de las terminales ferroviarias situadas en los puertos de la costa oeste. De esta manera se podía evitar el

uso de servicios “all water” o puramente marítimos a través del canal de Panamá (Midoro et al., 2006).

En ese contexto, tras la aparición de la intermodalidad, varias empresas decidieron expandirse verticalmente e integrar operaciones portuarias en su estructura además de crear compañías intermodales. Esto se debe a varias razones:

- El incremento de demanda por parte de los exportadores e importadores de bienes de servicios “puerta a puerta” que permitiesen unificar todas las operaciones de transporte en un único proveedor (la línea naviera).
- La necesidad incrementar el control sobre los costes del transporte e incrementar la oferta de servicios de la línea ofreciendo un transporte marítimo intermodal (por ejemplo, un flete marítimo desde puerto Shanghái - puerto seco Chicago).
- La recesión causada por las crisis del petróleo obligó a las navieras a reducir los márgenes de beneficio e incrementar la eficiencia en los costes operativos debido al contexto de recesión económica tras las dos crisis del petróleo (Midoro et al., 2006).

Por lo tanto, en este período un gran número de grandes líneas navieras decidieron integrar operaciones intermodales: navieras como APL, Maersk, Evergreen, Hanjin, Mitsui Osk Line (MOL) y Nippon Yusen Kaisha Line (NYK) comenzaron a gestionar terminales en la costa oeste de los Estados Unidos, compitiendo con las navieras ya establecidas allí durante la primera etapa tras la invención del contenedor (K-Line, Sealand), que gozaban de una ventaja competitiva en dichos puertos al ya contar con la experiencia, contactos y “know-how” general sobre cómo operar una terminal portuaria (Midoro et al., 2006).

### 3.3. La globalización de las líneas navieras.

Sin embargo, no fue hasta la revolución de los transbordos (causada por el incremento masivo de la eficiencia debido al aprovechamiento de economías de escala en los barcos) durante la década de los años 90 que se darían las condiciones necesarias para la inversión en una escala verdaderamente global por parte de las líneas navieras.

Durante la década de los 90, con el amanecer de la era digital, se dio comienzo a un proceso deslocalizador por parte de las empresas productoras, que trasladaron su producción a países emergentes como la India, China y el Sudeste Asiático, países de

Europa del Este y América Central con el objetivo de aprovechar las economías de escala generadas así como las ventajas estructurales (principalmente en la forma de costes de mano de obra y fiscales menores que en los países de origen): este proceso provocó que un porcentaje cada vez más elevado de los bienes producidos accedan al mercado internacional (Midoro et al., 2006).

Este contexto de convergencia e incremento del volumen de los mercados internacionales, así como la eliminación de barreras al comercio provocó un gran incremento en la oferta de servicios ofertados por las líneas navieras, tanto en términos de cobertura geográfica como de frecuencia de servicios, velocidad de los tiempos de tránsito y provisión de servicios adicionales (Midoro et al., 2006).

Esta década fue un gran proceso de cambio para las líneas navieras ya que, por un lado, tuvieron que suplir las demandas de unos exportadores que ya formaban parte de una economía globalizada mientras que, por la rama de la oferta, se daba un problema de sobrecapacidad del espacio en los buques, lo cual causó un incremento en el poder contractual de los exportadores respecto a las navieras, así como incrementó el nivel de competencia dentro del propio mercado de transporte marítimo de contenedores (LIM, 1998; Midoro et al., 2006).

Este nivel elevado de competencia dentro del sector causó que los precios del flete marítimo se mantuvieran relativamente bajos, lo cual trajo consigo una dificultad de las líneas navieras para financiar el elevado coste de las inversiones demandadas gracias a la llegada de la globalización (en infraestructuras portuarias, navíos...) con éstos (Midoro et al., 2006).

Al no poder controlar los precios de los fletes marítimos, las navieras recurrieron al control de costes en la forma del aprovechamiento al máximo de las economías de escala para poder mantener su competitividad, tanto en el tamaño de los buques como en estructura organizativa. Un momento clave de este proceso fue la introducción de barcos portacontenedores “post Panamax”, incapaces debido a su tamaño de cruzar las esclusas del canal de Panamá (Midoro et al., 2006).

Debido a este progresivo incremento del tamaño de los barcos, que continúa a día de hoy, las navieras se vieron obligadas a adoptar un sistema de puertos base y puertos de transbordo. Bajo este sistema, los puertos base presentan el nivel de infraestructuras y calado para dar soporte y recepción a los enormes buques de las rutas principales y sirven

como punto de transbordo, donde los contenedores destinados a puertos secundarios son cargados en buques más pequeños denominados “feeders”, que están adecuados a las infraestructuras más sencillas de dichos puertos.

Esta nueva estructura de transporte ha permitido a las navieras ofrecer servicios a puertos secundarios de demanda reducida manteniendo un grado elevado de eficiencia operativa. Esto ha sido puesto en especial manifiesto en el Sudeste Asiático, Sudamérica, Oriente Medio y el Mediterráneo en lo que como se ha mencionado antes supone una “tercera revolución” del sector del transporte marítimo en línea (Midoro et al., 2006).

En el punto de vista organizativo las navieras también han aplicado cambios para optimizar sus estructuras. Desde principios de los años 2000 hasta la actualidad se ha producido un proceso continuado de fusiones y adquisiciones en un continuo proceso de concentración con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir los costes y la gran competencia.

#### 3.4. La formación de alianzas de líneas navieras.

En 1995 las diez principales compañías navieras conformaban el 39% de la capacidad global (en TEUS); en 2005 ese porcentaje era del 62%, y en 2019 se encuentra en el 83% (Alphaliner, 2019). Esta concentración del mercado se ha producido debido a que las líneas navieras han buscado nuevas formas de cooperación y reducción de costes.

La forma principal de lograr ese objetivo ha sido a través de la formación de alianzas globales, acuerdos de compartición de espacio entre navieras que trascienden a rutas individuales, aplicándose en todas las rutas principales del globo, así como a puertos secundarios e incluyendo el uso compartido de terminales (LIM, 1998; Midoro et al., 2006; Panayides & Wiedmer, 2011; Slack, Comtois, & McCalla, 2002).

Esta creación de alianzas supone una consecuencia inevitable de la estructura competitiva del sector marítimo. El aprovechamiento de las economías de escala al construir buques más grandes está incentivado al reducir los costes por TEU embarcado, lo cual, unido al deseo de las navieras de capturar cuota de mercado mediante el aprovechamiento de dichas economías de escala provoca que, en cuanto varios jugadores toman la decisión de construir más buques, se produzca una sobrecapacidad del sector (LIM, 1998).

Esta sobrecapacidad es contraproducente, debido a que, una vez adoptada la decisión de construir, la gran inversión realizada y la gran cantidad de “costes hundidos” presentes en ésta hacen prácticamente imposible revertir dicha decisión. Es por esto que se da el caso de que cuando varias navieras deciden construir buques simultáneamente sin comunicación entre ellas, el incremento de capacidad provocado es perjudicial para el sector en su totalidad (LIM, 1998; Merk, Kirstein, & Salamitov, 2018).

Una sobrecapacidad en la flota total implica que los buques no navegan al máximo de su capacidad en TEU, obligando a las navieras a reducir el precio del flete marítimo para poder utilizar los buques en su máxima capacidad, anulando la ventaja en costes que tener una gran capacidad de carga por buque supone (LIM, 1998; Merk, Kirstein, & Salamitov, 2018).

Cabe aclarar la diferencia entre la utilización de la capacidad de un buque y las economías de escala; un barco con mayor capacidad de carga en TEU siempre será más eficiente que un barco con menor capacidad de carga, asumiendo que ambos operan a máxima capacidad. Por ejemplo, un barco de 6000 TEU con una utilización menor al 79% de su capacidad es menos eficiente que un buque Panamax (el máximo tamaño capaz de cruzar las esclusas del canal de Panamá hasta la ampliación de éstas en 2016) al máximo de su capacidad (LIM, 1998). Por lo tanto, el beneficio de la economía de escala se obtiene solamente cuando se maximiza la capacidad utilizada.

Ahí entran en juego las alianzas navieras; compartiendo el uso de espacios entre los miembros de la alianza se intenta minimizar la sobrecapacidad por construir excesivos buques (LIM, 1998; Panayides & Wiedmer, 2011; Slack et al., 2002). Además, las demandas actuales de los exportadores suponen una influencia significativa en la creación de las alianzas de navieras, ya que las multinacionales, al deslocalizar su producción en un porcentaje cada vez más elevado, prefieren negociar con un número más reducido de líneas navieras que puedan ofrecer un número de rutas y servicios mayor, lo cual es fácilmente conseguido unificando las capacidades de varias de ellas, permitiendo a cada una acceso a rutas y servicios que antes no podían (LIM, 1998).

El principal beneficio de formar parte de una alianza naviera viene, de nuevo, en forma de economías de escala. Al unificar las ventas, poder de compra (a terminales, proveedores...), control, etc., se comparten y reducen costes operativos. Formar parte de una alianza permite el acceso adicional a rutas previamente no disponibles sin suponer un

incremento masivo de costes. En general se logra una cooperación tanto en mar como en las terminales portuarias y hasta en formas intermodales de transporte.

En particular cabe destacar el poder de compra/negociación alcanzable por una alianza naviera, al obtener una fuerte posición negociadora a la hora de adquirir servicios de terminales portuarias, transportistas intermodales y almacenes de contenedores, negociando los costes conjuntamente. Los beneficios tanto por incremento de facturación como por reducción de costes se comparten por igual entre los miembros de dicha alianza (LIM, 1998; Merk, Kirstein, & Salamitov, 2018).

Formar parte de una alianza estratégica, sin embargo, no está exento de riesgos, ya que éstas están formadas por jugadores que compiten en el mercado, entre ellos. A pesar de que la formación de alianzas tiene como objetivo la reducción de riesgos, muchas veces surgen de dicha cooperación otros riesgos propios. Al fin y al cabo, se esperan grandes resultados de la incorporación de una alianza, pero éstos sólo suelen ser obtenibles si el grado de integración de las operaciones y comunicación con los otros miembros de la alianza es elevado (LIM, 1998; Merk, Kirstein, & Salamitov, 2018). Esto puede suponer un problema en alianzas cuyos miembros provienen de naciones cuyas culturas empresariales son muy dispares entre ellas. Solventar las diferencias culturales y operativas es un reto particularmente difícil en estos casos.

Las alianzas, a pesar del incremento de la cooperación entre sus miembros, carecen de control alguno sobre el nivel del flete ofertado, ni sobre la capacidad total del mercado. Los exportadores, además tienden a ver a las alianzas de navieras no como un ente monolítico, sino como un conjunto disperso de líneas navieras, cada una con sus propias estrategias de ventas, servicio, etcétera, por lo que se da la paradoja de que los miembros de las alianzas buscan la máxima armonía en procesos operativos mientras se enfrentan duramente en el ámbito de ventas y marketing (LIM, 1998).

Además, desde el punto de vista operativo, problemas como el equilibrio de contenedores (hay más demanda de contenedores de exportación en ciertas rutas que de importación, como desde China a Europa) se agudizan, ya que todos los miembros de la alianza experimentan las mismas fuerzas de demanda y oferta de contenedores con los mismos flujos de exportaciones e importaciones en cada ruta, lo cual impide que haya un número óptimo de oportunidades de intercambio de éstos sin tener que enviar contenedores vacíos de vuelta a destinos que lo solicitan (LIM, 1998).

### 3.5. La concentración del sector del transporte marítimo de contenedores mediante fusiones y adquisiciones.

Otro proceso que se ha producido a la par que la aparición de alianzas navieras y como alternativa a éstas es, directamente, el de fusiones y adquisiciones entre líneas navieras. Con el mismo objetivo de aprovechar economías de escala y sinergias operativas bajo una misma dirección que la formación de alianzas, la industria ha vivido un proceso consolidador que, como se ha mencionado anteriormente, ha provocado una concentración de la capacidad de carga total en las manos de las líneas navieras principales nunca vista anteriormente (LIM, 1998; Panayides & Wiedmer, 2011; Power, Mason, & Kapoor, 2016).

De hecho, diez de las veinte principales líneas navieras en 2013 han dejado o están en proceso de dejar de existir en 2019 (incluyendo una quiebra, la de la coreana Hanjin en 2016), mientras que las principales navieras japonesas (K-Line, NYK, MOL) han creado una joint-venture llamada Ocean Network Express (ONE) para incrementar la eficiencia y alcance de sus operaciones (Power, Mason, & Kapoor, 2016).

La meta de dichas fusiones y adquisiciones es clara: conseguir un tamaño que permita la realización de las actividades económicas de la línea naviera de manera independiente (LIM, 1998). Sobre el papel, de hecho, es la mejor solución en términos de eficiencia organizativa, ya que solamente se utiliza una organización (con un único organismo de dirección) en vez de dos o más como es el caso en las alianzas navieras. Sin embargo, en la práctica no todo es tan sencillo: las grandes sinergias, que se producen principalmente en marketing y ventas, no se obtienen hasta que los partícipes en ambas organizaciones llegan a conocerse personalmente y llevan a cabo el esfuerzo de intercambiar información, tecnología, etcétera. Además, también existe la posibilidad de que se tengan pérdidas de carteras de clientes debido a la pérdida de la identidad corporativa tras una fusión o adquisición, así como de flexibilidad a la hora de adaptarse a las eventualidades del mercado (LIM, 1998).

Cuanto más solapamiento exista (de mercados, rutas...) entre dos empresas en una fusión internacional, más posibilidades hay de que se produzcan pérdidas debido a diferencias culturales, desconfianza entre los diferentes bloques organizativos originales... Se puede dar el caso de que emerjan dos bloques organizativos trabajando en contra el uno del otro en vez de a favor de una causa común (LIM, 1998). Como apoyo a este argumento, P&O

Nedlloyd mantuvo tras la su fusión en 1997 una cuota de mercado de aproximadamente el 9% en la ruta Norte de Europa / Costa Este estadounidense (USEC), mientras que la suma de P&O y Nedlloyd en la misma ruta previamente a su fusión era del 12% (LIM, 1998).

Sin embargo, es necesario considerar que las economías de escala (mayor capacidad por buque, alianzas navieras y fusiones y adquisiciones) como estrategia competitiva no carece de limitaciones. Es obvio que contar con costes operativos reducidos en comparación con la competencia proporciona a las navieras una indudable ventaja competitiva, ya que permite obtener márgenes elevados cuando los precios se encuentran elevados y sirven como defensa al permitir mantener un margen operativo positivo cuando los precios descienden (LIM, 1998). Sin embargo, un problema generado por la aplicación generalizada de economías de escala mediante la construcción de buques es que todos los beneficios que ésta proporciona acaban siendo capturados por los exportadores e importadores de bienes, que ven cómo los fletes de transporte se reducen más y más, entrando en una espiral de reducción de precios que solamente perjudica a las navieras involucradas, en forma de competencia destructiva.

En la práctica, los exportadores son los que han recibido los beneficios de la reducción de costes mediante las economías de escala, no las navieras a través de un incremento en las ganancias (LIM, 1998).

Para intentar estabilizar los precios de los fletes, existían formas de cooperación en forma de grupos de fijación de precios marítimos, conocidos como conferencias marítimas. Dichas conferencias marítimas fueron a efectos prácticos prohibidas a finales del siglo XX y principios de los 2000 por cambios en la legislación de EEUU y la UE, entre otros (Merk, Kirstein, & Salamitov, 2018; Monteiro & Robertson, 2008). Tanto su función como su eventual caída en desuso serán estudiadas en el siguiente apartado.

En la actualidad, tras el proceso de desregulación de las líneas navieras y de prohibición de las conferencias acaecido en la pasada década, se ha continuado el proceso de fusiones, adquisiciones y alianzas navieras; las 5 empresas navieras principales cuentan con el 64% de la capacidad de carga en TEUS del mercado, mientras que las 10 principales suman el 83% (Gráfico 1). La última fase de fusiones y adquisiciones sucedió entre 2014 y 2017, dando comienzo con la adquisición de CSAV y CCNI por parte de Hapag-Lloyd, y

terminando con la adquisición de OOCL por parte de COSCO (Power et al., 2016; Alphaliner, 2019).

Las alianzas se reparten como sigue (Power et al., 2016; Alphaliner, 2019):

- Alianza 2M: Maersk, MSC, Hamburg Süd, Hyundai: 35% de capacidad total de carga
- Ocean Alliance: COSCO, CMA-CGM, Evergreen, OOCL: 29.5% de capacidad total de carga
- The Alliance: ONE (Joint venture de MOL, NYK y K-Line), Hapag-Lloyd, Yang Ming, ZIM: 18.3% de capacidad total de carga

## 4. FIJACIÓN DE PRECIO DEL TRANSPORTE MARÍTIMO INTERNACIONAL.

### 4.1. Las conferencias marítimas.

Como hemos podido observar en el apartado anterior, el sector de transporte marítimo no es ajeno a la cooperación. De manera histórica, éste se encuentra entre los primeros sectores (comenzando por la Conferencia de Calcuta en 1875, formada para reducir la competencia y fijar precios) en utilizar comportamientos cooperativos para alcanzar objetivos beneficiosos para sus miembros (Sjostrom, 2004).

Además de la ya mencionada integración vertical del transporte marítimo (controlando las líneas navieras terminales en los puertos así como ofreciendo servicios que aportan valor añadido como transporte terrestre a destino y gestión logística, permitiendo la oferta de servicios de transporte “puerta a puerta”) y las alianzas navieras, que surgen como intento de controlar la sobrecapacidad del sector mediante asociaciones de explotación de espacio en los buques y de sinergias operativas por parte de las líneas navieras, existían adicionalmente formas cooperativas de fijación de precios en la forma de conferencias marítimas (liner conferences en inglés), definidas por la UNCTAD en 1975 como sigue:

“Un grupo constituido por dos o más empresas porteadoras navieras que prestan servicios regulares de transporte internacional de carga en una ruta particular o unas rutas particulares dentro de determinados límites geográficos y que han concertado un acuerdo o arreglo, cualquiera que sea su naturaleza, dentro de cuyo marco actúan ateniéndose a unos fletes uniformes o comunes y a cualesquiera otras condiciones convenidas en lo que respecta a la prestación de servicios regulares”.

De la anterior definición se desprende que las conferencias marítimas eran entidades formadas por las diferentes líneas navieras regulares, que actuaban estableciendo precios uniformes de manera colectiva y controlando la oferta de espacio para reducir la dureza de la competencia.

Las conferencias marítimas se caracterizaban por establecer una uniformidad de costes de transporte y de las condiciones de éste, controlaban la disponibilidad de espacio de carga regulando la participación de cada miembro en el número de salidas disponibles, el tonelaje de los barcos, y los puertos de escala, y establecían acuerdos comerciales

preferentes con los exportadores aplicando descuentos comerciales y tarifas de transporte especiales (Benacchio, Ferrari, & Musso, 2007; Merk et al., 2018; Sjostrom, 2004).

Dichas formas de colusión se permitían por parte de las entidades regulatorias debido a la estructura de mercado vista anteriormente, expuestas por M. Benacchio, C. Ferrari y E. Musso (2006):

- Las navieras experimentan costes marginales continuamente decrecientes, por lo que el mercado, bajo total libertad, se enfrentaba a competición destructiva en una espiral de precios continuamente decreciente, lo cual reduciría la calidad, frecuencia y confiabilidad de los servicios, lo cual era contrario a las expectativas de contar con disponibilidad de servicios continuos y predecibles por parte de los exportadores; este argumento es el principal a favor de la idea de fijación de precios del transporte marítimo; se da la implicación de que las líneas navieras, bajo un sistema de fijación de precios, fijarían precios cubriendo los costes mínimos de sus miembros más ineficientes
- El papel muy importante de las líneas navieras en el desarrollo del comercio internacional; por cortesía internacional se argumentaba que debía permitirse la presencia de conferencias marítimas para poder armonizar y garantizar la compatibilidad en los intercambios comerciales entre los distintos países cuya legislación es diferente.
- Además, el volumen total de tráfico no es sensible a las variaciones de precio del flete marítimo a corto plazo.

Todas estas razones contribuyen a que históricamente se haya aceptado (aunque no de forma unánime) un cierto grado de fijación de precios por parte de las líneas navieras; tanto en Europa como en Estados Unidos, con exenciones a las regulaciones antitrust.

Estados Unidos estableció estas excepciones con la Shipping Act de 1916, en la que se requería que las conferencias que operasen desde o hasta los Estados Unidos fuesen abiertas (permitiendo la entrada de cualquier participante, aunque las reglas en este aspecto eran lo suficientemente ambiguas como para permitir algunas barreras y restricciones a dicha entrada). Además, las tarifas ofertadas por las conferencias debían ser hechas públicas, así como cualquier descuento que éstas aplicasen a los exportadores, lo cual incluía una cláusula conocida como “me-too” que permitía a cualquier otro exportador que transportase la misma mercancía exigir las mismas tarifas ofertadas a otro

independientemente de su volumen de carga (Benacchio et al., 2007; Monteiro & Robertson, 2008; Stapleton, 2015).

En Europa las conferencias marítimas gozaban de mayores privilegios desde que se legisló su excención a las regulaciones antitrust en 1986 a través de la Regulación 4056/86, establecida bajo las expectativas de que sin el efecto estabilizador de las conferencias en materia de fijación de precios entre las líneas navieras el mercado entraría en una espiral destructiva de inestabilidad de precios.

Esta excepción a las normas antitrust contribuiría, según los legisladores, a mantener una regularidad y calidad en el servicio de transporte marítimo. En la UE las conferencias, a diferencia de los Estados Unidos, eran cerradas (podían elegir no aceptar a miembros nuevos), y además las conferencias no tenían la obligación de publicar los descuentos comerciales aplicados a los clientes (Benacchio et al., 2007).

Sin embargo, a pesar de la favorable legislación aplicada sobre las conferencias marítimas, los resultados no eran satisfactorios. Aún con la existencia de las conferencias, los fletes marítimos se mantenían volátiles. En los años 90 tanto los fletes base como los recargos de éstos experimentaron incrementos significativos (Midoro et al., 2006; Monteiro & Robertson, 2008).

Además, como se ha mencionado en apartados anteriores, durante los años 90 sucedieron cambios muy importantes en el sector, tanto tecnológicos (nuevos buques de mayor tamaño, multimodalidad, revolución de los transbordos), como organizativos (aparición de las alianzas de navieras, joint ventures, y otros modos de colaboración operativa), y la aparición de servicios logísticos globales, lo que influyó en que las conferencias marítimas comenzaron a experimentar un declive respecto a las navieras independientes.

Fue entonces cuando empezó a darse la creencia de que la eliminación de las exenciones a las normas antitrust proporcionaría mayores beneficios a los exportadores y por lo tanto a la sociedad en general que el mantenimiento de éstas (Benacchio et al., 2007; Monteiro & Robertson, 2008).

Es por ello que se revocaron, de una manera u otra, las normas antitrust que se habían establecido previamente; en los EEUU, con la introducción de la US Shipping Act de 1998 (conocida como la Ocean Shipping Reform Act, o OSRA), que abolió el requisito de que los fletes negociados individualmente con exportadores debieran ser hechos

públicos, así como la cláusula “me-too” que permitía a otros exportadores exigir los mismos fletes.

La implementación de la OSRA tuvo como efecto principal de un incremento generalizado de los acuerdos de las líneas navieras con los exportadores y la suspensión de las conferencias de navieras en muchas rutas de Estados Unidos (Benacchio et al., 2007).

En la Unión Europea, tras un informe elaborado en 2002 por la OCDE en el que este organismo concluía que “las excepciones para la fijación de precios por parte de las conferencias ya no cumplen con su propósito establecido (si alguna vez lo hicieron), y no son ya relevantes”, se revisó la resolución 4056/86 en septiembre de 2006, y con entrada en efecto en octubre de 2008, se repelió la medida, eliminando así la existencia de las conferencias marítimas en la UE.

Después de la implementación de la OSRA en EEUU y de la revisión de la resolución 4056/86 en la UE, las líneas navieras se vieron obligadas a abandonar la cooperación en materia de fijación de precios, comenzando a estructurar sus precios de flete marítimo de manera individual. Sin embargo, los precios de flete marítimo mantienen muchas características en común independientemente de la naviera que los emita. Las partes del flete serán estudiadas en el siguiente punto.

#### 4.2. El flete marítimo puerto-puerto y sus componentes.

El coste del transporte es un componente de los costes del comercio internacional. Por lo tanto, dado que la mayor parte de los bienes manufacturados se transportan por mar, y a pesar de que supone una parte muy reducida de los costes de éstos, las tarifas de transporte marítimo ayudan a definir los patrones del comercio internacional. En este apartado estudiaremos el concepto de flete marítimo internacional dentro del sector del transporte marítimo de contenedores, así como los componentes que lo conforman.

Normalmente, el coste total de transporte marítimo se separa en varios componentes, que varían naviera por naviera. Éstos serán explicados en los siguientes apartados.

## El flete base

El flete base es el coste, independiente de los recargos, de transportar un contenedor de un puerto a otro. Este coste suele mantenerse relativamente estable en el tiempo, y refleja, en teoría, los costes fijos asumidos por la línea naviera además del beneficio de ésta.

El valor del flete marítimo es cotizado por las líneas navieras a los usuarios del transporte marítimo asumiendo que la carga es general (conocida como FAK, Freight All Kinds), por lo que teóricamente el coste del transporte no debería variar en función del contenido del contenedor.

Sin embargo, en realidad las tarifas de fletes marítimos varían de cliente a cliente en base a la importancia de dichos clientes para las líneas navieras, así como el volumen de contenedores que éstos transportan. Debido a ello, generalizar la estructura de los fletes, así como su valor exacto en un momento dado, se convierte en una tarea muy difícil (Slack & Gouvernal, 2011).

A pesar de que hay publicaciones que sugieren que la distancia es un factor determinante de los precios de flete base, esto es refutado por Slack y Gouvernal (2011).

Estos autores sugieren que el tiempo pasado en el mar por el contenedor es un mejor determinante del precio del flete base que la distancia recorrida, prefiriendo usar el término distancia relativa (Gouvernal & Slack, 2012; Slack & Gouvernal, 2011). Además, el precio de los fletes marítimos internacionales presenta variaciones regionales significativas, a pesar de que en varias rutas con diferencias muy sustanciales las distancias recorridas son similares (Gouvernal & Slack, 2012; Slack & Gouvernal, 2011).

Debido a factores como el desequilibrio de contenedores, pueden darse casos en los que el flete base presente un valor negativo en algunas rutas (por ejemplo, en el caso de la ruta Europa - China, las navieras han aplicado fletes negativos para incentivar el retorno de contenedores a China, país exportador con una gran demanda de éstos para poder transportar su producción de bienes manufacturados) (Slack & Gouvernal, 2011).

El flete base supone en la mayor parte de los casos solamente una parte de los costes totales reflejados en el flete marítimo puerto-puerto. Los siguientes componentes varían por nombre en función de la naviera que ofrece el servicio de flete, pero todos repercuten costes similares al usuario.

### Los gastos de manipulación portuarios (THC).

Los gastos de manipulación en puerto (THC, por el inglés “Terminal Handling Charges”) son un recargo que refleja los gastos de estiba y manipulación portuarios. Es un recargo poco dado a variaciones temporales ya que representa costes pactados entre las terminales portuarias y las líneas navieras, que suelen mantenerse durante períodos de tiempo iguales o superiores al año. Se aplican dos recargos de THC durante el recorrido de un contenedor: la OTHC (Origin THC, THC de origen) en el puerto de origen y la DTHC (Destination THC, THC de destino) en el puerto de destino, por la manipulación, carga y descarga del contenedor (Slack & Gouveral, 2011).

Si bien no es un gasto de flete marítimo propiamente dicho (ya que cubre el coste de manipulación en tierra, no en el mar), conviene mencionarlo ya que existen rutas en las que este recargo se incluye como parte del flete, como por ejemplo las rutas con destino Estados Unidos (donde se incluye la THC de destino como parte de los costes de flete marítimo).

### El factor de ajuste de la moneda (CAF)

El recargo de ajuste de la moneda CAF (Currency Adjustment Factor) es un recargo aplicable para solventar las diferencias en el cambio de divisas.

Los fletes marítimos desde Europa al resto del mundo tienen la particularidad de cotizarse en monedas diferentes. El dólar americano se utiliza para valorar el coste del flete en las rutas hacia Norteamérica, el Mediterráneo oriental, Medio Oriente, Asia, India / Pakistán, Australia y África oriental. Debido a la variabilidad entre el euro y el dólar americano, las líneas navieras experimentaban como resultado una reducción súbita en sus ingresos cuando el dólar perdía valor, por lo que el CAF se implementó como medida por parte de éstas para compensar dicha variabilidad (Slack & Gouveral, 2011).

### El factor de ajuste del fueloil (BAF)

El factor de ajuste del fueloil (BAF, del inglés “Bunker Adjustment Factor) es el principal recargo a analizar en este trabajo, ya que es el recargo que incorpora las variaciones en el coste del combustible experimentadas por las líneas navieras.

Fue introducido durante la crisis del petróleo en 1974 por las conferencias marítimas ya que se argumentó que no se podía reflejar eficazmente en el flete base las variaciones bruscas de los precios del combustible, por lo que se introdujo este recargo como medida de emergencia cuando los costes del combustible superaban cierto nivel (Cariou & Wolff, 2006; Notteboom & Cariou, 2009).

Durante el período de las conferencias marítimas, el recargo BAF era un recargo con el mismo valor para todas las navieras de la misma conferencia, y era fijado en base a los índices del petróleo (Slack & Gouvelal, 2011). El BAF entraba en vigor cuando los costes del combustible superaban un nivel determinado, y era revisado mensualmente. Tras la prohibición de las conferencias marítimas en 2008 cada naviera estableció su propia fórmula para calcularlo (Notteboom & Cariou, 2009).

Se han suscitado diversas críticas a la implementación de este recargo. Mientras que las líneas navieras argumentan que los recargos puntuales al flete no son suficientes para recuperar el coste de una subida repentina de los precios del petróleo, muchos usuarios del transporte marítimo (a través de asociaciones como la European Shipper's Council, encargadas de velar por los intereses de éstos en el ámbito del transporte internacional) mantienen que el recargo BAF es opaco en su manera de ser determinado, ya que muchas líneas navieras deciden no hacer pública su fórmula para establecerlo.

Además, los exportadores insisten en que la aplicación del recargo BAF supera el mero ámbito de recuperación de costes para convertirse en una herramienta recaudadora de beneficios más de las navieras (Slack & Gouvelal, 2011).

Cariou y Wolff (2006) sugieren que la variación de los recargos BAF respecto a los costes del petróleo no sólo es positiva, sino que ésta es superior a 1. Este hecho confirmaría que las navieras utilizan este recargo como elemento para incrementar sus beneficios y no como mera herramienta de transferencia de costes.

Por lo general, las navieras mantienen bajo una opacidad deliberada la fórmula utilizada para calcular el recargo BAF (IHS Markit & JOC.com, 2019), lo que apoyaría la tesis de Cariou y Wolff al no querer revelar éstas el componente de recaudación del recargo BAF.

En la literatura sobre el transporte marítimo se ha considerado que la distancia a recorrer por un buque y los costes de transporte (tanto del flete base como del BAF) están estrechamente correlacionados. Sin embargo, el análisis realizado por Slack y Gouvelal

(2012) pone de manifiesto que este no es el caso. Otros elementos, como la eficiencia de las operaciones en puerto, el tamaño y eficiencia de los buques en las rutas analizadas, así como la cantidad de transbordos son factores a tener en cuenta a la hora de predecir estos costes.

Por otro lado, estos autores exponen que el recargo BAF sí que guarda una relación inversa con el tamaño medio de los buques en la ruta, que puede ser explicado por el aprovechamiento de economías de escala por éstos. De hecho, dicho estudio subraya que la relación entre distancia y costes de transporte es, cuanto menos, compleja, y que por lo tanto no debería ser utilizada como factor predictivo de costes de transporte. Slack y Gouvernal afirman que se puede hablar de dos medidas de distancia, una absoluta entre los dos puntos a recorrer y una distancia relativa o económica, condicionada los costes de transportar la mercancía. Mientras la distancia real se mantiene fija, la naturaleza cambiante del transporte de contenedores (con diferencias en eficiencias de escala, transbordos y precios del petróleo en cada momento) condiciona el valor de la segunda.

Ya que el recargo BAF es aplicado en base a los costes de combustible, es lógico esperar este recargo sea el principal modo por el cual las líneas navieras transfieran el incremento de costes que se anticipan tras la nueva regulación que entra en vigor a partir del año 2020, que exigirá el uso de combustibles de coste más elevado. Estas expectativas serán analizadas en mayor detalle más adelante.

#### [Recargos estacionales y recargos de rutas específicas.](#)

Cada línea naviera puede presentar su forma particular de denominarlos (o incluso no utilizarlos). Adicionalmente, existen recargos eventuales aplicables para transferir un coste o riesgo específico, sea a lo largo de la ruta en la que se navega o en un puerto en particular. El recargo de congestión de un puerto de destino (que incrementa la espera del buque, lo cual genera costes de inventario), el de riesgo de guerra y de piratería (p. ej. en el puerto de Lattakia, Siria y en el golfo de Adén), el recargo por tránsito por los canales de Panamá y de Suez, o el recargo de sobrepeso del contenedor cargado (aplicable normalmente sobre 18 o 21 toneladas de carga en éste), así como los recargos de invierno en puertos en latitudes muy frías son ejemplos de éstos (Merk et al., 2018).

Debido a su naturaleza, estos recargos se tienen duraciones, costes y ámbitos de aplicación muy diversos y específicos, que los diferencian de los otros recargos anteriormente mencionados.

#### 4.3. Distribución de los recargos en el flete.

Todos los recargos, sumados al flete base, conforman el coste total del flete marítimo a pagar por el exportador o el importador de mercancía. Dicho coste total no guarda mucha relación con el coste del flete base, ya que la suma de éstos suele representar una importante proporción de los costes totales del flete marítimo. En 2009, de hecho, los recargos representaban más del 50% de los costes en 9 de los 14 mercados analizados por Slack y Gouvernal (2011).

En algunos de éstos, particularmente en la ruta Europa - Lejano Oriente, los recargos representaban una parte mayoritaria ya que los fletes base se cotizaban con un valor negativo (resultado de la necesidad de las líneas navieras de compensar el desequilibrio en la demanda de contenedores reduciendo el precio del flete).

Los recargos y su distribución ponen de manifiesto una gran variabilidad tanto en el valor como en la proporción que tienen éstos sobre los costes totales de flete marítimo. Desde el punto de vista geográfico, y a excepción de la THC (que muchas veces se considera parte de los gastos locales de origen y de destino y no del flete marítimo) y el CAF, los recargos no se aplican de manera uniforme en cada ruta, con proporciones muy diferentes respecto al flete en cada caso.

Slack y Gouvernal (2011) exponen que los recargos añaden más incertidumbre al precio de los fletes marítimos ya que, aunque los exportadores logren negociar un valor estable del flete base durante 3, 6 o incluso 12 meses, la naturaleza cambiante de los recargos hace que realizar predicciones de costes de transporte en horizontes temporales mayores a un mes se vuelva una tarea muy difícil para los embarcadores.

##### 4.3.1. La reducción de velocidad como medida de ahorro de combustible por parte de las navieras

Cabe dar especial mención como condicionante del consumo de combustible de los buques a la velocidad comercial de éstos. La eficiencia de consumo de combustible de los buques está ligada a la velocidad a la que transitan (Lee, Lee, & Zhang, 2015). Una

de las medidas principales que las líneas navieras adoptan en épocas de subida rápida de los precios de combustible es la reducción de la velocidad a la cual éstos operan, práctica conocida en inglés como “slow steaming”, explicado por Maloni, Paul, & Gligor, (2013).

En el análisis de estos autores, los incrementos en el precio del combustible pueden ser compensados con una reducción en el consumo de los buques, con la contrapartida de que el mayor tiempo pasado en el mar incrementa los costes de las navieras al reducir la rotación de contenedores, así como la calidad del servicio. Esto se debe tanto a un incremento del tiempo de tránsito en las rutas analizadas como a una reducción en la frecuencia de salidas. De esta manera, las navieras consiguen evitar un crecimiento desorbitado del recargo BAF.

La reducción en velocidad también se puede utilizar para gestionar la sobrecapacidad de la flota de las líneas navieras: al haber una mayor distancia temporal entre las llegadas de los barcos a cada puerto, la capacidad utilizada de los barcos se ve incrementada. Esto causa una mejora en la eficiencia de los buques al distribuirse sus costes operativos entre una cantidad mayor de contenedores embarcados.

Además, la reducida velocidad puede aumentar la puntualidad del servicio, al poder aumentar la velocidad de navegación para compensar un retraso en la fecha de llegada a un puerto. Por último, la reducción de velocidad de los buques reduce significativamente las emisiones de éstos a la atmósfera, por lo cual su huella ambiental decrece (Lee et al., 2015; Maloni et al., 2013).

La reducción de velocidad de los buques se ha vuelto enormemente popular como herramienta de reducción del consumo de combustible en los últimos años, volviéndose la norma en muchas rutas (por ejemplo, en 2010 el 35.4% de las rutas aplicaban esta práctica). Las estimaciones sugieren que la reducción de velocidad consigue una reducción hasta del 55% en el consumo de combustible de los buques (Cariou, 2011).

## 5. LA ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (OMI), EL ANEXO VI DEL CONVENIO MARPOL Y EL LÍMITE DE 2020.

### 5.1. Objetivo, creación y funciones de la OMI.

En el apartado de introducción del sitio web oficial de la Organización Marítima Internacional, ésta se describe como sigue:

“La OMI -Organización Marítima Internacional- es el organismo especializado de las Naciones Unidas responsable de la seguridad y protección de la navegación y de prevenir la contaminación del mar por los buques.

Como organismo especializado de las Naciones Unidas, la OMI es la autoridad mundial encargada de establecer normas para la seguridad, la protección y el comportamiento ambiental que ha de observarse en el transporte marítimo internacional. Su función principal es establecer un marco normativo para el sector del transporte marítimo que sea justo y eficaz, y que se adopte y aplique en el plano internacional.

En otras palabras, su función consiste en crear un marco de igualdad de condiciones a fin de que los armadores de buques dispongan de diversas maneras de solucionar sus problemas financieros que no impliquen simplemente la aplicación de recortes presupuestarios que comprometan la seguridad, la protección y el comportamiento ambiental. Por otra parte, este enfoque promueve la innovación y la eficacia.”

El objetivo de la OMI desde su formación ha sido establecer un marco regulador común para el sector del transporte marítimo tanto en materia ambiental como en materia de seguridad; hasta su establecimiento en 1948 (y primera reunión en 1959, bajo el nombre de “Organización Consultiva Marítima Intergubernamental” hasta su cambio de nombre al actual en 1982) cada país regulaba el transporte marítimo en su jurisdicción.

Esto establecía diferentes marcos normativos para cada país que suponían un problema para los armadores de barcos que competían, por ejemplo, reduciendo inversiones en seguridad de los buques para reducir su coste operativo, lo cual podía poner en peligro tanto a la tripulación como al medio ambiente donde operaba el buque.

Fue bajo el espíritu de renovación internacional vivido en la posguerra de la II Guerra Mundial cuando las naciones responsables de la mayor parte del comercio marítimo

internacional decidieron establecer una organización que fijase un marco regulador común en el que llevar a cabo dicho comercio (Organización Marítima Internacional, 2019a).

En el Artículo 1 del Convenio constitutivo de la OMI original se establecieron los objetivos de ésta como sigue:

[...]

(a) establecer un sistema de colaboración entre los Gobiernos en materia de reglamentación y prácticas gubernamentales relativas a cuestiones técnicas de toda índole concernientes a la navegación comercial internacional, y fomentar la adopción general de normas para alcanzar los más altos niveles posibles en lo referente a seguridad marítima y a eficiencia de la navegación;

(b) fomentar la eliminación de medidas discriminatorias y restricciones innecesarias aplicadas por los Gobiernos a la navegación comercial internacional con el fin de promover la disponibilidad de los servicios marítimos para el comercio mundial sin discriminación; la ayuda y el fomento acordados por un Gobierno a su marina mercante nacional con miras a su desarrollo y para fines de seguridad no constituyen en sí mismos una discriminación, siempre que dicha ayuda y fomento no estén fundados en medidas concebidas con el propósito de restringir a los buques de cualquier bandera, la libertad de participar en el comercio internacional;

(c) tomar medidas para la consideración por la Organización de cuestiones relativas a las prácticas restrictivas desleales de empresas de navegación marítima, de acuerdo a la parte II;

(d) tomar medidas para la consideración por la Organización de todas las cuestiones relativas a la navegación marítima que puedan serle sometidas por cualquier organismo o institución especializada de las Naciones Unidas;

(e) facilitar el intercambio de informaciones entre los Gobiernos en asuntos sometidos a consideración de la Organización. “

En el artículo 2 del Convenio se establecía que: "Las funciones de la Organización serán consultivas y de asesoramiento".

Por lo tanto, originalmente la OMI se constituyó con el objetivo de establecer un marco colaborador entre Estados en materia de reglamentación marítima, para evitar la competencia desleal en el sector marítimo, así como evitar regulaciones discriminatorias por parte de los países miembros en materia de comercio internacional.

Sin embargo, a la OMI no se le encargó la autoridad necesaria para adoptar tratados, sino que se le encomendó una tarea enfocada al asesoramiento de los estados miembros (Organización Marítima Internacional, 2019a).

Entre estos objetivos no se mencionaba la protección del medioambiente marino, que fue incluida en una enmienda al artículo 1 a) en 1975, en la que se añadió el objetivo de "la prevención y contención de la contaminación del mar ocasionada por los buques y ocuparse de las cuestiones jurídicas relacionadas con las finalidades enunciadas en el presente artículo", cuyo detonante fue la catástrofe del superpetrolero Torrey Canyon en 1967 en la que se puso de manifiesto el daño medioambiental que dichos accidentes podían llegar a causar. A partir de entonces, el cuidado medioambiental de los océanos se ha convertido en una prioridad principal de la OMI (Organización Marítima Internacional, 2019a).

## 5.2. Órganos relevantes en la regulación de 2020

Como principal órgano regulador del sector marítimo y como órgano parte de las Naciones Unidas, la OMI cuenta con 174 estados miembros y 3 estados en calidad de observadores.

Los órganos de la entidad relevantes a este trabajo serán descritos en los siguientes apartados.

## Asamblea

Órgano principal de la organización e integrada por todos los estados miembros, se reúne una vez cada dos años en sesiones ordinarias (y cuando sea conveniente en sesiones extraordinarias en caso de ser necesario). Sus funciones consisten en aprobar el presupuesto operativo, el programa de trabajo y establecer la estructura financiera de la Organización, así como elegir al Consejo (Organización Marítima Internacional, 2019b).

## Consejo

Elegido cada dos años por la Asamblea (y cuyo comienzo del período se establece inmediatamente después de las sesiones ordinarias), es el órgano ejecutivo de la OMI, responsable ante la Asamblea de la labor de ésta. El Consejo desempeña las funciones de la Asamblea en el tiempo que transcurre entre las sesiones de ésta, a excepción de la formulación de recomendaciones a los Gobiernos de los estados miembros en materia de seguridad marítima y prevención de la contaminación, que pertenecen en exclusividad a la Asamblea (Organización Marítima Internacional, 2019b).

Otras funciones del Consejo son la coordinación del resto de órganos de la OMI, actuar como intermediario entre la Asamblea y el resto de órganos a la hora de examinar presupuestos y planes de trabajo, así como en la recopilación de informes de éstos para la Asamblea, la gestión de relaciones con otras organizaciones y la elección del Secretario General (que debe ser aprobado por la Asamblea) (Organización Marítima Internacional, 2019b).

## Comité de Seguridad Marítima (MSC)

El más alto órgano técnico de la Organización e integrado por todos sus miembros, las funciones del MSC incluyen "examinar todas las cuestiones que sean competencia de la organización en relación con ayudas a la navegación, construcción y equipo de buques, dotación desde un punto de vista de seguridad, reglas destinadas a prevenir abordajes, manipulación de cargas peligrosas, procedimientos y prescripciones relativos a la seguridad marítima, información hidrográfica, diarios y registros de navegación, investigación de siniestros marítimos, salvamento de bienes y personas, y toda otra cuestión que afecte directamente a la seguridad marítima".

Además, al MSC le corresponde desarrollar y establecer los sistemas necesarios para llevar a cabo los cometidos que le asigne el Convenio constitutivo de la OMI, así como presentar recomendaciones y directrices relativas a la seguridad marítima que puedan ser adoptadas por la Asamblea.

El MSC incluye como miembros a países que hayan adoptado convenios como el SOLAS (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar; considerado como el más importante de todos los tratados internacionales relativos a la seguridad de los buques mercantes), aunque éstos no sean miembros de la OMI (Organización Marítima Internacional, 2019b). Relativo a este trabajo, el MSC dictamina resoluciones sobre cómo implementar nuevas tecnologías en los buques, incluyendo las medidas anti contaminación para implementar las nuevas regulaciones de 2020.

### Comité de Protección del Medio Marino (MEPC)

Este órgano fue creado en sus orígenes como órgano auxiliar de la Asamblea y adquirió jerarquía constitucional plena en 1985. Compuesto, al igual que el MSC, por todos los estados miembros de la OMI, el MEPC se encarga de examinar todos los asuntos relacionados con la prevención y contención de la contaminación en el mar ocasionada por los buques, así como de la aprobación de directivas, convenios y otras reglas y sus enmiendas a tal efecto (Organización Marítima Internacional, 2019b). Es este el órgano que implementó y se encarga de revisar el convenio MARPOL, que en su Anexo VI establece los nuevos límites a las emisiones de azufre, que serán analizados en los siguientes apartados.

#### 5.3. El Anexo VI del convenio MARPOL y las ECAs. Regulación actual y aplicación de cambios en 2020.

##### 5.3.1. El Convenio MARPOL

El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación en los buques (MARPOL) es el principal tratado internacional que tiene como objetivo prevenir la contaminación del mar por parte de los buques, tanto por accidente como a causa de sus operaciones.

Este convenio fue adoptado el 2 de noviembre de 1973 en la sede de la OMI. Antes de su entrada en vigor, fue modificado y absorbido por el Protocolo relativo al Convenio

MARPOL de 1978, entrando este último en vigor en 1983; este Protocolo fue introducido en respuesta a los múltiples accidentes de petroleros de 1976 y 1977.

### 5.3.2. El Anexo VI

En 1997 se realizaron varias enmiendas al Convenio y se introdujo el Anexo VI, relativo a la contaminación atmosférica de los buques, que entró en vigor en el año 2005. Este último Anexo es de gran importancia para la elaboración de este trabajo ya que introduce las reglas que regulan la contaminación atmosférica de los buques.

En concreto se establecen límites para la emisión de óxidos de azufre (SOx) y de óxidos de nitrógeno (NOx) en los gases de escape de los buques, se prohíbe la emisión de sustancias dañinas para la capa de ozono, y se definen zonas de control de emisiones, con reglas más estrictas para la emisión de SOx emitidas por los buques.

En 2011, además, se establecieron medidas técnicas para la prevención de la emisión de gases de efecto invernadero para barcos de más de 400 toneladas brutas (Organización Marítima Internacional, 2019c; Organización Marítima Internacional, 2019d).

### 5.3.3. Las Áreas de Control de Emisiones de Azufre (SECAs)

Las restricciones del Anexo VI introducido en el Protocolo de 1997, que entraban en vigor en 2005, incluían un límite global al porcentaje de azufre en el combustible de los buques del 4.5% m/m, así como la provisión para establecer Áreas de Control de Emisiones de Azufre (SECAs por sus siglas en inglés) especiales con límites más exigentes, en las cuales el contenido de azufre no debía exceder 1.5% m/m (Organización Marítima Internacional, 2019d).

La primeras SECAs establecidas fueron las del mar Báltico y el mar del Norte, rutas marítimas muy transitadas; en el caso del mar Báltico, sus características salobres debido a su condición de mar interior con una gran cantidad de caudal de agua dulce gracias a los ríos que drenan en él le confieren una gran biodiversidad que se encuentra particularmente expuesta a las emisiones contaminantes antropogénicas (Nugraha, 2009).

En particular, las emisiones de SOx son una de las principales causas de eutrofización, proceso de crecimiento descontrolado de algas fitoplanctónicas causado por una abundancia de nutrientes inorgánicos producto de las actividades humanas.

La eutrofización causa diversos problemas, principalmente de reducida transparencia y oxígeno en el agua así como pérdidas económicas derivadas del turismo, junto con una disrupción del ecosistema afectado (Nugraha, 2009).

Un cuarto de las emisiones de SO<sub>x</sub> causantes de la eutrofización son producidas por el tráfico marítimo (Nugraha, 2009); esto, unido al gran tránsito de buques en ambas rutas y el especial riesgo de la zona, justificó que los países bálticos bajo el auspicio de la Comisión de Helsinki (HELCOM) solicitasen la declaración de la zona como SECA, bajo la cual todos los buques de países incorporados a la OMI tendrían la obligación de reducir sus emisiones de SO<sub>x</sub> (y no solamente aquellos contratados por países miembros de HELCOM).

El mar Báltico fue designado como SECA en el Anexo VI de MARPOL 1997, mientras que el mar del Norte fue incorporado en MEPC 44 en 1997 y entró en vigor en 2007 (Nugraha, 2009; Organización Marítima Internacional. 2019d).

Dentro de estas SECAs, como se ha mencionado anteriormente, el contenido máximo de azufre en los combustibles de los barcos era de 1.5% m/m. Como alternativa, se permitió la instalación de sistemas de filtrado de gases de escape (Nugraha, 2009).

De manera inmediata tras la entrada en vigor del Anexo VI en 2005, el Comité de Protección del Entorno Marino decidió proceder a una revisión de dicho Anexo con el fin de fortalecer y hacer más estrictos los límites de emisión anteriormente mencionados. Tras un examen que duró tres años por parte de dicho Comité, en 2008 se adoptó la susodicha revisión del Anexo VI del convenio MARPOL, incluyendo el el Código Técnico de NO<sub>x</sub> de 2008, que entró en vigor en 2010.

#### 5.3.4. Fortalecimiento de las restricciones de óxidos de azufre. El límite de azufre del 2020.

Uno de los efectos de dicha revisión fue el desarrollo de las SECAs y el incremento de sus restricciones al incluir limitaciones a la emisión de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas, por lo que el término correcto para denominar a dichas áreas a partir de la aprobación de esta revisión es Áreas de Control de Emisiones, o ECAs.

Otro efecto fue la reducción progresiva del límite de emisiones de SO<sub>x</sub> en las ECAs a 1.00% m/m en 2010 y 0.10% m/m en 2015 así como del límite global de 4.5% m/m a 3.5% m/m, efectiva en 2012 y por último, la reducción de ese límite global a 0.5% m/m

en 2020, cuyo estudio e implementación es motivo de la elaboración de este proyecto. El Gráfico 2 refleja el incremento de las restricciones tanto globales como en las ECA a lo largo del tiempo.

Paralelamente, la UE desarrolló legislación adaptándose a la introducción y revisión del Anexo VI de MARPOL, con un añadido; en su Directiva 2005/33/EC de 2005 introdujo un adelantamiento del límite de SO<sub>x</sub> de las ECA de 0.1% (que sería aplicable en 2015) del mar del Norte y mar Báltico a todos los puertos europeos, dando ésta comienzo en 2010 (European Maritime Safety Agency, 2010).

Mientras tanto, en Estados Unidos y Canadá, países que suman entre ambos más de 260,000 km de costa por cuyos puertos transitan más de 90,000 barcos cada año (Nugraha, 2009), se introdujo a partir de 2003 (con regulaciones de la Environmental Protection Agency o EPA estadounidense) normativa más restrictiva para regular el contenido de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> de los buques, que se fue incrementando sus restricciones progresivamente y que entró completamente en vigor en 2009.

En Canadá, país con la mayor longitud de costa del mundo, se introdujo en 2007 regulación para limitar el contenido de azufre en el combustible disponible al 0.5% m/m además de en el mismo año introducirse legislación para limitar la densidad del “humo negro” que emiten los buques en aguas canadienses hasta 1 milla de distancia de la costa; en 2012 se restringió aún más el contenido de azufre reduciéndose el límite a 0.0015% m/m (15 partes por millón) (Nugraha, 2009).

Finalmente, las ECAs se vieron expandidas con la incorporación, mediante una revisión de MARPOL en 2010, de la ECA norteamericana, que incluye tanto la costa este como oeste de los Estados Unidos y Canadá como las aguas territoriales del archipiélago de Hawaii, así como las aguas del Caribe norteamericano y las islas francesas de Saint-Pierre y Miquelon (United States Environmental Protection Agency, 2010).

## 6. DESAFÍOS PLANTEADOS POR LAS RESTRICCIONES A LAS EMISIONES DE AZUFRE DE 2020 Y LAS SOLUCIONES ANTIPOLUCIÓN DISPONIBLES.

### 6.1. Los problemas de un cambio completo de combustible a combustible bajo en azufre

La introducción de los nuevos límites a la emisión de SO<sub>x</sub> tanto en las ECA como a escala global ha planteado una serie de dilemas para llevar a cabo su implementación, tanto para las líneas navieras como para industrias verticalmente relacionadas con el transporte marítimo internacional, como las refinerías de combustible.

Actualmente e históricamente la inmensa mayoría (un 75%) del combustible marino consumido es fueloil residual pesado HFO, un tipo de combustible obtenido como residuo último de la destilación fraccionada del petróleo. El resto de combustibles (25% del consumo total) son principalmente utilizados por navíos más pequeños, que representan a su vez un 75% de la flota total mundial (Corbett & Winebrake, 2008).

Dado que las características y calidad del HFO dependen en la calidad del crudo utilizado en su refinado, el fueloil se combina con combustibles más ligeros como gasoil marino o diésel marino para obtener mezclas con las características deseadas. Las mezclas más utilizadas son las del tipo IFO 380 o IFO 180 (Intermediate Fuel Oil, Fuel Oil Intermedio), que presentan un contenido de azufre máximo del 3.5% (Corbett & Winebrake, 2008).

Ya que este contenido en azufre, que satisface los requisitos vigentes hasta el 31 de diciembre de 2019 del anexo VI de MARPOL, es muy elevado para los requisitos que entrarán en vigor en 2020, una solución consiste en cambiar los combustibles IFO 380 e IFO 180 por destilados como Diesel Marino (MDO, Marine Diesel Oil) y Gasoil Marino (MGO, Marine Gas Oil).

Estos combustibles presentan una media de 0.5% m/m de azufre, con rangos entre el 0.1% (utilizado en las ECA) y 1.5% (Corbett & Winebrake, 2008). Estas variaciones se dan dependiendo del proceso de refinado utilizado durante su elaboración. Otra opción, aunque con mucha menor disponibilidad actual, es utilizar fueloil pesado de contenido de azufre bajo (LSHFO) con un contenido de azufre inferior al 0.5% m/m, ya que existen

procesos para producirlo. Sin embargo su disponibilidad y capacidad de abastecimiento es todavía muy reducida (EnSys Energy and Navigistics Consulting, 2016).

Para las navieras, la ventaja de utilizar HFO es su bajo coste respecto a los combustibles destilados. Sin embargo, las operaciones con este tipo de combustible no carecen de complicaciones ya que éste debe de ser precalentado antes de proceder a su combustión debido a su elevada viscosidad, de ahí su utilización en los navíos de mayor tamaño.

No solo es el HFO conveniente desde el punto de vista económico para las operaciones de grandes buques: para las refinerías, dedicarse a mantener una elevada producción de HFO sirve como alternativa a las grandes inversiones necesarias para producir una cantidad elevada de combustibles destilados (Manuel López, 2015; Nugraha, 2009).

La principal ventaja del cambio de combustible de HFO a destilados consiste en su ausencia de inversiones de capital. La mayor parte de los motores marinos permiten su uso, por lo que no es necesario realizar ningún tipo de modificaciones por parte de las navieras para utilizarlo.

Sin embargo, el principal inconveniente del cambio a combustibles destilados es su incremento en costes respecto al HFO de entre 100 y 350 dólares americanos por tonelada métrica (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017; H. Lindstad, Sandaas, & Strømman, 2015).

El segundo inconveniente es la limitación de la oferta de dichos destilados una vez entre en vigor la nueva regulación, ya que existen dudas sobre la capacidad de las refinerías de producir la cantidad suficiente de combustibles destilados para cubrir la demanda de éstos a partir de 2020 (EnSys Energy and Navigistics Consulting, 2016). Si bien la nueva regulación obliga a las navieras a adoptar combustible de bajo contenido de azufre en sus buques, ésta no obliga a las refinerías a adoptar medidas para abastecer a la demanda.

Según los estudios realizados, es necesario un incremento de la capacidad de las refinerías para poder cubrir la demanda global esperada de combustibles de bajo contenido en azufre (EnSys Energy and Navigistics Consulting, 2016). La planificación y construcción de nuevas refinerías para poder abastecer a la demanda de combustible destilado lleva por lo menos 5 años en completarse (Nugraha, 2009), y supone una inversión enorme en capital y recursos que para las refinerías es difícil justificar a corto plazo desde el punto de vista de la rentabilidad de la inversión realizada, en el marco de un mercado del combustible volátil cuyos precios son difíciles de predecir.

Se calcula que la cantidad total que habrían de aportar las refinerías en inversiones para poder abastecer un cambio completo de combustible, (unas 382 millones de toneladas de combustible) rondaría los 318 miles de millones de dólares americanos (Nugraha, 2009).

Además, el coste incrementado de recursos y energía para producir el combustible destilado resultaría en un incremento del 11% en sus emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, por lo que un cambio completo de fueloil residual (HFO) a combustibles destilados con el objetivo de reducir las emisiones de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas a la atmósfera podría tener como consecuencia un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> antropogénico, en las estimaciones más pesimistas de entre el 0.02% y el 0.06% (Nugraha, 2009).

Sin embargo, la reducción en la emisión de CO<sub>2</sub> durante la combustión de los destilados produce un efecto de compensación que de acuerdo a Corbett y Winebrake (2008) produciría una reducción en el incremento de emisiones globales de CO<sub>2</sub> antropogénico, limitando dicho incremento al 0.01%. Este incremento no tiene en cuenta posibles incentivos a la implementación de los buques de una reducción de velocidad gracias al incremento de costes del combustible, que reducirían aún más las emisiones totales de CO<sub>2</sub> (H. Elizabeth Lindstad, Rehn, & Eskeland, 2017).

Debido a las dificultades técnicas y económicas anteriormente mencionadas a la hora de gestionar un incremento y expansión de las capacidades de las refinerías para abastecer tal aumento de la demanda de combustibles destilados, en el siguiente apartado se estudiarán las diversas opciones disponibles por parte de las líneas navieras para alcanzar la meta de reducción de emisiones de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas, no necesariamente implicando un cambio del tipo de combustible utilizado por los navíos.

## 6.2. Soluciones alternativas al cambio de combustible para satisfacer los requerimientos de la normativa OMI para el contenido de azufre en 2020.

Debido a la gran inversión requerida por las refinerías para expandir su capacidad productiva, lo cual limita sus capacidades de expansión de producción a corto plazo y a las incertidumbres respecto a la demanda de destilados, los incrementos en coste del combustible debido a la falta de oferta se esperan entre el 11%-25% y hasta el 50% respecto a los valores actuales, mientras que el LSHFO, por otro lado, se encuentra todavía en una producción demasiado reducida como para impactar significativamente a la oferta (EnSys Energy and Navigistics Consulting, 2016).

Además, los costes de desulfuración del HFO para convertirlo en LSHFO y adaptarlo a la regulación OMI 2020 son equiparables a los de producción de combustibles destilados del mismo contenido de azufre, por lo que a efectos de análisis de coste se pueden considerar los costes de este combustible de manera agregada junto a los destilados y sujetos a las mismas limitaciones que éstos.

Los costes estimados de desulfuración, al igual que los de conversión a combustibles destilados, son aproximadamente de 145 dólares americanos por tonelada de combustible HFO (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017). El Gráfico 4 refleja las diferencias de precio de los distintos combustibles en los últimos años.

La reglamentación que entrará en vigor en 2020 permite a las navieras el uso de alternativas para poder alcanzar el límite de emisiones, cada una teniendo su serie de ventajas e inconvenientes tanto desde el punto de vista económico como de impacto ambiental que serán estudiadas en este apartado.

Las opciones alternativas al cambio de combustible a destilados de bajo contenido en azufre son el uso de combustible residual junto con la instalación de filtros para depurar los gases de escape y el uso de gas natural licuado (LNG) como combustible marino alternativo.

### 6.3. El uso de filtros como medida anti polución.

Considerado como la alternativa principal a la utilización de combustible de bajo contenido en azufre debido a su bajo coste, la OMI admite la posibilidad de utilizar HFO junto a filtros de los gases de escape para mantener las emisiones por debajo del límite establecido.

Dichos filtros pueden ser de varios tipos; de circuito abierto, cerrado o híbrido. Todos ellos deben incorporar también filtros adicionales sólidos (SCR) para mantener los niveles de NOx, que también se regulan, por debajo del límite (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017).

Los tres filtros de SOx utilizan agua para filtrar los gases de escape. Mientras que el circuito abierto utiliza agua marina para filtrar los gases de escape (devolviendo el agua al mar tras un proceso de desacidificación), el cerrado utiliza agua con una solución basada en urea para alcalinizarla, lo cual maximiza su potencial de absorción de Sox

El agua se filtra para reutilizarla, quedando un residuo semilíquido que ha de ser tratado en el puerto. La tercera opción, el circuito híbrido, funciona normalmente como el circuito abierto, pero durante ciertos períodos limitados (como por ejemplo durante las estancias en puertos) puede funcionar en circuito cerrado, evitando la descarga de agua acidificada al entorno portuario (Brynolf, Magnusson, Fridell, & Andersson, 2014).

La gran ventaja del sistema de filtrado es que permite el uso de HFO sin desulfurar como combustible, lo cual permite una reducción en los costes operativos variables de los buques. Por otro lado, su instalación es muy costosa: utilizando los costes estimados de circuitos semiabiertos (debido a que es altamente probable que muchos puertos prohíban el uso de circuitos abiertos a los barcos que hagan escala en ellos), se estima un coste de instalación de 2.2 millones de dólares americanos por buque más 70,000 dólares por cada 1000 kWh de potencia del motor del buque (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017).

Operar dichos filtros implica un consumo adicional de combustible de entre el 1.4% y el 2-3% según estimaciones de Brynolf, Magnussen et al (2014). Además de esto, los buques requieren pasar tiempo en puerto sin actividad operativa mientras los filtros son instalados, lo cual implica una desventaja adicional para la naviera que lo opera debido a la reducción en la utilización del buque.

Dado que la instalación de filtros supone la decisión de aceptar unos grandes costes fijos (el propio filtro) a cambio de un mantenimiento de costes variables reducidos (la posibilidad de seguir utilizando HFO sin desulfurar, más barato que los destilados o el LSHFO), la decisión de si utilizar filtros o cambiar el combustible consiste en un problema en el cual se pretende minimizar los costes de implementar medidas anti contaminación en el buque durante la vida útil de éste.

En este problema influye el diferencial del coste del combustible destilado respecto al HFO, la vida útil restante del buque y su consumo, así como los costes de instalación de los filtros y el coste del HFO.

#### 6.3.1. Análisis de costes por el uso de filtros respecto al uso de combustibles destilados.

El coste de adquisición e instalación de un filtro híbrido escala en una proporción inferior a 1 con el tamaño del buque, por lo que se da la presencia de economías de escala en la

instalación de filtros (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017). Por lo tanto, la opción de instalar filtros se vuelve más atractiva cuanto mayor es el tamaño y capacidad de los buques.

Además, cuanto mayor es el tamaño de un buque, mayor es su consumo, por lo que los costes operativos de un buque de gran capacidad y peso (y por lo tanto consumo) se incrementarán en mayor medida si se utilizan combustibles destilados que si se elige la opción de filtrado.

La Gráfica 3 ilustra este hecho. Las líneas horizontales representan los costes por tonelada de fuel al instalar un filtro respecto a los precios del crudo por tonelada para tres tipos de barcos de distinto peso muerto, mientras que las curvas diagonales superiores e inferiores representan el coste por tonelada de combustible respecto al precio del petróleo cuando se utilizan combustibles destilados y LSHFO, respectivamente.

La gráfica muestra las economías de escala de los filtros respecto al tamaño de los barcos y la naturaleza de costes fijos de éstos. Cuanto mayor es el tamaño del barco, es decir su consumo, menor es el coste por tonelada de combustible en caso de instalar filtros ya que en este caso el coste de los filtros se divide entre una mayor cantidad de toneladas de combustible consumidas.

La relación del coste de los combustibles destilados (y del LSHFO) respecto al precio del crudo es más obvia: cuanto mayor es el coste del petróleo, mayores son los costes de por tonelada de combustible destilado y desulfurado.

Por lo tanto, los buques con un gran consumo de combustible se beneficiarán más (verán sus costes minimizados) cuando utilicen sistemas de filtrado junto con combustible HFO. Para precios del crudo inferiores a 50 dólares por barril, los combustibles destilados suponen una alternativa superior en costes de implementación de medidas anti polución para buques con un consumo de combustible menor (H. E. Lindstad, Rehn, & Eskeland, 2017; H. Lindstad, Sandaas, & Strømman, 2015).

En el transporte marítimo de contenedores, los buques de gran capacidad y tonelaje (operando las líneas principales) percibirán mayores reducciones de costes de implementación de medidas anti polución con la instalación de sistemas de filtrado, mientras que los buques de menor capacidad y consumo de combustible como los feeders pequeños se beneficiarán más del cambio a combustibles destilados o a LSHFO.

Otro factor a tener en cuenta es la vida útil restante del buque; para buques con una vida útil restante inferior a 4 años, el beneficio neto anual de la instalación de filtros respecto al cambio de combustible es negativo, es decir, no se logra cubrir la inversión en los filtros con el ahorro en costes variables por evitar el uso de combustibles destilados durante la vida útil restante del buque (H. Lindstad et al., 2015).

### 6.3.2. Efectos ambientales debido al uso de filtros como medida antipolución.

Un efecto a tener en cuenta respecto a la regulación para posibilitar el uso de filtros por parte de las líneas navieras consiste en sus consecuencias desde el punto de vista de las emisiones del gas de efecto invernadero CO<sub>2</sub>. La instalación de filtros en los navíos incentiva a que los buques operen a mayores velocidades, debido al hecho de que la mayor utilización del buque y de los filtros es más importante desde el punto de vista de minimización de costes por medidas anti polución que el incremento en costes de combustible debido a la mayor velocidad (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017; Haakon E Lindstad & Eskeland, 2016).

Ya que el consumo de combustible por parte de los navíos aumenta exponencialmente a medida que la velocidad operativa se incrementa, las emisiones de CO<sub>2</sub> en los navíos operando a una velocidad eficiente desde el punto de vista de reducción de costes de medidas anti polución con filtros se ven incrementadas entre un 10% y un 15% respecto a los niveles pre-2020 (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017).

Además, el funcionamiento de los filtros requiere de un consumo de combustible adicional, con las emisiones que ello conlleva.

Por lo tanto, el incentivo anteriormente visto por parte de los legisladores al uso de filtros de SO<sub>x</sub> podría tener consecuencias inesperadas como un incremento significativo de las emisiones de CO<sub>2</sub> por parte del sector de transporte marítimo a la atmósfera.

Por el contrario, el uso de combustibles destilados incentiva a los navíos a operar a velocidades reducidas con el objetivo de minimizar el consumo de combustible al tener éste un coste más elevado (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017). Es por ello que, cuando se considera una reducción de velocidad en los buques que utilizan combustibles destilados, se espera que las emisiones de los buques operando a velocidades eficientes se reduzcan lo suficiente para compensar el incremento en emisiones de CO<sub>2</sub> adicionales causadas durante la producción del combustible (H. Elizabeth Lindstad et al., 2017).

#### 6.4. El Gas Natural Licuado como solución alternativa a los combustibles destilados.

La segunda alternativa para adaptar los buques a la normativa de 2020 es el uso de gas natural licuado (LNG por sus siglas en inglés). Este combustible se considera muy limpio: sus emisiones de SO<sub>x</sub> son extremadamente reducidas, aproximadamente 0.004% m/m, órdenes de magnitud inferior a los límites de 2020 e inferior a los límites situados por las ECAs (Adamchak, 2013).

Además, el precio del LNG es similar y en algunos casos inferior al precio del HFO (Gráfico 9), por lo que los costes derivados del consumo de combustible se mantendrían similares a los actuales en buques que utilizan esta tecnología.

En 2013 ya existían 20-25 buques operando con este combustible, excluyendo a los buques portadores de gas, ya que todos lo utilizan por la lógica económica de su disponibilidad al ya estar transportándolo (Adamchak, 2013).

Si bien ésta cifra supone únicamente menos del 1% del total de la flota mundial, esta baja prevalencia se debe a la inmadurez de la tecnología aplicable junto con la falta de servicios de abastecimiento de combustible en los puertos, lo cual frente a las nuevas

regulaciones dota al uso de LNG como combustible marino de un potencial de crecimiento muy elevado (Adamchak, 2013; Semolinos, Olsen, & Giacosa, 2013).

Es por ello que este combustible merece ser considerado como alternativa para adaptar los buques a las nuevas regulaciones. Como ventaja añadida, el LNG produce alrededor del 20% menos de CO<sub>2</sub> durante su combustión. Sin embargo, el análisis teniendo en cuenta el ciclo de vida total del combustible reduce esta cifra al 10% (Acciaro, 2014).

El uso de LNG como combustible marino plantea una serie de desafíos. En primer lugar, han de considerarse las infraestructuras para licuar el gas natural, almacenarlo y transportarlo a un punto de abastecimiento de buques.

La disponibilidad de infraestructuras de abastecimiento de LNG para buques es muy reducida, y la creación de dichas infraestructuras (que solamente existen por el momento en puertos del norte de Europa) requiere de grandes inversiones, que se están incentivando en el marco de las ECA por entidades como la Unión Europea (Adamchak, 2013; Semolinos et al., 2013).

Los costes de transporte y almacenaje para el aprovisionamiento de los buques además encarecen el coste base del combustible dada la naturaleza del LNG. Los propios buques han de sacrificar un espacio mayor en éstos para almacenar dicho combustible, ya que para la misma cantidad de energía almacenada, el LNG ocupa un volumen 1.8 veces mayor que el HFO (de Manuel López, 2015).

Esto no supone un problema excesivo para buques diseñados desde un primer momento para el uso de propulsión basada en LNG, pero sí que ha de ser considerado a la hora de estudiar la posibilidad de reacondicionar los buques ya existentes para utilizar este combustible ya que pueden encontrarse problemas de espacio que limiten su capacidad operativa.

Por lo general, debido a la forma y tamaño de los tanques de almacenamiento, el LNG termina ocupando entre 2 y 4 veces más espacio que los combustibles tradicionales, lo cual reduce la capacidad de transporte de bienes y pasajeros de los buques respecto a aquellos que no utilizan este combustible como medio de propulsión (de Manuel López, 2015).

Debido a las dificultades planteadas por la reducción de capacidad utilizable, junto con el cambio completo de planta motriz que requiere una conversión a LNG, la adopción de

esta tecnología es a día de hoy más interesante para nuevos navíos en vez de reconversiones, debido a las dificultades técnicas que la reconversión para el uso de LNG conlleva así como sus costes elevados respecto a otras formas de medidas anti contaminación como los filtros de SOx (Adamchak, 2013; Semolinos et al., 2013).

Otro factor que ha limitado el crecimiento de esta tecnología es la ausencia de legislación que la homologase hasta fechas recientes. La OMI emitió en 2009 a través del MSC unas directrices de seguridad llamadas “Interim Guidelines on Safety for Natural Gas-Fuelled engine installations in ships” que, si bien establecían unas guías que servían de base para la construcción de dichos buques, no eran de cumplimiento obligatorio por parte de los fabricantes de buques, por lo cual los barcos debían solicitar la aprobación de su Estado de bandera junto el puerto en el que se esté haciendo escala en cada momento.

Esta falta de estandarización contribuyó a que los buques propulsados por LNG se limitasen en sus operaciones a un ámbito local, principalmente en el norte de Europa. En 2015 entró en vigor legislación más específica introducida por el Comité de Seguridad Marítima de la OMI para regular los buques de LNG, disipando gran parte de las incertidumbres existentes anteriormente y estableciendo directrices para la construcción de dichos buques, entrando la legislación en vigor en 2017.

La Organización Internacional para la Estandarización contribuyó emitiendo una norma ISO que describía el proceso de abastecimiento de los buques de LNG. Por parte de la UE, además, se han realizado esfuerzos para expandir las infraestructuras necesarias para el abastecimiento de LNG a los buques, mediante medidas como la Directiva 2014/94/UE (de Manuel López, 2015).

Sin embargo, a pesar de la menor incertidumbre jurídica respecto al uso e instalación del LNG, todavía existen problemas del tipo tecnológico. El primero es el “methane slip”, por el cual una parte del gas utilizado no es quemado y por lo tanto es emitido a la atmósfera en forma de metano. El metano tiene un potencial de efecto invernadero entre 20 y 25 veces mayor que el CO<sub>2</sub>, por lo cual la liberación de este supone un problema preocupante.

Sin embargo, con la actual tecnología, el uso de LNG (incluyendo los escapes de metano actual) consigue reducir la emisión de gases de efecto invernadero respecto al HFO y los combustibles destilados (de Manuel López, 2015).

El segundo desafío tecnológico consiste en el “boil-off”, la evaporación del LNG debido a la transmisión de calor dentro del tanque, que en períodos donde no se está utilizando el motor puede incrementar la presión del tanque hasta niveles peligrosos. Este gas adicional debe ser licuado de nuevo o consumido por el buque para reconducir la presión de los tanques a niveles razonables. Esto requiere un sistema complejo y costoso de licuado de este gas (de Manuel López, 2015; Semolinos et al., 2013).

Debido a la falta de infraestructuras globales de abastecimiento de LNG junto con el gran coste que supone reequipar buques con plantas motrices basadas en este combustible, cabe esperar que las líneas navieras decidan decantarse por las alternativas anteriormente mencionadas para satisfacer los requisitos de 2020, esto es, el cambio de combustible a destilados o LSHFO y el uso de filtros con HFO.

Sin embargo, se espera que la presencia de buques propulsados por LNG aumente significativamente tras la entrada en vigor de la nueva regulación junto con el desarrollo de nuevas infraestructuras de abastecimiento a lo largo de los próximos años.

Líneas navieras como CMA-CGM ya han anunciado su intención de equipar a su flota de buques propulsados con LNG. De esta manera, las navieras también podrán diversificar su exposición al riesgo de operar con una única tecnología de medidas y/o un único tipo de combustible (Semolinos, Olsen, & Giacosa, 2013).

#### 6.4.1. Comparación del Gas Natural Licuado con el uso de filtros y el cambio a combustibles destilados en las ECAs.

La inclusión de la posibilidad de usar LNG para satisfacer los requisitos de la regulación de 2020 se puede observar en los Gráficos 5, 6, 7 y 8, en comparación con el resto de medidas anteriormente mencionadas, extraídas del estudio “Assessment of cost as a function of abatement options in maritime emission control areas” (H. Lindstad et al., 2015).

Este estudio compara el incremento de costes de medidas anti polución por cada una de las opciones descritas en las ECA en función del consumo de combustible de los buques dentro de éstas. Dado que las opciones de medidas anti polución para el límite global de azufre en 2020 son las mismas, con costes similares (excepto el uso de LSHFO, que no está permitido en las ECA al tener un contenido de azufre mínimo del 0.5% m/m), este

análisis es extrapolable a los costes de medidas anti contaminación que se experimentarán con la entrada en vigor de la regulación de 2020.

Dichos gráficos ilustran la relación de costes de medidas anti contaminación respecto al consumo de combustible en buques de potencias de 4000 kW (en el transporte de contenedores se trataría de un feeder pequeño) y en buques de 12000 kW (un feeder grande), tanto en caso de vida útil restante del buque de 5 años, como en el caso de buques recién construidos, en cuyo caso la vida útil esperada de los filtros es de 15 años.

El estudio analiza dos situaciones de consumo de combustible, representados por las barras verticales rojas, interesándonos la que considera una navegación del 100% dentro de la ECA (por ser similar a la regulación en 2020). Además, incorpora a la gráfica varios casos considerando distintos diferenciales de precio de los combustibles alternativos respecto al HFO.

El estudio también incluye en la gráfica medidas anti contaminación adicionales como el uso de metanol como combustible. Sin embargo, dicho combustible se está estudiando para uso muy localizado en el Norte de Europa y de una forma no significativa por lo que no se considerará como medida anti contaminación en este trabajo.

Al observar dichas gráficas se desprenden varias conclusiones. En primer lugar, es evidente el atractivo desde el punto de vista económico de los filtros en buques de nueva construcción (al diluirse el coste de la inversión en filtros entre más años de utilización de éstos) como ya se ha mencionado anteriormente.

Además, como se ha comentado al estudiar los filtros respecto a los combustibles destilados, su uso se vuelve más conveniente cuanto mayor es el consumo de combustible del buque, por lo que cabe esperar que en grandes buques existentes de más de 20000 kW de potencia operando en las rutas principales la solución con el menor coste sea el uso de filtros.

Por parte de los destilados, su atractivo varía en función de su diferencia respecto al coste del HFO: para diferencias de 150 dólares americanos por tonelada métrica presenta el menor coste para los buques estudiados, mientras que en diferencias de 300 dólares solamente es una mejor solución en los consumos más bajos respecto a los filtros abiertos.

El LNG, por el contrario, se estudia como opción para buques de nueva construcción debido a las complicaciones técnicas y de coste que supone reequipar a los navíos con

este sistema de propulsión. En la gráfica observamos que cuando el LNG se equipa en los nuevos navíos y su precio se encuentra al mismo nivel que el HFO, su coste es menor respecto a la opción de instalar filtros cuanto más pequeño es el navío (debido a los grandes costes fijos de instalar los filtros, que crecen en una proporción inferior a 1 con el tamaño y la potencia del buque como ya se ha mencionado).

El LNG es en ese caso, sin embargo, más viable cuanto mayor sea el consumo del buque, y la opción que presenta costes más reducidos cuando su precio es inferior al del HFO. Hemos de tener en cuenta, sin embargo, los desafíos que todavía presenta el uso de LNG, en particular su distribución global y los costes e inversiones que ésta conlleva.

#### 6.5. Conclusiones respecto a las medidas anti polución presentadas.

Como conclusión a la elección de alternativas anti polución de la nueva regulación de 2020 podemos afirmar lo siguiente:

- La presencia de costes fijos en la instalación de filtros de SOx y su escalado en una proporción inferior a 1 con el tamaño y potencia del buque favorecen su instalación en buques de mayor tamaño y consumo. Dicha instalación es más atractiva en buques de nueva construcción y en aquellos con vidas útiles superiores a los 5 años.
- Por el contrario, los buques de menor consumo y tamaño como los feeders ven como elección más eficiente el uso de combustibles destilados en vez de filtros.
- La diferencia del precio de los combustibles destilados respecto al HFO influye en su elección como sistema anti polución. Cuanto menor es la diferencia, más atractivo se vuelve el combustible destilado como opción.
- El LNG supone una opción muy atractiva tanto desde el punto de vista de las emisiones producidas como de sus costes para nuevas construcciones siempre y cuando éste combustible mantenga su coste por debajo del HFO, pero los problemas derivados de su disponibilidad y distribución todavía suponen un factor limitante a su extensión como sistema de propulsión.

El estudio estima, además, el incremento de los costes relacionados con el transporte de un buque de 4000 kW. Asumiendo unos costes de adquisición de media 15-20 millones de euros, 1.5-2.8 millones de euros de amortización anual, 0.9-1.8 millones de euros anuales en costes operativos y un incremento de 0.3-0.5 millones de euros anuales en

costes de medidas anti polución, los autores consideran que utilizando las medidas más eficientes el incremento en los costes operativos del buque será de entre el 10%-15%.

Para el buque de 12000 kW de potencia, estiman un incremento del 6%-10% debido al aprovechamiento de economías de escala. Siguiendo la misma línea, cabe esperar que los buques de las líneas principales (de gran tamaño, potencia y consumo) vean como opción de coste más reducido la instalación de filtros.

En dichos buques el incremento de costes operativos será similar o incluso más reducido respecto al total de costes en comparación con el buque de 12000 kW de potencia. Por otro lado, si las líneas navieras no han instalado filtros a tiempo en todos los buques en los que estas medidas son más eficientes de cara a la entrada en vigor de la regulación de 2020, los costes operativos de éstos podrían incrementarse entre un 35% y un 45% al verse obligadas a utilizar combustibles destilados en sus buques (asumiendo que la diferencia de precio entre HFO y los combustibles destilados se mantiene a niveles actuales, alrededor de 200 dólares americanos, y asumiendo también que el coste de combustible supone alrededor del 70% u 80% del coste total operativo del buque como estiman Odey y Lacey en 2018 en el análisis “IMO 2020. Short-term implications for the oil market).

## 7. TRANSFERENCIA DEL INCREMENTO DE COSTES POR LA ADAPTACIÓN A LA REGULACIÓN OMI 2020 AL FLETE MARÍTIMO PUERTO-PUERTO.

### 7.1. El recargo BAF como vehículo de transmisión del incremento de costes por la implementación de la regulación OMI 2020.

En los apartados anteriores hemos estudiado el flete marítimo puerto-puerto y sus componentes principales, incluyendo la función de estos. Pero ¿cómo pueden ser transmitidos los costes de las medidas anti contaminación anteriormente mencionadas a los exportadores e importadores?

Tras el declive de las conferencias marítimas, las líneas navieras decidieron mantener el recargo BAF, utilizando nomenclatura y criterios propios a la hora de calcular dicho recargo, que podían ser más o menos transparentes. Como se ha visto anteriormente, la transparencia dentro del cálculo de este recargo ha sido históricamente una fuente de controversia entre los exportadores, y las navieras.

Dentro del proceso de adaptación de las navieras a la nueva normativa de 2020, éstas han llevado a cabo una convergencia en los criterios de cálculo de dicho recargo, en el cual, tras su actualización por parte de las navieras más importantes en capacidad de carga y alcance intervienen principalmente dos factores: el precio del combustible utilizado, y un factor de comercio, que a su vez depende de la velocidad media de navegación en esa línea, la capacidad utilizada por los buques, el consumo de éstos, y el desequilibrio comercial de la ruta (más movimiento de carga en un sentido que en otro) (Mediterranean Shipping Company, 2018; CMA-CGM, 2018; COSCO, 2018).

Mediante esta actualización del recargo BAF (denominado también MFR, FCR, BRC y OBS dependiendo de la línea naviera que lo aplica), las navieras pretenden transferir los costes de aplicar las medidas anti contaminación elegidas a los usuarios de sus servicios de transporte marítimo.

Sin embargo, la heterogeneidad de formas de aplicar los costes así como las características individuales de cada naviera junto con la falta de información exacta sobre cómo calcular el recargo BAF (ya que las navieras no informan del valor asignado a cada variable, por lo que se puede considerar que la implementación de este recargo continúa

teniendo un gran grado de opacidad) así como el hecho de que es altamente posible que exista una intención de generar beneficios para la línea naviera mediante la aplicación de este recargo (y no únicamente transferir costes), el cálculo de la transferencia de costes a los clientes finales sigue siendo una tarea difícil, como se ha expuesto en apartados anteriores.

Otro problema que surge con la aplicación del BAF de manera heterogénea entre las líneas navieras es su efecto en los precios negociados de manera “all in”, esto es, con todos los recargos incluidos en una suma única. El informe de IHS Markit y JOC.com en 2019 ilustra el siguiente caso: un exportador que ha de transportar un gran número de contenedores para un proyecto negocia con las navieras con el objetivo de obtener un coste de USD 1400 por contenedor de 40 pies entre dos puertos, con todos los recargos al flete marítimo base (BAF, CAF...) incluidos. Varias navieras realizan ofertas para igualar ese precio objetivo, pero cada una cuenta con recargos BAF distintos, por lo que modifican el flete base para adaptar el valor final “all in” a 1400 dólares en el período negociado.

De esta manera, logran fijar un flete base válido en el momento de la negociación, pero sobre este flete se encuentra un coste BAF variable; por lo tanto, con un incremento dado de los precios de los combustibles, algunos precios cotizados por las navieras variarán más que otros.

Esto produce el riesgo de que los exportadores no elijan qué naviera utilizar en base al precio cotizado por éstas sino a la variación de su recargo BAF ya que las navieras con un valor BAF más variable (o con mayor peso respecto al flete base) presentan un riesgo añadido para los exportadores que buscan una mayor estabilidad en sus costes de transporte internacional marítimo.

## 7.2. Cálculo del valor del incremento de costes del flete marítimo puerto-puerto en la ruta Asia-Pacífico.

Para estimar el valor del incremento del precio del flete marítimo puerto-puerto debido a la aplicación de las medidas anti contaminación anteriormente mencionadas hemos de considerar en primer lugar la ruta aplicada y su simetría de carga.

La ruta Asia-Costa Oeste de los EEUU, que es analizada por IHS Markit y JOC.com y será expuesta en este apartado, presenta una gran asimetría: es común comprobar una

utilización del espacio del buque del 90% en la ida a EEUU desde los puertos asiáticos, pero solo un 40% en el retorno hacia Asia.

Por lo tanto, la aplicación de los costes operativos del buque es diferente para la ida que para la vuelta: las líneas navieras, para incentivar el uso de espacio en la dirección “vacía”, aplican la mayor parte de sus costes operativos a los precios de la dirección más demandada, en ratios como 70/30 (Maersk), 100/0 (APL) y 50/50 (Hapag-Lloyd).

Este hecho, unido a las propias medidas para adaptarse a las nuevas regulaciones que puedan ser aplicadas por cada naviera en función de sus estrategias propias, hacen que sea difícil calcular un valor específico para el incremento de costes esperado.

IHS Markit y JOC realizan una estimación del incremento de costes basándose en varios casos, todos ellos en la ruta Asia-Pacífico.

El primero de ellos calcula el incremento de costes considerando un buque de 8500 TEU y como medida anti contaminación el uso de combustibles destilados, a distintas velocidades. (Tabla 1), considerando que toda la diferencia de costes se aplica en el viaje con mayor utilización.

Como podemos ver, el incremento para un diferencial de precio entre HFO y destilados de 200 USD y una velocidad de navegación baja es de 65.80 USD por TEU. En la práctica este incremento de costes debería ser menor debido a:

- a) el uso de otras medidas anti contaminación de coste por TEU más reducido como los filtros,
- b) la presencia de buques de mayor capacidad en esta ruta, de hasta 15300 TEUs, así como un reparto entre las rutas de ida y las de vuelta de los costes.

Esta diferencia de costes por TEU respecto al tamaño de los buques se puede apreciar en la Tabla 2. Considerando el uso de destilados al mismo diferencial de precio respecto al HFO de 200 USD, podemos apreciar una diferencia en costes por TEU entre ambos buques de 23.12 USD, lo cual ilustra una vez más la presencia de economías de escala anteriormente mencionadas.

Comparando además el efecto de la velocidad de navegación de los buques sobre el coste operativo de éstos se puede observar también cómo una reducción de la velocidad de los buques tiene un gran efecto de reducción de los costes de combustible cuando se utilizan destilados, por lo que como se ha mencionado anteriormente existe un gran incentivo en

el caso de utilizar destilados como combustible para reducir la velocidad de los buques, reduciendo costes.

Por último, en la Tabla 3 podemos observar el efecto de la instalación de filtros sobre los costes operativos por TEU, considerando los buques analizados en los párrafos anteriores. Observando la tabla podemos confirmar que cuanto más elevada es la capacidad de un buque, más atractivo se vuelve el uso de filtros respecto a los combustibles destilados (con una diferencia de alrededor de 20 USD por TEU en el buque de 13100 TEUs asumiendo un diferencial de precio de 200 USD entre destilados y HFO).

De los anteriores resultados se desprenden varias conclusiones. En primer lugar, cabe esperar que, llevado el tiempo que supone la instalación de filtros en los buques, una vez comience la aplicación de la regulación de 2020 los buques utilicen como medida anti contaminación combustibles destilados mientras los filtros (la medida anti contaminación de menor coste considerando buques grandes) son instalados progresivamente.

Por lo tanto, asumiendo que las líneas navieras aplicarán los incrementos de costes operativos a los clientes a través del recargo BAF, se espera un incremento significativo del coste de este recargo respecto a los valores anteriores a corto plazo.

Dichos costes deberían verse reducidos a medio y largo plazo una vez entren en funcionamiento los filtros en los buques de mayor capacidad y tamaño, por lo que en ese momento las líneas navieras se verán presionadas para moderar el incremento de costes.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Si en la fecha de aplicación de la nueva regulación la fracción de buques equipados con filtros respecto al total en el que esta solución es óptima es pequeña, el incremento de costes debido al cambio del tipo de combustible utilizado será muy grande, lo cual crearía un incremento de costes disruptivo para el comercio internacional.
- Dicho efecto tendría una relevancia especial sobre bienes cuya comercialización es sensible a las variaciones de precio del transporte internacional.
- En caso de que a la entrada en vigor de las nuevas medidas los buques estén preparados con las medidas anti polución más económicas para sus características, el incremento de costes será mucho menor y no debería implicar cambios significativos en las operaciones de comercio internacional marítimo.
- El escenario más probable consiste en que una vez la regulación entre en vigor se produzca un gran incremento de los costes al cambiar una gran cantidad de buques a combustibles destilados. Este incremento se moderará una vez se instalen filtros en aquellos buques para los cuales éstos son una solución óptima, y se recupere la capacidad de transporte de las navieras tras su parada para el reacondicionamiento con filtros.
- Las navieras trasladarán los costes en mayor medida sobre la dirección de la ruta marítima que presenta una mayor utilización.
- Es muy probable que el incremento del BAF sea mayor que el incremento de costes experimentado por las líneas navieras.
- Clarificar y definir la fórmula del BAF utilizada permitiría a los exportadores calcular con consistencia los recargos que se aplicarían a sus fletes base utilizando los “inputs” definidos por las navieras, lo cual aumentaría la seguridad de los exportadores al poder predecir mejor sus costes logísticos.
- Una menor incertidumbre en los costes de logística por parte de los exportadores se traducirá en una minoración de los costes de inventario por mantener un stock de seguridad.
- Un problema derivado de la aplicación de los filtros como medida anti polución más económica es el incremento en emisiones de CO<sub>2</sub>.

- Las nuevas regulaciones, sin embargo, son efectivas ya que reducen las emisiones globales de SOx mucho más de lo que incrementan las emisiones de CO2.
- Al utilizar combustibles destilados es de esperar que la reducción de velocidad de los buques para reducir el consumo disminuya las emisiones lo suficiente para compensar el mayor gasto energético (y por lo tanto mayor huella ambiental) que conlleva su destilación.
- El cambio de regulación verá un incremento cada vez mayor de la construcción de buques que operen con LNG como combustible, dado su bajo coste y gran limpieza.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acciaro, M. (2014). Real option analysis for environmental compliance: LNG and emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 28(2014), 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.12.007>
- Adamchak, F. (2013). LNG AS MARINE FUEL. *Poten & Partners*, 1–10. Retrieved from [http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/7-1-Frederick\\_Adamchak.pdf](http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/7-1-Frederick_Adamchak.pdf)
- Alphaliner (2019), disponible en [www.alphaliner.com](http://www.alphaliner.com), accedido en Mayo 2019.
- Benacchio, M., Ferrari, C., & Musso, E. (2007). The liner shipping industry and EU competition rules. *Transport Policy*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.05.010>
- Brynolf, S., Magnusson, M., Fridell, E., & Andersson, K. (2014). Compliance possibilities for the future ECA regulations through the use of abatement technologies or change of fuels. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 28(X), 6–18. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.12.001>
- Cariou, P. (2011). Is slow steaming a sustainable means of reducing CO2 emissions from container shipping? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(3), 260–264. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.12.005>
- Cariou, P., & Wolff, F.-C. (2006). An Analysis of Bunker Adjustment Factors and Freight Rates in the Europe/Far East Market (2000–2004). *Maritime Economics & Logistics*, 8(2), 187–201. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100156>
- Corbett, J. J., & Winebrake, J. J. (2008). Emissions Tradeoffs among Alternative Marine Fuels: Total Fuel Cycle Analysis of Residual Oil, Marine Gas Oil, and Marine Diesel Oil. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58(4), 538–542. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.58.4.538>
- CMA-CGM *New BAF Formula*. Recuperado de <https://www.cma-cgm.com> en Mayo 2019

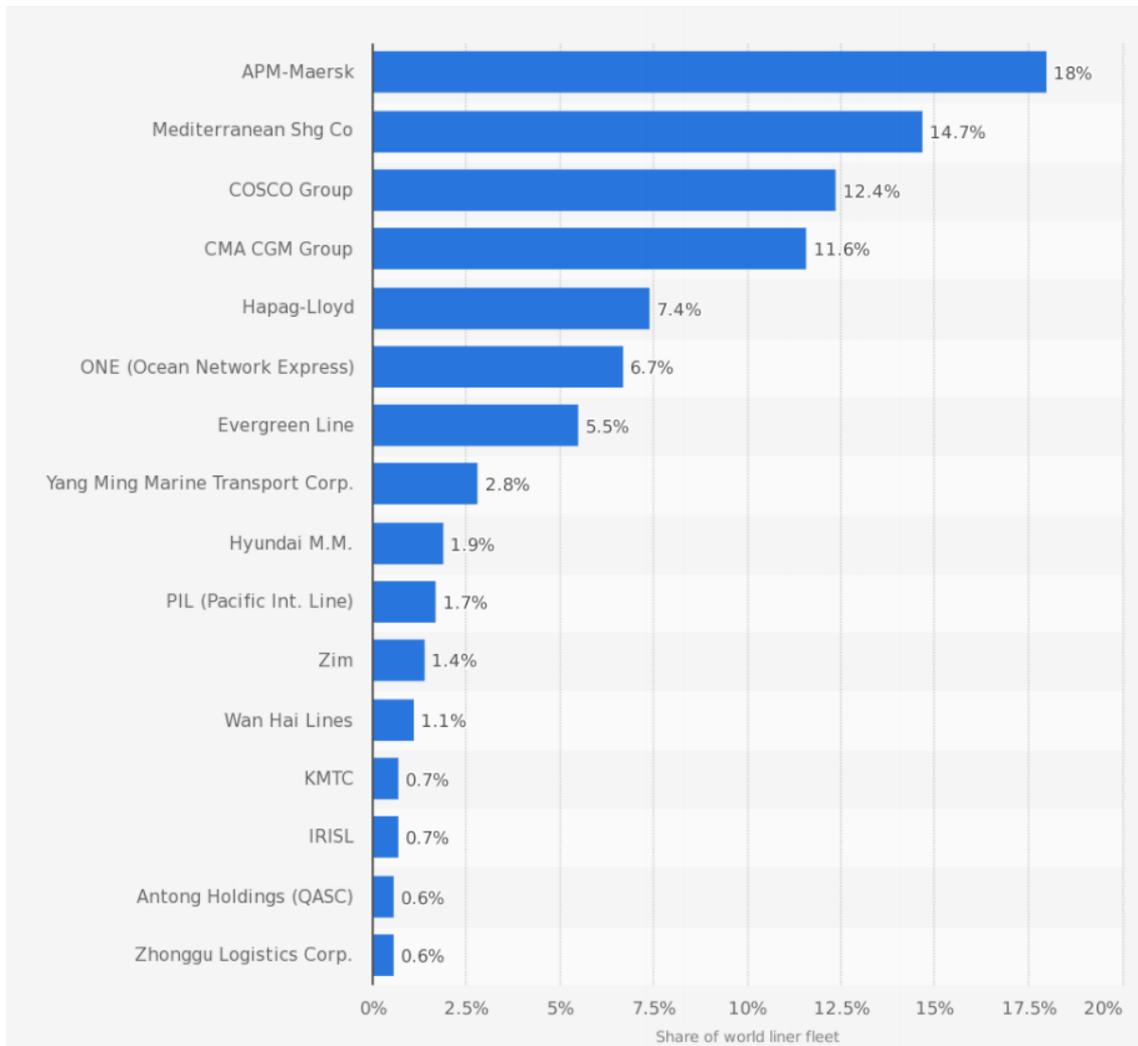
- COSCO TPEB Fuel Surcharge Adjustment Plan 2019-2020. Recuperado de <http://lines.coscoshipping.com> en Mayo 2019
- de Manuel López, F. (2015). *Evaluación de las consecuencias de la nueva regulación de la OMI sobre combustibles marinos*. 1. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=123397>
- EnSys Energy and Navigistics Consulting. (2016). *Supplemental Marine Fuel Availability Study*. 02420(781), 1–180.
- European Maritime Safety Agency. (2010). *The 0.1 % sulphur in fuel requirement as from 1 January 2015 in SECAs - An assessment of available impact studies and alternative means of compliance*.
- Gouvernal, E., & Slack, B. (2012). Container freight rates and economic distance: a new perspective on the world map. *Maritime Policy and Management*, 39(2), 133–149. <https://doi.org/10.1080/03088839.2011.650723>
- Haralambides, H. E. (2015). *Structure and operations in the liner shipping industry*. (January 2007).
- IHS Markit & JOC.com. (2019). *OMI 2020: What Every Shipper Needs To Know*.
- Lee, C. Y., Lee, H. L., & Zhang, J. (2015). The impact of slow ocean steaming on delivery reliability and fuel consumption. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 76, 176–190. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.02.004>
- LIM, S.-M. (1998). Economies of scale in container shipping. *Maritime Policy & Management*, 25(4), 361–373. <https://doi.org/10.1080/03088839800000059>
- Lindstad, H. Elizabeth, Rehn, C. F., & Eskeland, G. S. (2017). Sulphur abatement globally in maritime shipping. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57(October 2017), 303–313. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.028>
- Lindstad, H., Sandaas, I., & Strømman, A. H. (2015). Assessment of cost as a function of abatement options in maritime emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.04.018>

- Lindstad, Haakon E, & Eskeland, G. S. (2016). Environmental regulations in shipping: Policies leaning towards globalization of scrubbers deserve scrutiny. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 47(2016), 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.05.004>
- Maloni, M., Paul, J. A., & Gligor, D. M. (2013). Slow steaming impacts on ocean carriers and shippers. *Maritime Economics & Logistics*, 15(2), 151–171. <https://doi.org/10.1057/mel.2013.2>
- Mediterranean Shipping Company. (2018). *2020 Sulphur Cap*.
- Merk, O., Kirstein, L., & Salamitov, F. (2018). *The Impact of Alliances in Container Shipping Case-Specific Policy Analysis*. 127. Retrieved from [www.itf-oecd.org](http://www.itf-oecd.org)
- Midoro, R., Musso, E., & Parola, F. (2006). *Maritime liner shipping and the stevedoring industry : market structure and competition strategies*. 8839. <https://doi.org/10.1080/03088830500083521>
- Monteiro, J., & Robertson, G. (2008). *THE DECLINE OF SHIPPING CONFERENCES – LEGISLATIVE REFORMS IN CANADA, USA, EEC AND AUSTRALIA*.
- Notteboom, T., & Cariou, P. (2009). Fuel surcharge practices of container shipping lines: Is it about cost recovery or revenue-making. *Proceedings of the 2009 International Association of ...*, (February 2014), 24–26. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Fuel+surcharge+practices+of+container+shipping+lines:+Is+it+about+cost+recovery+or+revenue+making?#0>
- Nugraha, F. (2009). *Effective implementation of emission control area towards cleaner shipping operations : focusing on sulphur oxides ( SOx ) emission reduction*. World Maritime University.
- Odey, F., & Lacey, M. (2020). *OMI 2020 – Short - term implications for the oil market*. (August 2018).
- OECD. 2002: *Competition policy in liner shipping, Final Report*, April 16, 87pp
- Organización Marítima Internacional (2019a) *Introducción a la OMI*. Recuperado de <http://www.imo.org/es> en Mayo 2019

- Organización Marítima Internacional (2019b) *Estructura de la OMI*. Recuperado de <http://www.imo.org/es> en Mayo 2019
- Organización Marítima Internacional (2019c) *Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL)*. Recuperado de <http://www.imo.org/es> en Mayo 2019
- Organización Marítima Internacional (2019d) *Prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques*. Recuperado de <http://www.imo.org/es> en Mayo 2019
- Panayides, P. M., & Wiedmer, R. (2011). Strategic alliances in container liner shipping. *Research in Transportation Economics*, 32(1), 25–38.  
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2011.06.008>
- Power, T., Mason, T., & Kapoor, R. (2016). *Consolidation in the liner industry (White paper)*.
- Semolinos, P., Olsen, G., & Giacosa, A. (2013). LNG As Marine Fuel: Challenges To Be Overcome. *17th International Conference & Exhibition on Liquefied Natural Gas*, 1–20. Retrieved from [http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/7-2-Pablo\\_Semolinos.pdf](http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/7-2-Pablo_Semolinos.pdf)
- Sjostrom, W. (2004). *Ocean Shipping Cartels: A Survey* (Vol. 3).
- Slack, B., Comtois, C., & McCalla, R. (2002). Strategic alliances in the container shipping industry: a global perspective. *Maritime Policy & Management*, 29(1), 65–76. <https://doi.org/10.1080/03088830110063694>
- Slack, B., & Gouvernal, E. (2011). Container freight rates and the role of surcharges. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1482–1489.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.09.003>
- Stapleton, D. (2015). *Revisiting ocean liner shipping : is the core still empty ?*
- United States Environmental Protection Agency. (2010). *Designation of North American Emission Control Area to Reduce Emissions from Ships*.

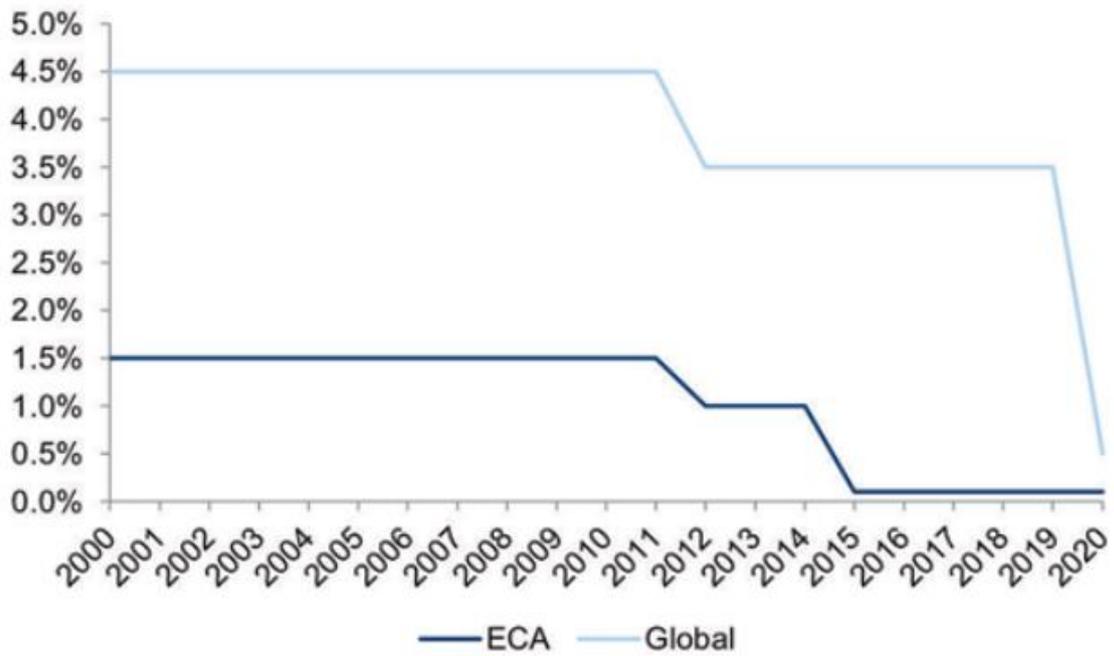
## ANEXO 1 – ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS

**Gráfico 1: Porcentaje de flota portacontenedores global por línea naviera, Mayo 2019**



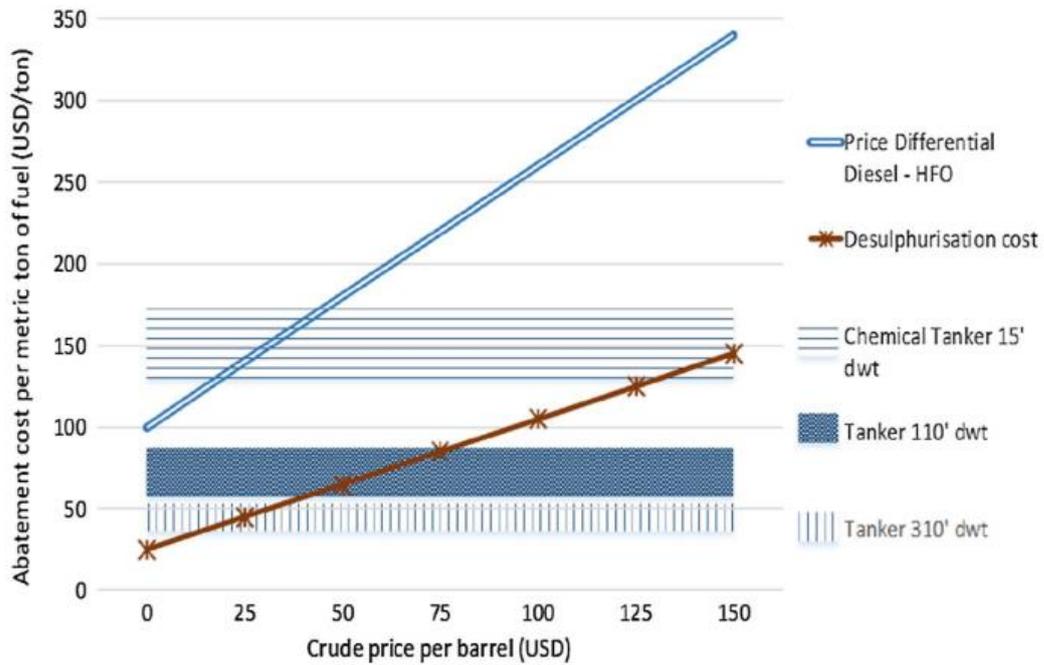
Fuente: Alphaliner (2019), disponible en [www.alphaliner.com](http://www.alphaliner.com), accedido en Mayo 2019.

**Gráfico 2 - Reducción del límite de óxidos de azufre en las ECAs y globalmente en el tiempo.**



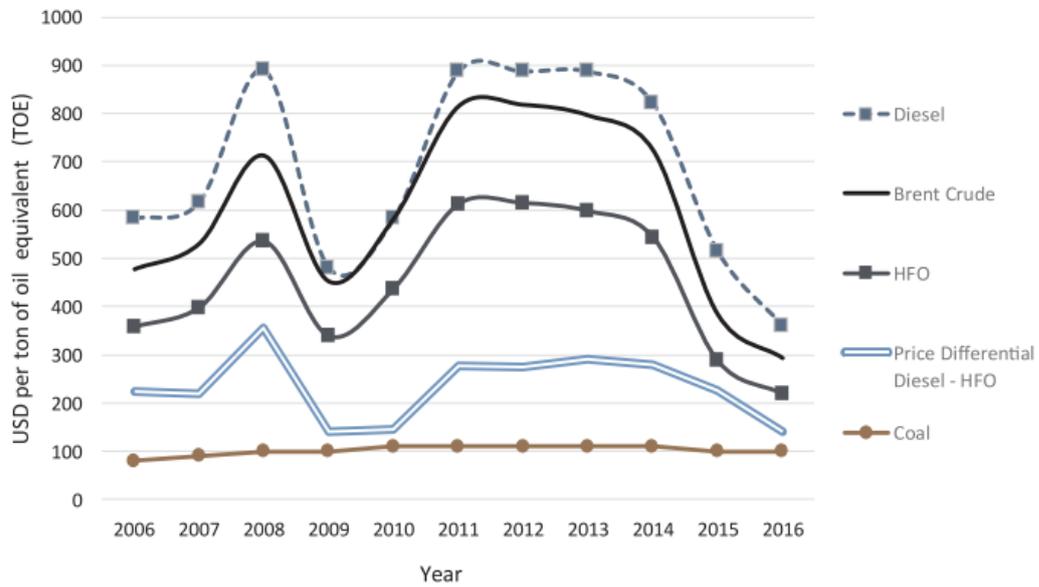
Fuente: IHS Markit & JOC.com. (2019). *OMI 2020: What Every Shipper Needs To Know*.

**Gráfico 3: Costes por implementar medidas anti contaminación (filtros y cambio de combustible) respecto al coste por barril de petróleo.**



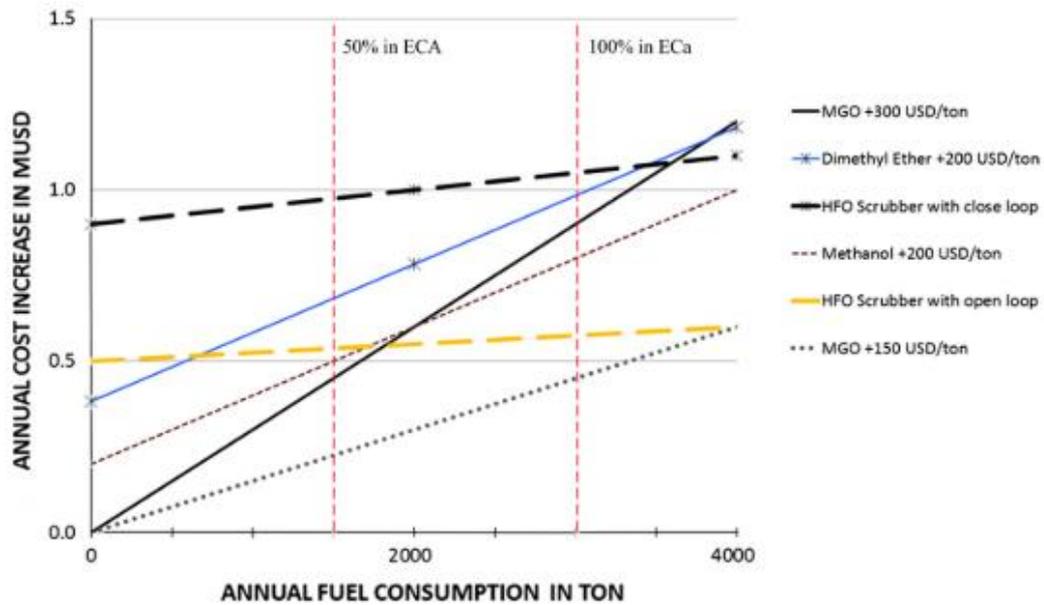
Fuente: Lindstad, H. E., Rehn, C. F., & Eskeland, G. S. (2017). Sulphur abatement globally in maritime shipping. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57(October 2017), 303–313.

**Gráfico 4 - Diferencial de precio entre combustibles HFO, destilados, el petróleo y el carbón.**



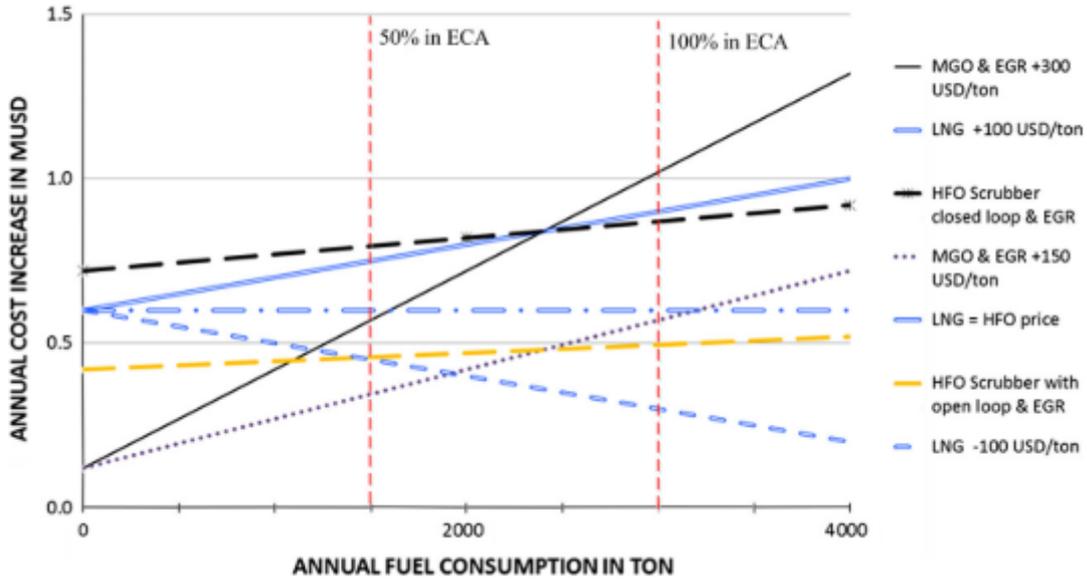
Fuente: Lindstad, H. E., Rehn, C. F., & Eskeland, G. S. (2017). Sulphur abatement globally in maritime shipping. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57(October 2017), 303–313.

**Gráfico 5 - Incremento de costes de las medidas anti contaminación para un buque existente de 4000 kW de potencia en función del consumo de combustible en las ECAs (SOx)**



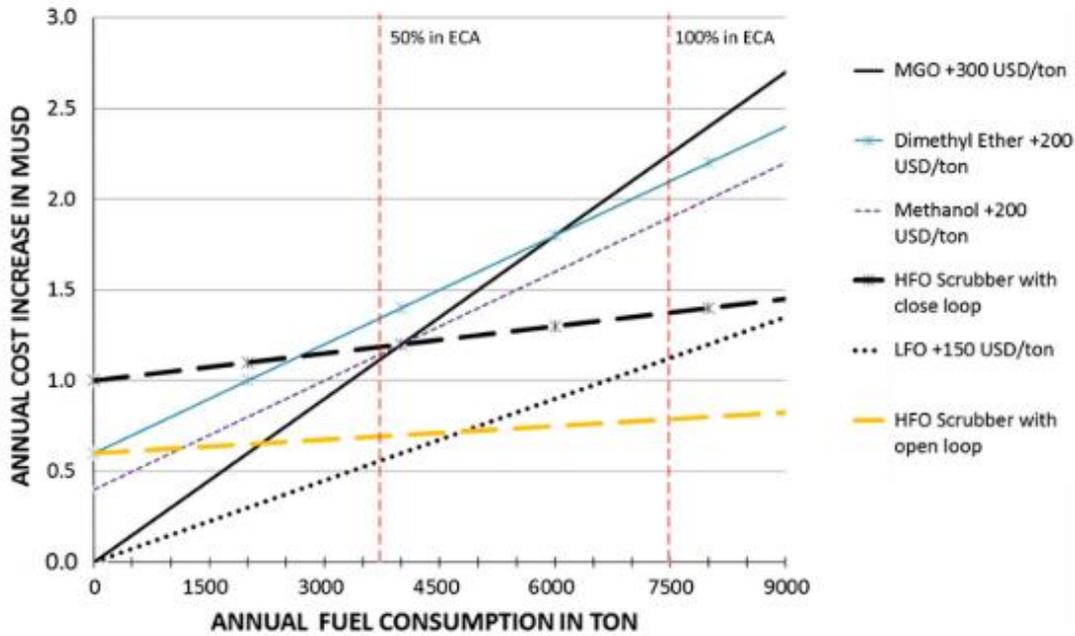
Fuente: Lindstad, H., Sandaas, I., & Strømman, A. H. (2015). Assessment of cost as a function of abatement options in maritime emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 41–48.

**Gráfico 6 - Incremento de costes de las medidas anti contaminación para un buque de nueva construcción de 4000 kW de potencia en función del consumo de combustible en las ECAs (SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>)**



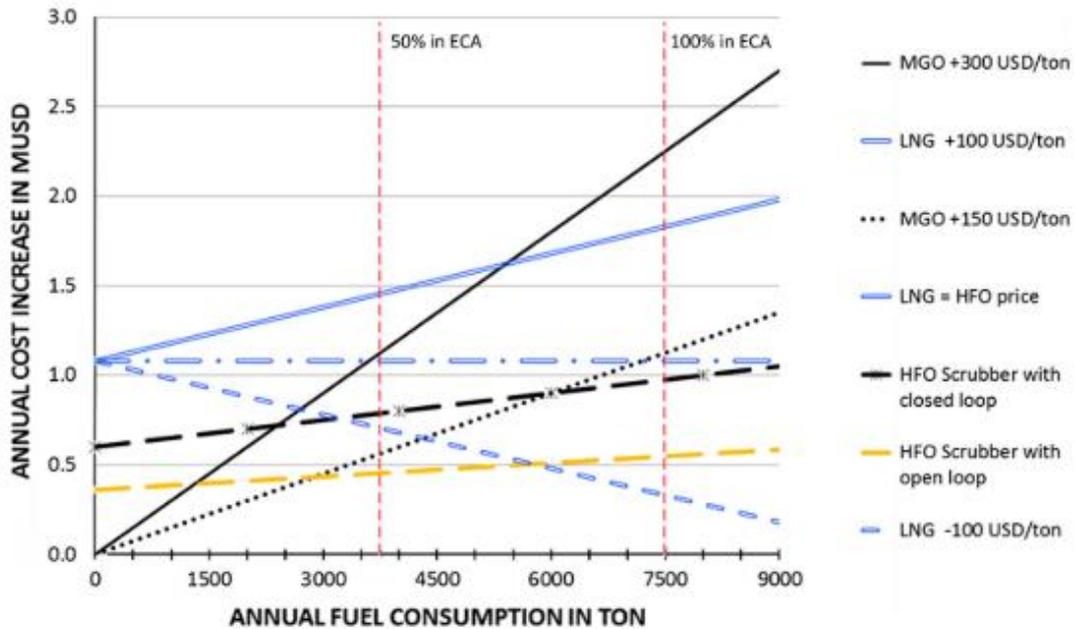
Fuente: Lindstad, H., Sandaas, I., & Strømman, A. H. (2015). Assessment of cost as a function of abatement options in maritime emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 41–48.

**Gráfico 7 - Incremento de costes de las medidas anti contaminación para un buque existente de 12000 kW de potencia en función del consumo de combustible en las ECAs (SOx)**



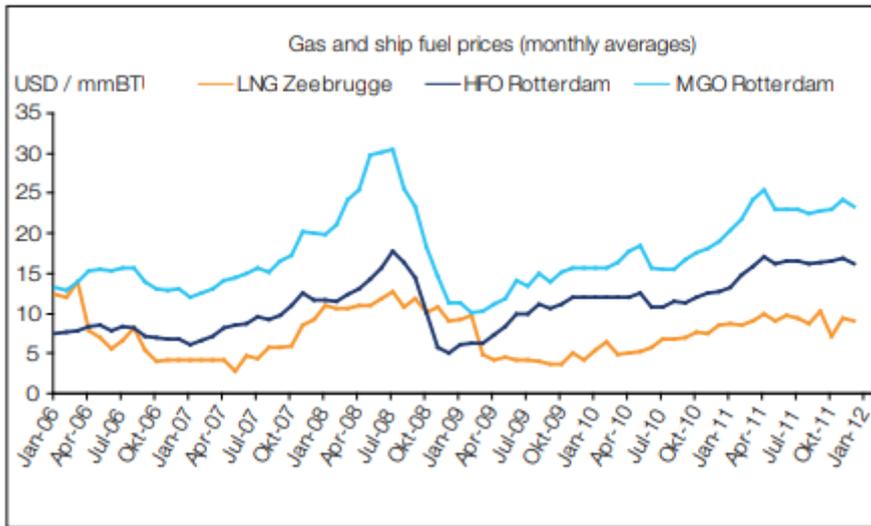
Fuente: Lindstad, H., Sandaas, I., & Strømman, A. H. (2015). Assessment of cost as a function of abatement options in maritime emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 41–48.

**Gráfico 8 - Incremento de costes de las medidas anti contaminación para un buque de nueva construcción de 12000 kW de potencia en función del consumo de combustible en las ECAs (SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>).**



Fuente: Lindstad, H., Sandaas, I., & Strømman, A. H. (2015). Assessment of cost as a function of abatement options in maritime emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 41–48.

**Gráfico 9 – Diferencial de precio entre HFO, MGO y LNG entre 2006 y 2012.**



Fuente: Adamchak, F. (2013). LNG AS MARINE FUEL. *Poten & Partners*, 1–10. Retrieved from [http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/7-1-Frederick\\_Adamchak.pdf](http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/7-1-Frederick_Adamchak.pdf)

**Tabla 1 - Incremento de costes por TEU para un buque de 8500 TEU usando MGO y “slow steaming”.**

HFO-MGO price differential \$/ton	MGO with slow steaming, 17-18kn		MGO with slow steaming, 21-22kn		MGO with full speed, 24-25kn	
	Annual Fuel Increase	Added Cost Per TEU, HH	Annual Fuel Increase	Added Cost Per TEU, HH	Annual Fuel Increase	Added Cost Per TEU, HH
100	\$2,212,419.69	\$33.28	\$3,649,265.00	\$54.89	\$5,638,743.13	\$84.82
150	\$3,293,629.53	\$49.54	\$5,448,897.50	\$81.96	\$8,433,114.69	\$126.85
200	\$4,374,839.38	\$65.80	\$7,248,530.00	\$109.03	\$11,227,486.25	\$168.88
250	\$5,456,049.22	\$82.07	\$9,048,162.50	\$136.10	\$14,021,857.81	\$210.91
300	\$6,537,259.06	\$98.33	\$10,847,795.00	\$163.17	\$16,816,229.38	\$252.94
350	\$7,618,468.91	\$114.59	\$12,647,427.50	\$190.24	\$19,610,600.94	\$294.98
400	\$8,699,678.75	\$130.86	\$14,447,060.00	\$217.31	\$22,404,972.50	\$337.01
500	\$10,862,098.44	\$163.38	\$18,046,325.00	\$271.45	\$27,993,715.63	\$421.07

Fuente: IHS Markit, & JOC.com. (2019). *Imo 2020: What Every Shipper Needs To Know*.

**Tabla 2 - Incremento de costes por TEU en función de la capacidad del buque utilizado.**

HFO-MGO price differential \$/MT	4,500 TEU		13,100 TEU	
	Annual Fuel Increase	Added Cost Per TEU, HH	Annual Fuel Increase	Added Cost Per TEU, HH
100	\$1,297,402.19	\$36.86	\$2,564,401.88	\$25.03
150	\$1,926,103.28	\$54.72	\$3,816,602.81	\$37.25
200	\$2,554,804.38	\$72.59	\$5,068,803.75	\$49.47
250	\$3,183,505.47	\$90.45	\$6,321,004.69	\$61.69
300	\$3,812,206.56	\$108.31	\$7,573,205.63	\$73.91
350	\$4,440,907.66	\$126.17	\$8,825,406.56	\$86.13
400	\$5,069,608.75	\$144.04	\$10,077,607.50	\$98.36
500	\$6,327,010.94	\$179.76	\$12,582,009.38	\$122.80

Fuente: IHS Markit, & JOC.com. (2019). *Imo 2020: What Every Shipper Needs To Know*.

**Tabla 3 – Incremento de costes por TEU al utilizar filtros para buques de distinta capacidad**

Ship Size	Added Annualized Scrubber Cost	Cost per TEU, HH only – with Scrubber	Cost per TEU, HH only – with MGO
8,500 TEU	\$1.756 million	\$26.41	\$65.80
4,500 TEU	\$1.079 million	\$61.31	\$72.59
13,100 TEU	\$2.118 million	\$30.66	\$49.47

Fuente: IHS Markit, & JOC.com. (2019). *Imo 2020: What Every Shipper Needs To Know*.

